

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PPGE

JULIA SBORZ

ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS
MULTIFAMILIARES DE INTERESSE SOCIAL NA CIDADE DE JOINVILLE/SC

JOINVILLE

2021

JULIA SBORZ

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS
MULTIFAMILIARES DE INTERESSE SOCIAL NA CIDADE DE JOINVILLE/SC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Andreza Kalbusch

Coorientador: Elisa Henning

JOINVILLE

2021

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CCT/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Sborz, Julia
Análise do Consumo de Água em Edificações Residenciais
Multifamiliares de Interesse Social na cidade de Joinville/SC / Julia
Sborz. -- 2021.
139 p.

Orientadora: Andreza Kalbusch
Coorientadora: Elisa Henning
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil, Joinville, 2021.

1. Consumo residencial de água. 2. Habitação de interesse
social. 3. Fatores determinantes. 4. Edificações multifamiliares. 5.
Consumo de água quente. I. Kalbusch, Andreza. II. Henning, Elisa.
III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. IV.
Titulo.

JULIA SBORZ

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS
MULTIFAMILIARES DE INTERESSE SOCIAL NA CIDADE DE JOINVILLE/SC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Andreza Kalbusch

Coorientador: Elisa Henning

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Andreza Kalbusch
CCT/UEDESC (Presidente/orientadora)

Membros:

Profa. Dra. Lúcia Helena de Oliveira
USP

Profa. Dra. Ana Kelly Marinoski Ribeiro
UFSC

Joinville, 07 de maio de 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por ser meu exemplo de dedicação e comprometimento e, ao mesmo tempo, ser meu conforto e porto seguro.

Ao meu esposo pela compreensão, apoio, parceria, paciência e amor. Sou grata ao meu esposo pela paz e equilíbrio que traz à minha vida.

À minha mãe e ao meu pai por todos os sacrifícios que fizeram, ao longo de toda a minha vida, em prol da minha educação. Agradeço minha irmã pelo apoio e pelas palavras de encorajamento.

À minha orientadora, Professora Doutora Andreza Kalbusch, por ser inspiração e referência como pesquisadora e educadora. À minha coorientadora, Professora Doutora Elisa Hening, por ter me contagiado com seu amor por estatística. À Carolina Cominato, aluna de Iniciação Científica, por toda a sua colaboração e dedicação. Aos professores, aos membros do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), e a todos os funcionários da UDESC que de alguma forma me auxiliaram durante este trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo, que forneceu auxílio financeiro.

À Companhia Águas de Joinville (CAJ), aos moradores e às síndicas dos condomínios analisados, à Gerência de Habitação (GIHAB) da Caixa Econômica Federal (CEF) de Joinville, aos engenheiros e às construtoras responsáveis pelas construções das habitações avaliadas, todos agentes essenciais para tornar este trabalho possível por meio de sua receptividade, participação, colaboração e fornecimento de dados. Registro aqui meu agradecimento especial à CAJ pelo fornecimento dos dados de consumo de água.

Às duas Carolines da minha vida pela amizade perdurável que cada uma cultiva comigo.

Às amigas que a engenharia me deu, em especial à Juliana, Fernanda e Giovana, pelos momentos de descontração, passeios memoráveis e também pelo apoio nessa jornada.

Aos meus empregadores e colegas de trabalho pelo apoio e compreensão.

Agradeço a Deus, por possibilitar que eu realizasse esse projeto com saúde e cercada por todas as pessoas acima mencionadas.

Deixo um agradecimento especial à minha orientadora e à minha coorientadora, por sempre exigirem o meu melhor. Agradeço-as também pela sua disponibilidade de tempo e atenção. Sou e serei eternamente grata pelos conselhos que me deram e pelo conhecimento que compartilharam comigo.

“Cada pessoa deve trabalhar para o seu aperfeiçoamento e, ao mesmo tempo, participar da responsabilidade coletiva por toda a humanidade”. (Marie Curie, [18- -?])

RESUMO

A água é um recurso essencial para a vida no ambiente urbano, e no entanto há incertezas quanto à sua disponibilidade. No Brasil, grande parte da população urbana é de baixa renda, representando uma parcela considerável da população. Habitações de Interesse Social (HIS) são uma solução para a moradia da população de baixa renda, e tipicamente tratam-se de grandes empreendimentos ou projetos. Assim, por seu caráter de larga escala, HIS são particularmente oportunas para aplicação de medidas sustentáveis. O consumo de água em HIS, no entanto, é pouco explorado no Brasil, e seu estudo pode servir de base para definição de políticas de habitação e sustentabilidade. O objetivo do presente trabalho é estimar o consumo *per capita* de água quente, fria e total em HIS de Joinville que possuam sistema de aquecimento solar de água (SAS), e descrever seus fatores determinantes. Para isso, dois condomínios residenciais que se enquadravam nesses critérios foram avaliados. Os dados socioeconômicos e de hábitos de consumo de água foram obtidos através da aplicação de questionário aos moradores e os dados de consumo de água foram obtidos com a Companhia Águas de Joinville. De um total de 600 apartamentos, obteve-se resposta ao questionário em 271 deles. As relações entre as variáveis independentes e dependentes foram investigadas estatisticamente utilizando coeficientes de correlação, análise de diferenças de grupos e modelos de regressão linear múltipla. Os valores médios de consumo de água quente por mês e por estação apresentaram correlação linear negativa e forte com os valores médios de radiação solar e temperatura ambiente, enquanto o consumo de água fria apresentou associação forte positiva com esses mesmos valores de temperatura e a radiação. O consumo de água total apresentou correlação fraca ou inexistente com as variáveis climáticas, exceto para a temperatura ambiente das estações, caso em que a correlação obtida foi positiva fraca. Das variáveis socioeconômicas e de hábitos, o aumento no número de moradores mostrou uma tendência a reduzir todos os indicadores de consumo de água *per capita*, sendo a única variável presente em todos os modelos. A presença de crianças, o número de moradores, o percentual de crianças, a presença de adolescentes, a presença de homens, o percentual de adolescentes e a presença de adultos apresentaram relação negativa com os consumos, enquanto o percentual de adultos que trabalham e o percentual de adultos apresentaram relação positiva com os consumos *per capita* de água quente, fria e total. O grupo de moradores que espontaneamente mencionou a presença de vazamentos apresentou maior consumo de água. Não há diferença significativa entre os grupos de moradores que utilizam e que não utilizam SAS, ainda que não usar o SAS esteja associado a uma redução do consumo de água por correlação e no modelo de consumo *per capita* de água total. O R^2 ajustado dos modelos de consumo de água fria e total ficou próximo a 0,40, enquanto para água quente foi de apenas 0,10. Em geral, os fatores determinantes do consumo de água total são mais semelhantes àqueles associados ao consumo de água fria do que aos de água quente.

Palavras-chave: Consumo residencial de água. Habitação de interesse social. Fatores determinantes. Edificações multifamiliares. Consumo de água quente.

ABSTRACT

Water is an essential resource for maintaining life in an urban environment, although there are uncertainties regarding its availability. In Brasil, low-income citizens represents a major part of urban population. Social housing provides low-income population with affordable housing, while it typically has potential for large scale implementation sites or projects. Thus, due to its large scale attributes, social housing projects are a great opportunity for sustainable solutions. However, little has been studied in Brasil on water consumption in social housing, although this subject can support the development of housing and sustainability policies. This work aims to estimate *per capita* hot, cold, and total water consumption in social housing buildings that have solar water-heating systems and are located in Joinville, and to identify the factors associated with them. In order to do so, two multi-family complexes that match this criteria were studied. Questionnaires were used to obtain data on socioeconomic information and water consumption habits. Water consumption data were provided by the water distribution company Companhia Águas de Joinville. From the 600 apartments, residents of 271 apartments accepted to participate in the survey. The relations among dependent and independent variables were statistically investigated using correlations coefficients, group comparisons and multiple linear regression models. Monthly and seasonal mean average hot water consumption showed strong negative linear correlation with average solar radiation and temperature, while monthly and seasonal cold water consumption presented strong positive linear correlation with the same values. Total water consumption presented weak or inexistent correlation to climate variables, except for the seasonal temperature, that showed weak positive correlation. Regarding socioeconomic and water consumption behavior data, the increase in occupancy size presented a tendency to reduce all *per capita* water consumption indexes, and it was the only variable that was in all the models. The presence of children, the occupancy, the percentage of children, the presence of teenagers, the presence of men, the percentage of teenagers and the presence of adults presented negative relation to water consumption, while the percentage of adults who work and the percentage of adults presented a positive correlation to *per capita* hot, cold and total water consumption. The group of residents that spontaneously mentioned the presence of leaks presented higher water consumption. There was no significant difference among groups that use or do not use the solar water-heating system, though not using it was associated to a reduction in water consumption in correlation and model analysis. The adjusted R^2 of the cold and total water consumption was close to 0,40, while for hot water it was only 0,10. Generally, the total water consumption determinantes are more similar to the ones associated to cold water than the ones associated to hot water consumption.

Keywords: Domestic water consumption. Social housing. Determinants. Multi-family buildings. Hot water consumption.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Aumento do consumo de água no mundo entre 1900 e 2014.	16
Figura 2 – Consumo de água e indicador de consumo de água para HIS em Paulínia. . .	22
Figura 3 – Consumo de água, percentuais de usos finais da água, renda familiar e número de moradores em dez HIS localizadas em Florianópolis, SC.	25
Figura 4 – Consumo médio <i>per capita</i> nas residências analisadas por Cunha (2013). . .	25
Figura 5 – Variações no perfil de consumo horário de água em HIS.	31
Figura 6 – Consumo médio <i>per capita</i> por dia da semana conforme Cunha (2013). . . .	32
Figura 7 – Consumo de água mensal observado por Sodagar e Starkey (2016) de outubro de 2012 até agosto de 2014.	35
Figura 8 – Modelo ASBC com alça de alumínio.	41
Figura 9 – Consumo horário de água quente em HIS.	42
Figura 10 – Exemplo de uso do SAS sem dificuldades para mistura da água, (a) medição de temperatura (b) medição de vazão de água.	45
Figura 11 – Exemplo de uso do SAS com dificuldades para mistura da água, (a) medição de temperatura (b) medição de vazão de água.	45
Figura 12 – Tempo médio mensal de banho com água quente, <i>per capita</i>	47
Figura 13 – Sistema de telemetria da CAJ.	56
Figura 14 – Fluxograma da análise estatística.	57
Figura 15 – Esquema simplificado dos sistemas de aquecimento de água e dos pontos de medição individualizada.	65
Figura 16 – Visão geral (a) e apartamento (b) do Condomínio Residencial A.	65
Figura 17 – Visão geral (a) e apartamento (b) do Condomínio Residencial B.	66
Figura 18 – Gráfico de barras do número de moradores.	67
Figura 19 – Gráfico mosaico do tipo de atividade exercida pelos moradores empregados dos condomínios residenciais classificados por sexo.	68
Figura 20 – Faixas de renda das unidades habitacionais.	70
Figura 21 – Histogramas do consumo médio de água quente <i>per capita</i> por UH nos condomínios A (a) e B (b) em escala logarítmica.	71
Figura 22 – <i>Boxplots</i> do consumo médio de água quente <i>per capita</i> por UH nos condomínios A (a) e B (b) em escala logarítmica.	72
Figura 23 – Histograma (a) e <i>boxplot</i> (b) das medições de consumo de água quente <i>per capita</i> por apartamento para os dois condomínios em escala logarítmica. . .	72
Figura 24 – Consumo <i>per capita</i> de água quente	73
Figura 25 – Variação da média do consumo <i>per capita</i> de água quente e da variação da temperatura (a) e radiação (b) ao longo do ano.	75
Figura 26 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água quente em relação a opiniões sobre o impacto do SAS no meio ambiente.	82

Figura 27 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água quente em relação à presença de criança.	83
Figura 28 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água quente em relação à presença de vazamentos.	83
Figura 29 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água quente em relação a não ver vantagem em usar o SAS.	84
Figura 30 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água quente em relação ao número de moradores.	85
Figura 31 – Comparativo de consumo de água quente e número de moradores, sendo (a) uma imagem da literatura e (b) uma representação obtida para os Condomínios A e B.	85
Figura 32 – Histogramas do consumo médio de água fria <i>per capita</i> por UH nos condomínios A (a) e B (b) em escala logarítmica.	88
Figura 33 – <i>Boxplots</i> do consumo médio de água fria <i>per capita</i> por UH nos condomínios A (a) e B (b) em escala logarítmica.	88
Figura 34 – Histograma (a) e <i>boxplot</i> (b) das medições de consumo de água fria <i>per capita</i> por UH para os dois condomínios.	90
Figura 35 – Consumo <i>per capita</i> de água fria.	90
Figura 36 – Variação da média do consumo <i>per capita</i> de água fria e da variação da temperatura (a) e radiação (b) ao longo do ano.	91
Figura 37 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água fria em relação a presença de crianças (a) e adolescentes (b).	95
Figura 38 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água fria em relação a presença de adultos (a) e idosos (b).	96
Figura 39 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água fria em relação à presença de homens.	96
Figura 40 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água fria em relação à renda <i>per capita</i>	97
Figura 41 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água total em relação à presença de morador com ensino médio.	98
Figura 42 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água fria em relação ao número de moradores.	99
Figura 43 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água fria em relação aos condomínios estudados.	99
Figura 44 – Histograma (a) e <i>boxplot</i> (b) do consumo médio de água total <i>per capita</i> por apartamento nos dois condomínios.	102
Figura 45 – Médias dos indicadores de consumo de água durante o ano.	103
Figura 46 – Variação da média do consumo <i>per capita</i> de água total e da variação da temperatura (a) e radiação (b) ao longo do ano.	104

Figura 47 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água total em relação ao número de moradores.	108
Figura 48 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água total em relação ao uso do SAS.	108
Figura 49 – Resíduos do modelo de predição do consumo <i>per capita</i> de água quente.	131
Figura 50 – Resíduos do modelo de predição do consumo <i>per capita</i> de água fria.	132
Figura 51 – Resíduos do modelo de predição do consumo <i>per capita</i> de água total.	133
Figura 52 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água quente em relação à renda.	135
Figura 53 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água total em relação à presença de morador do sexo masculino.	135
Figura 54 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água total em relação à presença de criança.	136
Figura 55 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água total em relação à presença de adolescentes.	136
Figura 56 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água total em relação à renda <i>per capita</i>	137
Figura 57 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água total em relação ao condomínio (A ou B).	137
Figura 58 – Comparativo de consumo <i>per capita</i> de água total em relação à presença de morador com ensino médio.	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de água em HIS.	21
Tabela 2 – Consumo médio de água antes e depois da instalação de ASBC em 10 unidades habitacionais consideradas HIS em Campinas.	23
Tabela 3 – Consumos médios de água por equipamento hidrossanitário conforme Marinowski <i>et al.</i> (2014a).	26
Tabela 4 – Coeficientes de correlação de Pearson e Spearman para as variáveis independentes com o consumo de água domiciliar e <i>per capita</i>	33
Tabela 5 – Consumo de água quente em HIS.	36
Tabela 6 – Caracterização dos habitantes de Holly Courts em 1985.	37
Tabela 7 – Temperatura média mensal de banho com uso exclusivo do SAS (°C). . . .	38
Tabela 8 – Consumo de água fria, quente e total em L/pessoa/dia para 152 unidades habitacionais de um complexo multifamiliar de interesse social em Milão, na Itália.	39
Tabela 9 – Variáveis independentes obtidas diretamente das respostas ao questionário. .	52
Tabela 10 – Variáveis independentes.	54
Tabela 11 – Ambientes dos apartamentos do Condomínio Residencial A.	65
Tabela 12 – Ambientes dos apartamentos do Condomínio Residencial B.	66
Tabela 13 – Estatísticas descritivas da idade dos moradores.	68
Tabela 14 – Distribuição de frequências das variáveis sexo e empregabilidade dos moradores em idade de trabalho.	68
Tabela 15 – Distribuição de frequência e percentuais da educação formal dos moradores.	69
Tabela 16 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água quente.	71
Tabela 17 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água quente por mês e por estação.	74
Tabela 18 – Correlações do consumo <i>per capita</i> médio de água quente com a radiação e temperatura média, por dia, mês e estação.	75
Tabela 19 – Valores dos coeficientes de correlação entre as variáveis independentes de caracterização socioeconômica e de hábitos e o consumo de água quente <i>per capita</i>	76
Tabela 20 – Valores dos coeficientes de correlação entre as variáveis independentes relativas aos sistemas de aquecimento de água e o consumo de água quente <i>per capita</i>	79
Tabela 21 – Resultados e testes comparativos de grupos de consumo <i>per capita</i> de água quente.	81
Tabela 22 – Estatísticas e coeficientes do modelo de regressão linear múltipla ajustado para o consumo <i>per capita</i> de água quente.	86
Tabela 23 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água fria.	87

Tabela 24 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água fria por mês e por estação.	91
Tabela 25 – Correlações do consumo <i>per capita</i> médio de água fria por mês e por estação.	92
Tabela 26 – Valores dos coeficientes de correlação entre as variáveis independentes de caracterização socioeconômica e de hábitos e o consumo de água fria <i>per capita</i>	92
Tabela 27 – Resultados e testes comparativos de grupos de consumo <i>per capita</i> de água fria.	94
Tabela 28 – Estatísticas e coeficientes do modelo de regressão linear múltipla ajustado para o consumo <i>per capita</i> de água fria.	100
Tabela 29 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água.	101
Tabela 30 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água total por mês e por estação.	103
Tabela 31 – Correlações do consumo <i>per capita</i> médio de água total por mês e por estação.	104
Tabela 32 – Correlações entre as variáveis independentes de caracterização socioeconômica e de hábitos e o consumo de água total <i>per capita</i>	105
Tabela 33 – Resumo das correlações e consumos <i>per capita</i> de água.	105
Tabela 34 – Resultados e testes comparativos de grupos de consumo <i>per capita</i> de água total.	107
Tabela 35 – Estatísticas e coeficientes do modelo de regressão linear múltipla ajustado para o consumo <i>per capita</i> de água total.	109
Tabela 36 – Tabela de Análise da Variância - ANOVA do modelo do consumo <i>per capita</i> de água quente.	131
Tabela 37 – Tabela de Análise da Variância - ANOVA do modelo do consumo <i>per capita</i> de água fria.	132
Tabela 38 – Tabela de Análise da Variância - ANOVA do modelo do consumo <i>per capita</i> de água total.	133
Tabela 39 – Estatísticas descritivas da temperatura nos anos de 2018 e 2019 em Joinville.	134
Tabela 40 – Estatísticas descritivas da radiação solar nos anos de 2018 e 2019 em Joinville.	134

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HIS	Habitação de Interesse Social
SNHIS	Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
SAS	Sistema de Aquecimento Solar térmico
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
PEE	Programa de Eficiência Energética
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
UH	Unidade Habitacional
SM	Salário Mínimo
AF	Água Fria
AQ	Água Quente
TOT	Total
GIHAB	Gerência de Filial Habitação
CAJ	Companhia Águas de Joinville
CEF	Caixa Econômica Federal
JB	Jarque-Bera
QQ	Quantil a Quantil
ANOVA	Análise de Variância
CE	Chuveiro Elétrico
VIF	<i>Variance Inflation factor</i>

SUMÁRIO

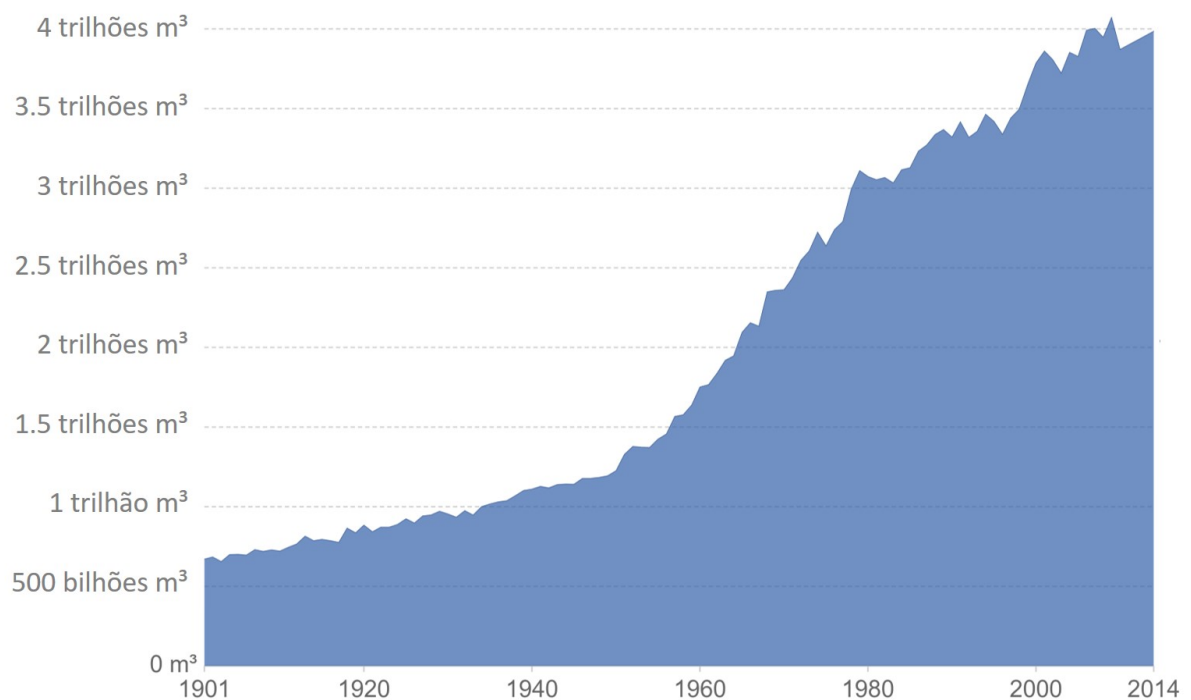
1	INTRODUÇÃO	16
1.1	JUSTIFICATIVA	18
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	Objetivo Geral	19
1.2.2	Objetivos Específicos	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	CONSUMO DE ÁGUA EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL . . .	21
2.1.1	Avaliações pós ocupacionais sobre o uso total de água em HIS	28
2.1.2	Fatores que influenciam o consumo de água em HIS	31
2.2	CONSUMO DE ÁGUA QUENTE EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL	35
2.2.1	Avaliações pós ocupacionais sobre os sistemas de água quente implementados em HIS	40
2.2.2	Fatores que influenciam o consumo de água quente em HIS	43
3	MÉTODO	49
3.1	OBJETO DE ESTUDO	49
3.2	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	50
3.3	QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO, DE HÁBITOS E DE SATISFAÇÃO	51
3.4	COLETA DE DADOS DE CONSUMO DE ÁGUA QUENTE E ÁGUA FRIA	55
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	56
3.5.1	Análise de correlações	58
3.5.2	Comparação entre grupos	59
3.5.3	Modelo de regressão linear múltipla	60
<i>3.5.3.1</i>	<i>Análise de resíduos</i>	<i>61</i>
<i>3.5.3.2</i>	<i>Seleção automática de variáveis</i>	<i>61</i>
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
4.1	OBJETO DE ESTUDO	64
4.2	CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DOS MORADORES	66
4.3	ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA	70
4.3.1	Consumo <i>per capita</i> de água quente	70
<i>4.3.1.1</i>	<i>Distribuição temporal e relações com a temperatura ambiente e a radiação solar</i>	<i>72</i>
<i>4.3.1.2</i>	<i>Correlações</i>	<i>76</i>
<i>4.3.1.3</i>	<i>Comparação entre grupos de consumidores</i>	<i>80</i>
<i>4.3.1.4</i>	<i>Modelo de regressão</i>	<i>86</i>

4.3.2	Consumo <i>per capita</i> de água fria	87
4.3.2.1	<i>Distribuição temporal dos dados e correlações climáticas</i>	90
4.3.2.2	<i>Correlações</i>	92
4.3.2.3	<i>Comparação entre grupos de consumidores</i>	94
4.3.2.4	<i>Modelo de regressão</i>	100
4.3.3	Consumo <i>per capita</i> de água total	101
4.3.3.1	<i>Distribuição temporal dos dados e correlações climáticas</i>	102
4.3.3.2	<i>Correlações</i>	104
4.3.3.3	<i>Comparação entre grupos de consumidores</i>	106
4.3.3.4	<i>Modelo de regressão</i>	109
4.4	DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS	110
5	CONCLUSÕES	113
5.1	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	114
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	115
	REFERÊNCIAS	116
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	129
	APÊNDICE B – VALIDAÇÃO DO MODELO DE ÁGUA QUENTE . .	131
	APÊNDICE C – VALIDAÇÃO DO MODELO DE ÁGUA FRIA	132
	APÊNDICE D – VALIDAÇÃO DO MODELO DE ÁGUA TOTAL . . .	133
	APÊNDICE E – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA TEMPERATURA E RADIAÇÃO EM 2018 E 2019 EM JOINVILLE . .	134
	APÊNDICE F – <i>BOXPLOTS</i> COMPARATIVOS DE GRUPOS DE CON- SUMO <i>PER CAPITA</i> DE ÁGUA QUENTE, FRIA OU TOTAL	135

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso tão essencial para as atividades da vida urbana que os primeiros sistemas de distribuição de água com tubulação datam da Era do Bronze (cerca de 3200 a 1100 A.C.) (MALA-JETMAROVA; BARTON; BAGIROV, 2015). Embora a disponibilidade de água seja essencial há muito tempo para as civilizações, a demanda mudou muito. Com o crescimento populacional, o consumo de água aumentou considerável e rapidamente, sextuplicando entre 1900 e 2014 (RITCHIE; ROSER, 2015), conforme exibido na Figura 1.

Figura 1 – Aumento do consumo de água no mundo entre 1900 e 2014.



Fonte: adaptado de Ritchie e Roser (2015).

Para o setor de fornecimento de água, a disponibilidade e a demanda são duas crescentes incertezas desafiadoras (BICH-NGOC; TELLER, 2018). Enquanto a água é frequentemente vista como um recurso disponível e barato para grupos socioeconomicamente privilegiados, comunidades menos favorecidas têm dificuldade em obter água para atividades básicas de saúde e bem-estar (SATUR; LINDSAY, 2020). Além disso, é comum que a demanda de água seja maior que a capacidade de fornecimento em regiões de rápida urbanização de países em desenvolvimento (RAMSEY; BERGLUND; GOYAL, 2017). O impacto do alto uso (consumo ou retirada) de água em relação à quantidade de água disponível é denominado estresse hídrico, um aspecto da escassez (KUMMU *et al.*, 2016).

Faz-se necessário buscar e implementar soluções a fim de evitar a escassez de água, dado que este recurso é fundamental para a vida. Informações sobre consumo de água servem de base para essas soluções. Por exemplo, a compreensão dos padrões de consumo de água em edificações é base para o planejamento dos recursos hídricos (MARINOSKI *et al.*, 2014b), e o

conhecimento dos fatores determinantes do consumo de água possibilita uma gestão hídrica mais sustentável (BICH-NGOC; TELLER, 2018). No entanto, de acordo com Maggioni (2015), só será possível assegurar água para a demanda futura se o consumo urbano de água for reduzido. Nesse âmbito, informações sobre o consumo de água podem ajudar tanto a concessionária de saneamento quanto o consumidor a monitorar e controlar o consumo de água (STEWART *et al.*, 2010).

No Brasil, estudar o consumo de água em habitações de baixa renda pode conduzir à identificação dos fatores determinantes do consumo de água para grande parte da população urbana, uma vez esse tipo de habitação está amplamente presente em regiões metropolitanas (GARCIA, 2011). O conhecimento dos fatores determinantes do consumo de água para a população de baixa renda permite a criação de estratégias para gestão da demanda e uso racional de água para essa parte da população (GARCIA, 2011). Complementarmente, o desenvolvimento de novas políticas públicas habitacionais também pode conduzir ao uso racional de água em habitações de baixa renda (MARINOSKI *et al.*, 2014b). Assim, a caracterização do consumo de água em habitações de baixa renda (MARINOSKI *et al.*, 2014b; GARCIA, 2011) e dos fatores que o afetam (GARCIA, 2011) podem contribuir para reduzir a demanda urbana de água.

O consumo *per capita* de água em Habitações de Interesse Social (HIS) brasileiras já foi estudado em algumas cidades, tais como Campinas/SP (RIBEIRO, 2010), Florianópolis/SC (VIEIRA, 2012; MARINOSKI *et al.*, 2014a), Paulínia/SP (YWASHIMA *et al.*, 2006), Salvador/BA (GARCIA, 2011), Vila Velha/ES (CUNHA, 2013). No entanto, Marinoski *et al.* (2014a) ainda observaram que faltam pesquisas sobre o consumo de água *per capita* em HIS no Brasil.

É de competência do governo promover programas habitacionais no Brasil a fim de garantir a moradia, que é um dos direitos sociais previstos pela Constituição Federal (BRASIL, 1988). O Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS) foi instituído em 2005 a fim de, dentre outros objetivos, viabilizar habitação digna e sustentável para a população de menor renda (BRASIL, 2005). Em 2009, com base na Lei nº 11.977 (BRASIL, 2009), foi criado um programa habitacional em prol também de fomentar o mercado da construção civil no Brasil, o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) (FERREIRA *et al.*, 2019; SHIMBO, 2010; BUONFIGLIO, 2018).

Uma característica importante das HIS do PMCMV nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul é a obrigatoriedade do uso do sistema de aquecimento solar térmico (SAS) para a tipologia casa, desde que representem no máximo três mil reais de acréscimo no custo total da habitação (BRASIL, 2017a). Anteriormente à portaria nº 267, o PMCMV já havia apresentado outras diretrizes quanto à obrigatoriedade e opção do emprego do SAS nas habitações do programa. O SAS é considerado uma medida de eficiência energética (GIGLIO; LAMBERTS, 2016) e é visto como uma solução que permite ao usuário economizar energia por meio do emprego de uma fonte de calor (e, portanto, de energia) gratuita disponível e sustentável, que é o sol. Embora muitos moradores de HIS percebam a economia financeira que o sistema oferece no âmbito energético, impactos como o aumento do tempo de banho devido ao maior conforto podem levar

a um aumento no consumo de água (SILVA *et al.*, 2011). É importante, portanto, que se avalie como aspectos relacionados a características de projeto e ao uso do SAS afetam o consumo de água.

Para análise do consumo de água quente, é importante ressaltar as peculiaridades do sistema de aquecimento de água empregado. De forma padrão, o SAS proposto pelo PMCMV fornece água quente apenas para o chuveiro, que é elétrico e serve como sistema de apoio. O reservatório de água quente não conta com nenhum mecanismo para aquecimento de água (GIGLIO; LAMBERTS, 2016; NASPOLINI; MILITÃO; RÜTHER, 2010). Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), até o ano de 2015 foram registrados mais de três milhões de domicílios com SAS no Brasil, resultado impulsionado principalmente pelo PMCMV e pelo Programa de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (EPE, 2016).

No contexto de Habitações de Interesse Social (HIS), pesquisas mostram que o consumo de água pode e precisa ser reduzido (URMEE; THOO; KILLICK, 2012; GARCIA, 2011). Além disso, HIS são oportunas para a implementação de medidas sustentáveis por frequentemente serem empreendimentos de grande escala e, conseqüentemente, trazerem benefícios ambientais de grandes proporções (MCCABE; POJANI; GROENOU, 2018a; TELI *et al.*, 2016). Adicionalmente, dadas as condições únicas do SAS do PMCMV, é essencial explorar o consumo de água (quente e fria) e quais fatores o afetam nesse contexto. Essas informações podem subsidiar programas e políticas voltadas às edificações já existentes, além de servir de base para futuras regulamentações de programas de HIS em prol da sustentabilidade hídrica e energética.

1.1 JUSTIFICATIVA

As características comportamentais (YANG *et al.*, 2017), os padrões socioeconômicos (RAMSEY; BERGLUND; GOYAL, 2017) e culturais (SATUR; LINDSAY, 2020), e os aspectos climáticos (GIGLIO, 2015; CHAO; UMAPATHI; SAMAN, 2015) podem estar associados ao consumo de água. Em particular, sabe-se que a maneira como as pessoas se comportam em uma determinada unidade habitacional (UH) tem impacto significativo no consumo de água quente (FUENTES; ARCE; SALOM, 2018). Assim sendo, identificar quais são os fatores que afetam o consumo de água é uma maneira de aprimorar o conhecimento sobre a demanda hídrica. A identificação dos fatores que afetam o consumo de água é necessária também para o desenvolvimento de políticas públicas (FAN *et al.*, 2017). Ao revisar estudos sobre os fatores determinantes do consumo de água, Bich-Ngoc e Teller (2018) notaram que maioria das pesquisas foi realizada em regiões desenvolvidas e áridas, resultando em uma literatura com pouca diversidade cultural e regional. Assim sendo, os autores destacaram a necessidade de mais estudos específicos de cada país e de base local para descrever os fatores que afetam o consumo de água e a relação entre eles em diversos contextos.

A geo-dependência do consumo de água (BICH-NGOC; TELLER, 2018) e também

de água quente (HOHNE; KUSAKANA; NUMBI, 2019) ressalta a necessidade de estudos de monitoramento locais. Informações obtidas por meio de monitoramento de consumo de água por uso final permitem otimizar o dimensionamento de projetos hidráulicos (MONKS *et al.*, 2019). De modo similar, definições realistas do consumo de água quente contribuem para projetos e simulações mais adequadas de sistemas de aquecimento (GEORGE; PEARRE; SWAN, 2015). Além disso, estudos de monitoramento são de extrema importância para a validação e adequação de normas e regulamentações para o consumo de água quente (FUENTES; ARCE; SALOM, 2018).

Soluções sustentáveis têm sido cada vez mais implementadas em HIS de diversos países (MCCABE; POJANI; GROENOU, 2018b). Uma das causas é a transição das fontes de energia não renováveis para as renováveis, que começou em grandes projetos e avançou para a micro escala (CAMPANIÇO, 2010), que abrange o setor habitacional. Como Ribeiro (2010) ponderou, diversos estudos analisaram a utilização de SAS com apoio por chuveiros elétricos em HIS e sua redução do consumo de energia elétrica. Porém, uma das bases para o desenvolvimento sustentável é a interdependência entre o consumo de água e de energia (VIEIRA, 2012). Assim, é necessário também analisar o consumo de água em habitações com SAS (RIBEIRO, 2010) a fim de conhecer os padrões de consumo e identificar quais fatores o afetam.

A crescente utilização de SAS nas HIS brasileiras, a escassez de informação sobre o consumo total de água em HIS (YWASHIMA *et al.*, 2006) e sobre o consumo de água quente em HIS (VINE; DIAMOND; SZYDLOWSKI, 1987; FILIPPI; SIROMBO, 2019) motivaram esse estudo. O presente trabalho diferencia-se dos demais ao analisar os consumos de água fria, quente e total utilizando medições de consumo de água obtidas por telemetria. Além disso, o estudo é feito no contexto de HIS em Joinville/SC, uma realidade ainda não explorada no âmbito da avaliação do consumo de água.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho abrange unicamente o contexto de condomínios de edificações multifamiliares de interesse social de Joinville/SC que possuem SAS coletivo com apoio por chuveiro elétrico. Os objetivos apresentados nessa seção se aplicam exclusivamente a este contexto. Devido às peculiaridades do sistema em questão, o termo água quente é aqui usado para referir-se unicamente à água aquecida pelo SAS antes de ser misturada à água fria. É importante também ressaltar que o chuveiro é o único ponto de consumo de água quente das habitações analisadas.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é estimar, no âmbito de HIS com SAS em Joinville/SC, os consumos *per capita* de água fria, quente e total, e quais fatores os influenciam.

1.2.2 Objetivos Específicos

Dentro do contexto mencionado, os objetivos específicos deste trabalho são:

- analisar a distribuição dos consumos *per capita* diários de água fria, quente e total no tempo e sua relação com a temperatura ambiente e a radiação solar;
- identificar se e quais características socioeconômicas e de hábitos de consumo de água nas unidades familiares são variáveis significativas para o aumento ou redução do consumo *per capita* de água fria, quente e total;
- propor modelos de regressão para os consumos *per capita* de água fria, quente e total utilizando características socioeconômicas e de hábitos de consumo de água nas unidades familiares.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresentará um breve resumo sobre a literatura atual no âmbito de consumo de água em HIS. O capítulo está dividido em duas seções principais, sendo uma sobre o consumo total de água em HIS e outra apenas sobre o consumo de água quente.

2.1 CONSUMO DE ÁGUA EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

A presente seção apresenta, primeiramente, o volume de água consumido diariamente, dados sobre uso final e perfil de consumo de água em HIS. Informações sobre as características de ocupação de cada HIS foram incluídos para contextualização. As subseções tratam das avaliações pós-ocupacionais e dos fatores influenciadores no contexto de consumo total de água em HIS. A Tabela 1 apresenta os diferentes consumos de água encontrados na literatura, que são descritos em detalhe no decorrer desta subseção.

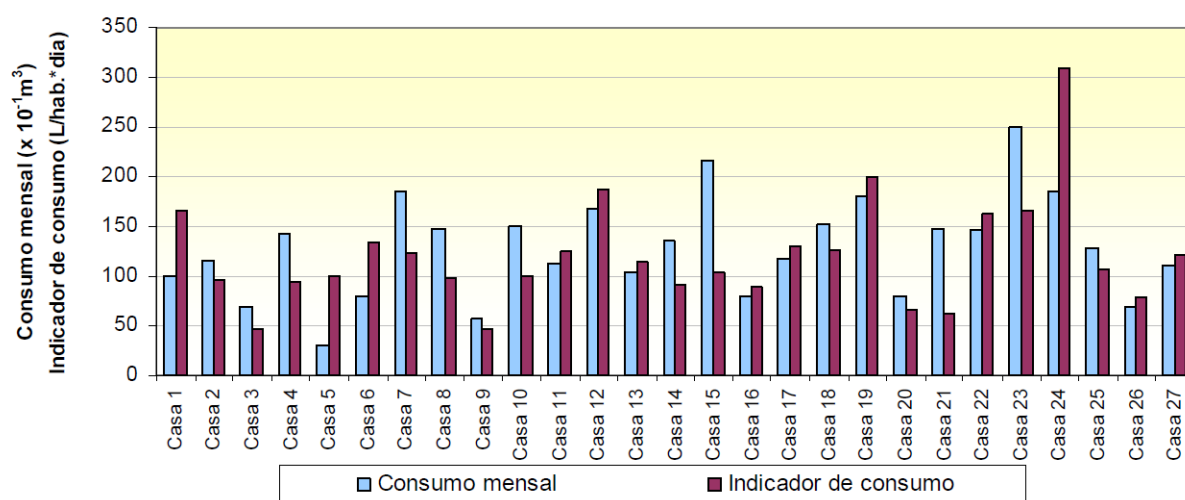
Tabela 1 – Consumo de água em HIS.

Objeto de estudo	Período de coleta de dados	Volume de consumo de água	Referência
HIS unifamiliares em Paulínia, SP (n=27)	10 meses	Média de 113 L/pessoa/dia	(YWASHIMA <i>et al.</i> , 2006)
HIS unifamiliares em Campinas, SP (n=16)	6 meses, em 3 diferentes momentos	Média de 182,9 L/pessoa/dia, mínimo de 48,9 L/pessoa/dia e máximo de 372,3 L/pessoa/dia.	(RIBEIRO, 2010)
Edificações unifamiliares no Reino Unido (n=25)	4 de junho a 17 de agosto de 2009	Média de 91 litros/pessoa/dia	(GILL <i>et al.</i> , 2011)
Residências de baixa renda em Salvador, BA (n=147)	6 meses	Média de 121,5 L/pessoa/dia e mediana de 100,8 L/pessoa/dia	(GARCIA, 2011)
HIS em Florianópolis, SC (n=10)	Período mínimo de 1 semana por habitação, entre 3 de agosto e 16 de setembro de 2012	Média de 124 L/pessoa/dia para famílias com renda de até 3 salários mínimos e 121 L/pessoa/dia para famílias com renda entre 3 e 5 salários mínimos	(VIEIRA, 2012)
HIS no bairro de Jabaeté em Vila Velha, ES (n=30)	Maio a dezembro de 2018	Média de 97,4 L/pessoa/dia, mínimo de 38,71 L/pessoa/dia e máximo de 231,48 L/pessoa/dia	(CUNHA, 2013)
HIS de Florianópolis, SC (n=48)	Obtido com questionário e medição de vazão	Média de 132,3 L/pessoa/dia	(MARINOSKI <i>et al.</i> , 2014a)
4 HIS unifamiliares no Reino Unido (n=4)	Julho de 2012 a Setembro de 2014	Média de 145,8 L/pessoa/dia	(SODAGAR; STARKEY, 2016)
HIS multifamiliares próximas à Milão, Itália (n=152)	15 de outubro de 2016 a 14 de outubro de 2018	Média de 150,8 L/pessoa/dia	(FILIPPI; SIROMBO, 2019)

n = tamanho da amostra.

Em Paulínia, um estudo caracterizou o uso de água em habitações de interesse social com base na avaliação de 27 residências unifamiliares dos bairros Jardim Ouro Negro e Parque Jequitibá (YWASHIMA *et al.*, 2006). Para esta análise, os autores realizaram entrevistas estruturadas com os moradores, observaram o estado de operação dos equipamentos hidrossanitários, e levantaram dados de consumo de água pelo período de 10 meses. O consumo de água variou de 3 a 25 m³/mês, com média de 12 m³/mês. Por sua vez, o consumo *per capita* de água variou de 46 a 309 L/hab/dia, com média de 113 L/hab/dia. A Figura 2 mostra o consumo de água e seu indicador para cada uma das residências investigadas por Ywashima *et al.* (2006).

Figura 2 – Consumo de água e indicador de consumo de água para HIS em Paulínia.



Fonte: Ywashima *et al.* (2006).

Segundo a avaliação de Ywashima *et al.* (2006), o número de moradores por unidade habitacional (UH) em HIS na cidade de Paulínia variava de 1 a 8 pessoas/UH, com média de 4 pessoas/UH. A faixa etária predominante (64,4% dos 104 moradores) é de 16 a 59 anos de idade, sendo a média de idade igual a 29 anos. A distribuição de gêneros foi considerada similar, sendo 49% dos moradores do sexo masculino e os demais, do sexo feminino. Dos 24 entrevistados que informaram a renda familiar, a maioria (30%) tinha renda acima de R\$ 1.500,00/mês. Cerca de 35% dos moradores possuem ensino fundamental incompleto, e os únicos analfabetos eram crianças que frequentavam o pré-escolar.

Na cidade de Campinas, foi analisado o consumo de água em 16 HIS unifamiliares. Aprendizês da comunidade beneficiada participaram da montagem e instalação dos aquecedores solares de baixo custo (ASBC) e foram a aulas de conscientização ambiental por 6 meses, durante os quais receberam uma bolsa de estudos. Foram produzidos 120 coletores solares, que totalizaram 40 kits ASBC constituídos por um reservatório de água quente de 310 litros, tubos e conexões, chuveiro com *dimmer* para controlar a potência e 3 coletores. O material de apoio para o reservatório e o misturador eram de responsabilidade do morador, podendo este escolher dentre algumas opções de misturador. Realizou-se um comparativo do consumo de água e energia antes e depois da instalação. Nesse intervalo de tempo, foram observadas mudanças no número de

moradores e na classificação de uso das edificações, abrigando uma ou mais famílias, ou ainda usando parte da UH para fins comerciais. Devido a essas mudanças, apenas 10 das 16 unidades habitacionais tiveram seus resultados analisados (RIBEIRO, 2010). A Tabela 2 apresenta as medições no consumo antes, 6 meses depois e 24 meses depois da instalação do ASBC.

Tabela 2 – Consumo médio de água antes e depois da instalação de ASBC em 10 unidades habitacionais consideradas HIS em Campinas.

Residência	Consumo de água (L/pessoa/dia)		
	Antes do ASBC	6 meses com ASBC	24 meses com ASBC
B	88,9	100,0	112,7
C	48,9	100,2	160,4
D	216,7	177,8	193,7
H	151,3	198,1	181,5
I	244,5	159,4	160,2
J	372,3	320,8	335,9
P	176,7	151,7	152,9
Q	257,3	271,7	261,0
S	150,0	170,8	181,9
U	135,7	138,1	116,7

Fonte: adaptado de Ribeiro (2010).

Entrevistas estruturadas foram aplicadas no momento da instalação e também dois anos após a mesma no estudo de Ribeiro (2010). A faixa etária mais representativa (35%) era de 21 a 45 anos. Quanto à escolaridade dos entrevistados, o ensino fundamental incompleto foi predominante (38%), seguido do ensino médio completo (27%) e de um considerável número de moradores sem estudo algum (17%). Quanto à renda familiar, 31% das famílias recebia até 2 salários mínimos e 44% tinham renda de 4 salários mínimos, sendo o número médio de moradores de 4,9 pessoas/UH. O consumo médio de água antes do ASBC foi de 184,23 L/pessoa/dia, e depois de 24 meses, o consumo aumentou para 185,69 L/pessoa/dia (uma diferença de apenas 1,46 L/pessoa/dia).

O estudo de Gill *et al.* (2011) foi feito em habitações de um empreendimento financeiramente acessível, aspirante ao título de baixo consumo de energia/carbono, localizado no Reino Unido. Das 25 casas do empreendimento, analisou-se o consumo de água em todas por meio de leitores externos associados aos medidores já existentes. Adicionalmente, em 4 casas foram feitas medições mais detalhadas e armazenamento de dados em *data loggers*. O consumo mensurado de 91 L/pessoa/dia é menor do que a média do país (148 L/pessoa/dia), e os autores acreditam que essa diferença pode ser atribuída ao aproveitamento da água da chuva, que é usada para irrigação do jardim e descarga da bacia sanitária. Os autores estimam que o sistema de aproveitamento de água pluvial coletou o equivalente a 24 L/pessoa/dia no ano de 2009. Além disso, a água consumida para fins comunitários, que envolvem a manutenção do conjunto de habitações, aumentou o consumo em cerca de 8,5 L/pessoa/dia. O volume de consumo de água

quente representou de 22% a 44% do consumo total de água *per capita*, com média igual a 32,5% (GILL *et al.*, 2011).

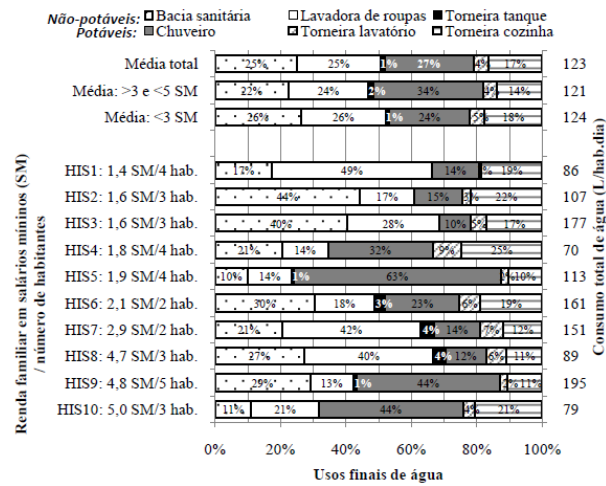
Em uma análise de 147 habitações unifamiliares de baixa renda em Salvador, na Bahia, a faixa de consumo de água mais frequente abrangia consumos entre 45 e 135 L/pessoa/dia, com mediana de 100,8 L/pessoa/dia (GARCIA, 2011). Em alguns casos o consumo de água foi maior que 200 L/pessoa/dia, e o consumo mensal de água de 8% das unidades habitacionais era superior a 20 m³/mês (GARCIA, 2011). A autora considerou que em uma residência deveriam haver ao menos cinco pontos de consumo, que seriam chuveiro, bacia sanitária, lavatório, pia da cozinha, e torneira externa (para usos diversos incluindo lavagem de roupa). No entanto, a maioria das casas tinha apenas quatro pontos de consumo, que não foram especificados. Os resultados foram obtidos por análises das faturas de água e com a aplicação de um questionário semi-estruturado (GARCIA, 2011).

Na amostra analisada por Garcia (2011), 57% das residências tinham entre 4 a 5 moradores por UH, sendo a renda da família de até 2 salários mínimos. Quanto à escolaridade, a maioria apresentava ensino médio completo. Dos bens de consumo, 57,1% têm máquina de lavar, 10,9% têm carro e 7% têm moto (GARCIA, 2011). Apenas 21% da população tinha chuveiro elétrico, sendo o não uso deste equipamento justificado pelos entrevistados por seu alto consumo de energia e consequente aumento dos gastos com esse recurso (GARCIA, 2011).

Os usos finais de água em HIS situadas em Florianópolis, SC, foram analisados em dez unidades habitacionais utilizando entrevistas e *smart meters*, com armazenamento de dados em *data loggers*. O consumo médio de água foi analisado conforme as faixas de renda dos moradores, embora seus valores de renda não diferissem muito uns dos outros. O consumo médio das sete famílias com renda de até 3 salários mínimos foi de 124 L/pessoa/dia, e o consumo médio das três famílias com renda entre três e cinco salários mínimos foi de 121 L/pessoa/dia. A bacia sanitária, a lavadora de roupas e o chuveiro foram apontados como os pontos de água de maior consumo médio nas residências, apresentando percentuais médios de 25%, 25% e 27% do total de água utilizado, respectivamente. A Figura 3 mostra o consumo de água, os percentuais de usos finais da água, a renda familiar e o número de moradores por habitação nas dez HIS analisadas por Vieira (2012).

Cunha (2013) analisou o consumo de água potável em HIS no bairro de Jabaeté, na cidade de Vila Velha, ES. Entrevistas foram realizadas em 108 unidades habitacionais. Além disso, diferentes tipos de monitoramento foram empregados. As medições do hidrômetro geral foram analisadas em 30 unidades habitacionais de 18 de maio a 14 de dezembro de 2012. Os consumos em pontos individuais de monitoramento (chuveiro, torneira do banheiro, bacia sanitária, torneira da área de serviço) foram acompanhados em 5 unidades habitacionais de 3 de outubro a 14 de dezembro de 2012. Por fim, foi realizada uma verificação das faturas de energia em 22 das 30 unidades habitacionais das quais os moradores permitiram análise também do hidrômetro geral. O consumo médio encontrado foi de 97,4 L/UH/dia, e as medições variaram de 38,71 L/UH/dia a 231,48 L/UH/dia. O desvio padrão dos dados de consumo total de água foi de 54,6 L/UH/dia

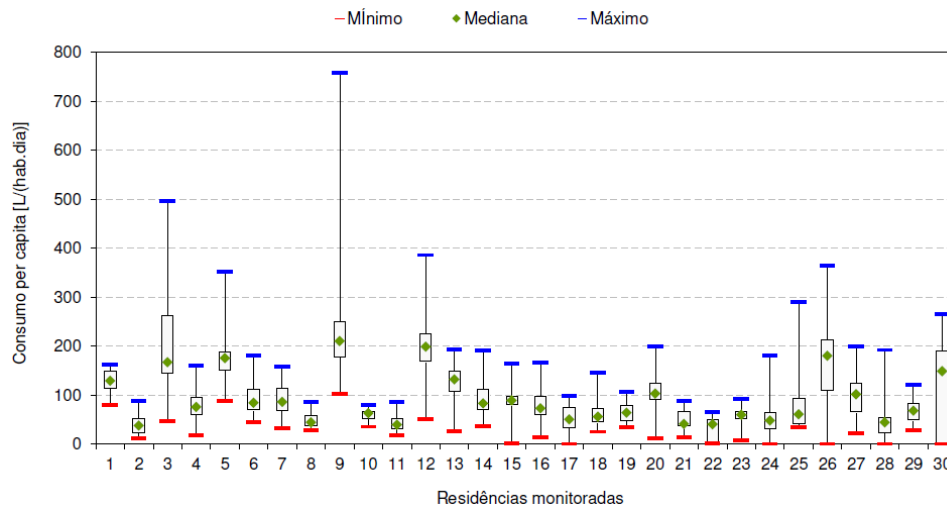
Figura 3 – Consumo de água, percentuais de usos finais da água, renda familiar e número de moradores em dez HIS localizadas em Florianópolis, SC.



e a mediana foi de 79,3 L/UH/dia. O consumo da máquina de lavar roupas foi maior do que o consumo dos demais pontos de utilização, correspondendo a 32% do consumo total (CUNHA, 2013). A Figura 4 exibe o consumo *per capita* médio de água para as 30 unidades habitacionais.

Em sua análise, Cunha (2013) concluiu que a faixa mais representativa (21,3%) de número de moradores das unidades habitacionais é de cinco moradores, e que a faixa de escolaridade predominante (39,8%) é o ensino fundamental incompleto. A ocupação dos moradores é, principalmente (48,2%), como dona de casa ou profissional autônomo, e 22,2% dos entrevistados estavam desempregados. Quase metade (44,4%) das famílias entrevistadas tem renda mensal menor do que um salário mínimo (SM).

Figura 4 – Consumo médio *per capita* nas residências analisadas por Cunha (2013).



De maneira similar a Vieira (2012), Marinowski *et al.* (2014a) avaliaram os usos finais de água em HIS na região de Florianópolis, SC, utilizando dados obtidos pela aplicação de questio-

nários com os moradores das HIS participantes e por medições ou considerações das vazões de água dos equipamentos hidrossanitários das unidades habitacionais participantes. Os critérios para escolha das famílias analisadas foram possuir renda familiar igual ou inferior a 3 salários mínimos, residir em área de interesse social, tais como favelas ou ruas com muitas residências de baixa renda, ou ter residência financiada pelo PMCMV ou outra iniciativa habitacional para público de baixa renda, sendo que as 48 famílias das HIS analisadas atenderam ao menos um destes critérios. As HIS avaliadas por Marinoski *et al.* (2014a) possuíam torneira da cozinha, chuveiro, bacia sanitária, lavatório, lavadora de roupas, torneira externa e tanque como pontos de água. O ponto de maior consumo de água foi o chuveiro, no qual se consumia em média 33% da demanda total de água, seguido pela bacia sanitária (de 11% a 29%) e pia da cozinha (de 10% a 24%). Das famílias, 77% tinham lavadora de roupas, 45% possuíam bacia sanitária com caixas de descarga (acoplada ou suspensa), 55% tinham bacia sanitária com válvula de descarga e 30% consumiam água para uso externo. O consumo médio de água foi de 132,3 L/pessoa/dia. Por faixas de renda, o consumo médio de água das famílias com renda de até três salários mínimos foi de 152 L/pessoa/dia, superior ao consumo médio das famílias com renda entre três e cinco salários mínimos (111 L/pessoa/dia) e das com renda superior a cinco salários mínimos (113 L/pessoa/dia). A Tabela 3 apresenta os consumos médios de água por equipamento hidrossanitário conforme avaliado por Marinoski *et al.* (2014a).

Tabela 3 – Consumos médios de água por equipamento hidrossanitário conforme Marinoski *et al.* (2014a).

Equipamento hidrossanitário	Consumo de água <i>per capita</i> (L/pessoa/dia)			Consumo de água (L/UH/dia)		
	Renda 1	Renda 2	Renda 3	Renda 1	Renda 2	Renda 3
Chuveiro	79,4	53,7	39,7	148,4	147,8	163,4
Bacia sanitária	46,0	25,4	19,5	96,8	78,6	88,4
Pia	45,1	22,6	19,3	99,8	65,1	70,4
Lavadora de roupas	23,0	20,9	7,2	63,2	69,5	38,8
Lavatório	7,8	7,1	1,0	30,4	25,5	9,7
Tanque	6,1	2,3	0,9	21,7	21,0	15,9
Torneira externa	2,3	1,2	5,8	19,9	20,8	53,5
Outros	3,3	0,5	1,9	8,8	2,0	9,1

Fonte: adaptado de Marinoski *et al.* (2014a).

O *Code for Sustainable Homes* é um método de avaliação e certificação de habitações residenciais sustentáveis no Reino Unido. Sodagar e Starkey (2016) avaliaram o uso de água e energia por dois anos em quatro unidades habitacionais de interesse social certificadas a nível 5 do *Code for Sustainable Homes* em Gainsborough, no Reino Unido. Os autores verificaram o consumo de água, gás e energia por meio de medições com hidrômetros e registro em *data loggers*, e conduziram entrevistas com os moradores das residências analisadas. O consumo de água variou bastante entre as unidades habitacionais, que apresentaram consumos médios de

100,8 L/pessoa/dia a 225,8 L/pessoa/dia. Os autores afirmaram ainda que o aproveitamento da água da chuva fornecia cerca de 14 L/pessoa/dia.

Uma pesquisa em 248 unidades habitacionais de 10 diferentes vizinhanças de Jaipur, na Índia, incluiu 29 habitações localizadas na favela. O estudo não abordou o aspecto financeiro do consumo de água, e também não mensurou o consumo de água diretamente pela falta de hidrômetros operantes. Os consumos foram obtidos por estimativas feitas com base nas respostas a um questionário. Toda a população das favelas era abastecida em pontos especificados pelo Departamento de Engenharia da Saúde Pública, e seu consumo foi estimado com base no volume de água carregado diariamente pelos moradores desde os pontos de abastecimento até suas casas. O consumo médio de água foi de 65,7 L/UH/dia, com variabilidade de 20 L a 150 L por unidade habitacional por dia. O consumo *per capita* de água variou de 8 a 21,4 L/pessoa/dia, com média igual a 13,3 L/pessoa/dia (RAMSEY; BERGLUND; GOYAL, 2017). Os baixos valores observados nesse estudo podem estar relacionados a aspectos socioeconômicos e culturais, além das condições de fornecimento de água intermitente. A maioria dos participantes tinha acesso ao fornecimento de água corrente por menos de duas horas por dia (RAMSEY; BERGLUND; GOYAL, 2017).

Filippi e Sirombo (2019) encontraram grandes variações nos consumos de energia, água fria e água quente ao analisar 154 apartamentos de uma intervenção habitacional multifamiliar de interesse social de Milão nos anos de 2017 e 2018. A construção contava com apartamentos de 28 a 114 m², áreas comuns e áreas comerciais, foi projetada para ser sustentável e os autores a consideraram representativa dos projetos atuais de edificações multifamiliares de alto desempenho na Itália. O consumo médio de água foi de 150,8 L/pessoa/dia (FILIPPI; SIROMBO, 2019). Uma análise preliminar dessa mesma intervenção social na Itália, observando apenas o condomínio C, mostrou um consumo médio de 120 L/pessoa/dia, sendo que destes cerca de 45% são água quente (SIROMBO *et al.*, 2017).

Duas edificações de HIS multifamiliares em Boston, EUA, foram reestruturadas a fim de melhorar o desempenho energético e a qualidade do ambiente interno. Os consumos de energia elétrica, gás natural e água do período de 2012 a 2014 foram comparados aos consumos em 2006 a 2009. Em uma das edificações o consumo de água era de 467 L/pessoa/dia e foi reduzido para 206 L/pessoa/dia (redução de 55,9%) e na outra, o consumo era de 369 L/pessoa/dia e passou a ser 260 L/pessoa/dia (redução de 29,6%). Os autores atribuíram essa diminuição do consumo à instalação de equipamentos economizadores de água, à redução de demanda de água pelo sistema de aquecimento do prédio e à diminuição de vazamentos (BROD *et al.*, 2020).

A literatura mostra um consumo de água em HIS que, em geral, fica próximo à faixa de 100 a 200 L/pessoa/dia. Na Índia o consumo se mostrou excessivamente baixo, que pode ser resultado das diferenças culturais, socioeconômicas, de hábitos e de disponibilidade. A amplitude do consumo de água foi alta em diversos estudos brasileiros, variando desde menos de 50 L/pessoa/dia a até mais de 200 L/pessoa/dia (CUNHA, 2013; GARCIA, 2011) ou 300 L/pessoa/dia (RIBEIRO, 2010; YWASHIMA *et al.*, 2006).

2.1.1 Avaliações pós ocupacionais sobre o uso total de água em HIS

Diversos estudos sobre consumo de água em HIS realizaram entrevistas com os moradores. Esta subseção mostra a situação atual do consumo de água em HIS na perspectiva dos moradores ou instituições envolvidas com a construção ou administração dessas edificações. Nos estudos apresentados os dados foram obtidos por meio de entrevistas e/ou questionários.

Uma análise detalhada feita com organizações e órgãos responsáveis por HIS na Austrália mostrou que há muitas oportunidades de melhoria no âmbito de eficiência hídrica em HIS (URMEE; THOO; KILLICK, 2012). Garcia (2011) também observou, em seu estudo de caso, a necessidade de ações para reduzir o consumo de água. No entanto, segundo a autora, os moradores não conhecem seu consumo de água e, muitas vezes, também não sabem como reduzi-lo. Quando Garcia (2011) questionou os moradores entrevistados sobre o próprio consumo de água, 59% deles não souberam responder qual era o volume consumido, e 37% responderam com o valor pago em reais para a companhia de água. Dos entrevistados por Cunha (2013), 88% afirmaram ter interesse em receber mais informações sobre o consumo de água em sua residência. Ainda assim, os entrevistados por Cunha (2013) parecem conhecer os usos finais da água em suas residências, sendo que 60,2% dos entrevistados afirmaram corretamente que lavar roupas era a atividade com maior consumo de água, mesmo sendo uma tarefa feita uma vez por semana por 85,1% dos entrevistados.

Mesmo sem conhecer o volume de consumo de água, os moradores acreditam que utilizam esse recurso racionalmente. No estudo de Garcia (2011), 89% afirmaram praticar o uso racional de água, embora 70% não acreditavam que outras pessoas o fizessem. O estudo de Ywashima *et al.* (2006) avaliou detalhadamente os hábitos de consumo de 104 moradores por meio de 27 entrevistas com um morador de cada uma das residências analisadas. A maioria deles fechava a torneira enquanto ensaboava as mãos (44%) e 65% dos que responderam a fechavam ao escovar os dentes, embora uma parcela considerável (cerca de 30%) não respondeu a nenhuma dessas perguntas. Além disso, os autores constataram que muitos (45%) dos homens que faziam a barba no banho fechavam o registro durante o processo, e apenas 16% não o faziam. Dos entrevistados que possuíam veículo, 67% não o lavavam em casa, porém, 67% daqueles que o faziam realizavam a atividade com a mangueira continuamente aberta. Em média, eram preparadas duas refeições diariamente em uma residência e a maioria dos entrevistados afirmaram fechar a torneira enquanto lavavam a louça (YWASHIMA *et al.*, 2006). A pesquisa de Ramsey, Berglund e Goyal (2017) concluiu que os participantes geralmente adotam apenas as medidas de conservação que requerem pouco esforço e investimento, embora compreendam a importância do consumo consciente de água.

Um estudo piloto em 53 habitações unifamiliares de interesse social no norte da Irlanda entrevistou os locatários para compreender suas percepções sobre mudanças climáticas, seus comportamentos e sua disposição para reduzir seu consumo de água e energia. Os moradores tinham hábitos bem definidos para economia de água (HAYLES; DEAN, 2015). Segundo Hayles

e Dean (2015), os comportamentos menos aceitos para reduzir o consumo de água foram a redução do número de banhos e de acionamentos de descarga na bacia sanitária. Os moradores de HIS analisados por Ywashima *et al.* (2006) tomam, em média, 2 banhos por dia, com mínimo de 1 banho diário e máximo de 5. O tempo de banho, ou seja, com chuveiro ligado, variou de 3 a 30 minutos, sendo a média igual a 11 minutos. Durante o banho, apenas 16% mantém o registro fechado para se ensaboar, enquanto 63% não o fazem. No estudo de Cunha (2013), 63% declararam tomar mais de um banho por dia, 33% um banho por dia e os demais atestaram tomar banho uma vez por semana ou em dias alternados.

Quanto às medidas para economia de água, as opções passivas parecem ser mais aceitas pelos usuários. Apenas 55% dos moradores entrevistados por Hayles e Dean (2015) se mostraram dispostos a reduzir seu consumo de água. Portanto, os autores recomendaram a instalação de equipamentos economizadores de água como uma medida passiva para economia de água, que não exige a mudança de comportamento por parte dos ocupantes. A maioria dos moradores entrevistados por Pretlove e Kade (2016) não sabiam se seus eletrodomésticos eram ou não projetados para baixo consumo de água, e em apenas em uma habitação havia máquina de lavar louça. Havia poucos dispositivos economizadores de água instalados nas residências analisadas por Hayles e Dean (2015). Embora 55% dos moradores aprovassem a ideia de ter equipamentos economizadores de água, os demais 45% se mostraram opostos ou inseguros perante essa solução (HAYLES; DEAN, 2015).

Em relação à redução do consumo de água potável, tem-se as opções de reúso de água e uso de água da chuva. Nas entrevistas realizadas por Gill *et al.* (2010), mais de 60% dos entrevistados mencionaram que o uso de água da chuva causava uma coloração na água da bacia sanitária. Ainda assim, mais de 70% eram a favor da coleta de água da chuva e achavam que o sistema era bom pois fornecia água gratuitamente, o que acarreta em uma redução da fatura de água (GILL *et al.*, 2010). A maioria se mostrou a favor de aproveitar a água da chuva e contra usar reúso de água proveniente de bacias sanitárias no estudo de Hayles e Dean (2015). Mesmo os moradores que acreditavam que reduzir seu consumo de água era uma responsabilidade individual, e estavam mais propensos a utilizar sistemas de reúso de águas cinzas ou da chuva, não estavam dispostos a utilizar sistemas de reúso de água proveniente de bacias sanitárias (HAYLES; DEAN, 2015).

Ainda quanto às opções de fontes alternativas de água, 7% dos moradores entrevistados por Ywashima *et al.* (2006) utilizavam a água da chuva para limpeza da área externa, embora 81% dos demais aprovassem a prática de aproveitamento de águas pluviais. A reutilização da água da máquina de lavar roupas era feita por 70% (19) dos entrevistados. A análise pós-ocupacional de 7 unidades habitacionais de HIS projetadas para os níveis 3, 4 e 5 do *Code for Sustainable Homes* do Reino Unido mostrou que unidades do nível 3 e 4 não tinham dispositivos para o reúso de água, havendo apenas um reservatório para reúso de água no quintal de uma das casas. Todas as unidades habitacionais do nível 5 contavam com sistema para reutilização de águas cinzas, sendo que no momento das entrevistas constatou-se que um deles exigia manutenção

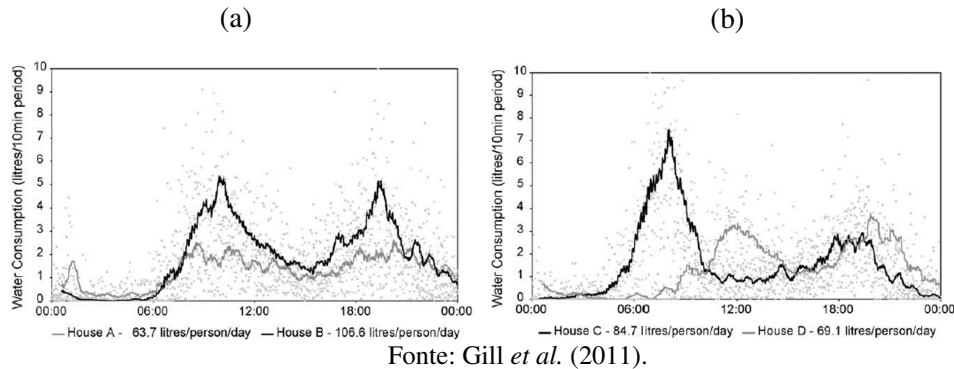
regular, outro apresentava problemas a ponto de ser desativado e os outros dois funcionavam bem (PRETLOVE; KADE, 2016). A condição dos equipamentos hidrossanitários foi avaliada em 6 das 27 unidades habitacionais avaliadas por Ywashima *et al.* (2006), conforme permissão dos moradores. Destas, somente 2 tinham todos os pontos de consumo em condições satisfatórias. Das 4 demais residências, cada uma com 6 pontos de consumo, 3 delas apresentaram vazamento em dois de seus pontos de consumo e a quarta apresentou vazamento em apenas um ponto de consumo.

Satur e Lindsay (2020) propuseram, após avaliar comunidades de classe baixa, média e alta em duas cidades da Austrália, que há um gradiente social no uso urbano de água. Os autores gravaram entrevistas com os moradores das comunidades escolhidas, e com a ajuda do software NVIVO identificaram os principais assuntos que foram mencionados nas entrevistas. O estudo concluiu que enquanto as comunidades mais privilegiadas usam água para lazer e outros luxos, os moradores de comunidades menos favorecidas financeiramente têm dificuldades para conseguir água para sua saúde e bem-estar. Nas comunidades mais privilegiadas a água é vista como um recurso disponível e barato.

Com relação à garantia de continuidade de abastecimento de água, interrupções frequentes foram verificadas em 70%, ou seja, em 19 das 27 entrevistas feitas por Ywashima *et al.* (2006) em HIS. Nas HIS avaliadas por Garcia (2011), 81% dos entrevistados afirmaram que raramente ocorrem interrupções no abastecimento de água, 4% falaram que as interrupções são frequentes e 12% sofrem com falta de água frequente. Cerca da metade da população (51,7%) possuía reservatório de água (GARCIA, 2011). Um dos moradores de uma comunidade menos privilegiada, entrevistado por Satur e Lindsay (2020) afirmou que o governo australiano deveria facilitar o acesso da população a reservatórios para armazenamento de água, importante principalmente durante o período de seca. De maneira contrastante, um dos entrevistados de uma comunidade privilegiada afirmou que havia instalado cinco reservatórios de água no quintal durante a seca, além de possuir equipamento próprio para tratamento e reúso de água (SATUR; LINDSAY, 2020).

O consumo de água em HIS apresenta, em geral, dois picos de consumo, um deles pela manhã e outro no período da tarde ou noite. A Figura 5 mostra dois exemplos de perfil de consumo horário de água em HIS no Reino Unido. Segundo os autores, o consumo de água costuma apresentar um pico pela manhã e outro à noite, com duração, intensidade e hora amplamente variável (GILL *et al.*, 2011). Essas observações concordam com perfis já encontrados para habitações que não de interesse social. No trabalho de Mostafavi *et al.* (2018), dados de mais de 700 residências foram analisados e modelados, apresentando diversos possíveis perfis de consumo. A média das medições horárias resultaram em um perfil de consumo com um pico principal pela manhã seguido de um pico menor porém mais largo no período da tarde e da noite (MOSTAFAVI *et al.*, 2018).

Figura 5 – Variações no perfil de consumo horário de água em HIS.



Estudos mostram que os moradores, embora não estejam conscientes sobre a quantificação do seu consumo de água (GARCIA, 2011; CUNHA, 2013), estão dispostos a adotar (ou já adotam) algumas medidas de conservação (YWASHIMA *et al.*, 2006; HAYLES; DEAN, 2015). Em geral, são adotadas ações de economia de água que requerem pouco esforço e são de baixo custo, como anteriormente apontado por Ramsey, Berglund e Goyal (2017). Medidas que não afetam a rotina dos moradores, tais como o uso de equipamentos hidrossanitários economizadores ou simplesmente em condições adequadas, podem ser uma solução conveniente para reduzir o consumo de água embora nem sempre bem aceitas (HAYLES; DEAN, 2015; YWASHIMA *et al.*, 2006). O uso de águas pluviais e o reúso de águas cinzas mostraram-se atraentes para os moradores de HIS, embora com limitações (HAYLES; DEAN, 2015; GILL *et al.*, 2010). Não apenas em cenários de desigualdade econômica há grandes diferenças de disponibilidade da água (SATUR; LINDSAY, 2020), pois enquanto o estudo de Ywashima *et al.* (2006) revelou interrupções frequentes de abastecimento de água em HIS na cidade de Paulínia/SP, Garcia (2011) observou que eram raras as interrupções no abastecimento de água em HIS na cidade de Salvador/BA.

2.1.2 Fatores que influenciam o consumo de água em HIS

Para compreensão e previsão do consumo de água, é necessário entender quais são os fatores que o afetam. Essa subseção apresenta uma revisão da literatura sobre os fatores influentes no consumo total de água em HIS. O comportamento dos moradores destaca-se como um dos fatores que mais afetam o consumo de água.

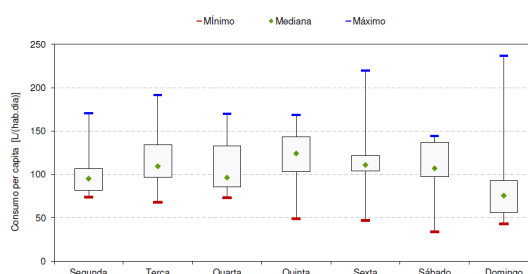
Sabe-se que o consumo de água é bastante particular e de difícil previsão (GILL *et al.*, 2011). Quanto à variação no consumo de água *per capita*, Gill *et al.* (2011) observaram que o maior consumidor de água apresentava 7,11 vezes o volume de água consumido pelo menor consumidor (comparação de valores médios em litros/pessoa/dia). Os autores ressaltam que esse fator foi mais alto do que os encontrados para as diferenças de uso de aquecimento de ambiente (3,15) e de energia elétrica (3,46) na mesma pesquisa. Gill *et al.* (2010) verificaram que preferências de banho, como quantidade de banho de chuveiro por semana e a preferência por banhos de banheira, são fatores que mais contribuem para aumentar a variabilidade do consumo

total de água. Pretlove e Kade (2016) notaram que havia uma redução no consumo de água que acompanhava o aumento do nível de certificação pelo *Code for Sustainable Homes* da UH, observada mesmo com a alta variabilidade no consumo de água entre as unidades analisadas. Embora o aproveitamento de água da chuva e o uso de equipamentos economizadores tenham contribuído para um baixo consumo anual de água nas HIS analisadas por Gill *et al.* (2011), é necessário que haja empenho por parte dos moradores para atingir metas rigorosas de economia de água, tais como as propostas por certificações de sustentabilidade, segundo os autores. Para Gill *et al.* (2010), dentre os consumos de recursos domésticos (água, gás e energia), o consumo de água é o que apresenta maiores possibilidades para ser otimizado com medidas comportamentais de economia. Ainda assim, o consumo de água se mostrou apenas parcialmente (11%) afetado pelas atitudes dos moradores em prol da eficiência hídrica (GILL *et al.*, 2010). Os autores consideraram esse resultado intuitivo uma vez que os entrevistados mencionaram como práticas de economia de água ações que não necessariamente reduzem o consumo deste recurso (GILL *et al.*, 2010).

Outro fator que pode influenciar o consumo de água é o tempo de permanência na residência. No estudo de Ywashima *et al.* (2006) em Paulínia, 104 moradores foram considerados. Verificou-se que 27% dos moradores ficam fora de casa diariamente por 8 horas ou mais, 33% se ausentam até 6 horas por dia, 29% não costumam se ausentar e 4% se ausentam por vários dias, e o restante não soube informar. Para Ywashima *et al.* (2006), o tempo de ausência na residência afeta o uso de água para higienização pessoal, de utensílios domésticos, de roupas e de alimentos. O padrão de ocupação de uma HIS está relacionada ao consumo de água de modo que, para um maior tempo de permanência em casa, há um maior consumo de água (MARINOSKI *et al.*, 2014a).

Cunha (2013) observou o consumo de água durante a semana, e identificou uma redução aos domingos. Junto com os moradores, foi validado que a redução de consumo de água no domingo estava ligada a saídas para visitar familiares. A Figura 6 mostra o consumo de água para os diferentes dias da semana.

Figura 6 – Consumo médio *per capita* por dia da semana conforme Cunha (2013).



Fonte: Cunha (2013).

Garcia (2011) verificou associação significativa entre o consumo de água e número de moradores, dormitórios e pontos internos de consumo de água por UH, bem como com a parcela da renda comprometida com o pagamento da conta de água. A quantidade de moradores na

UH apresentou correlação positiva com o consumo total de água e negativa com o consumo *per capita*, o que a autora atribui à divisão dos consumos comuns (como limpeza doméstica) e concorrência para utilizar os pontos de consumo. Gill *et al.* (2011) também observou uma relação inversa entre o consumo *per capita* e o número de ocupantes e a atribuiu ao uso mais eficiente da água em atividades compartilhadas, tais como a limpeza de louças e roupas.

Para Garcia (2011), o número de dormitórios teve associação positiva e fraca com o consumo total, mas nem o número de cômodos nem o de dormitórios tiveram correlação com o consumo *per capita* de água. O número de pontos de consumo de água na UH tende a aumentar o consumo total, sem afetar o consumo *per capita* de água. Como a faixa de renda era homogênea (entre um e dois salários mínimos), a parcela da renda comprometida com o pagamento da conta de água é representativa do valor pago e, conseqüentemente, do próprio volume consumido de água. Adicionalmente, a autora observou que não havia correlação entre a renda e o consumo de água, o que também pode ser uma consequência da baixa variabilidade nos valores de renda analisados. Marinoski *et al.* (2014a) também concluíram que não há correlação entre renda e consumo de água em HIS, sendo que o consumo médio de água *per capita* variou em até 26% para as faixas de renda analisadas. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos por Garcia (2011) para os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman.

Tabela 4 – Coeficientes de correlação de Pearson e Spearman para as variáveis independentes com o consumo de água domiciliar e *per capita*.

Tamanho da amostra	Consumo domiciliar (m ³ /mês)		Consumo <i>per capita</i> (L/pessoa/dia)	
	80 residências		58 residências	
	Pearson R	Spearman ρ	Pearson R	Spearman ρ
	Coeficiente de correlação (p-valor)			
Consumo domiciliar (m ³ /mês)	1	1	0,75 (0,000)	0,75 (0,000)
Nº de cômodos	0,01 (0,945)	0,06 (0,626)	-0,18 (0,178)	-0,12 (0,376)
Nº de dormitórios	0,18 (0,113)	0,22 (0,048)	-0,12 (0,361)	-0,09 (0,521)
Nº de moradores	0,22 (0,045)	0,22 (0,055)	-0,23 (0,085)	-0,26 (0,047)
Pontos totais	0,18 (0,113)	0,11 (0,330)	0,04 (0,752)	0,00 (0,999)
Pontos internos	0,31 (0,005)	0,30 (0,007)	0,22 (0,094)	0,19 (0,152)
Renda familiar (R\$)	-0,04 (0,796)	0,09 (0,504)	-0,06 (0,704)	-0,08 (0,616)
Renda <i>per capita</i> (R\$)	-0,20 (0,161)	0,02 (0,892)	0,12 (0,443)	0,12 (0,428)
Valor pago por m ³ consumido (R\$/m ³)	-0,01 (0,926)	0,09 (0,449)	0,43 (0,001)	0,18 (0,166)
Valor pago/renda familiar	0,65 (0,000)	0,57 (0,000)	0,46 (0,002)	0,40 (0,008)

Fonte: adaptado de Garcia (2011).

Ramsey, Berglund e Goyal (2017) utilizaram análise multivariada da variância (MANOVA) e regressão binomial logística para determinar quais as variáveis mais significativas na adoção de comportamentos e tecnologias de conservação de água em habitações na Índia, com uma amostra que incluía algumas HIS. Dentre as variáveis observadas, as que mostraram maior impacto foram: a renda, a duração do fornecimento de água, e a convicção de que secas podem ser prevenidas. Educação e ciência da necessidade de conservar água não se mostraram relevantes na adoção de medidas de conservação de água. É importante ressaltar que no estudo de Ramsey, Berglund e Goyal (2017) foram analisadas não só HIS, apresentando uma maior

variabilidade de renda.

Tutia (2015) estudou o consumo de água e de energia em dois conjuntos habitacionais de interesse social na cidade de Ourinhos, estado de São Paulo. Um dos conjuntos contava com SAS (596 residências) e o outro, não (523 residências). O autor aplicou técnicas de análise multivariada para identificar fatores socioeconômicos que influenciavam o consumo de energia e água em ambos os conjuntos habitacionais. Foram observados dados de consumo mensal e um questionário foi aplicado em 287 residências, com o qual foram obtidas informações sobre a data de entrada dos moradores, número de moradores, quantidade de cômodos, utilização de lâmpadas fluorescentes, condição de moradia (própria, alugada ou cedida), idade, sexo, escolaridade, ocupação, renda, itens eletrônicos e grau de instrução do chefe da família. As variáveis socioeconômicas afetavam diferentemente os consumos nos dois conjuntos analisados. O conjunto habitacional sem SAS apresentou valores maiores de consumo de água e energia elétrica em relação ao conjunto com SAS, utilizando intervalos de confiança simultâneos de Hotelling. O autor defende que a instalação do SAS pode ou não ser vantajosa, e recomenda associar essa escolha a características das famílias para otimizar o seu uso. Segundo o autor, a diferença significativa encontrada pelo teste T^2 de Hotelling mostra que o consumo em ambos os conjuntos habitacionais pode estar associado às características socioeconômicas.

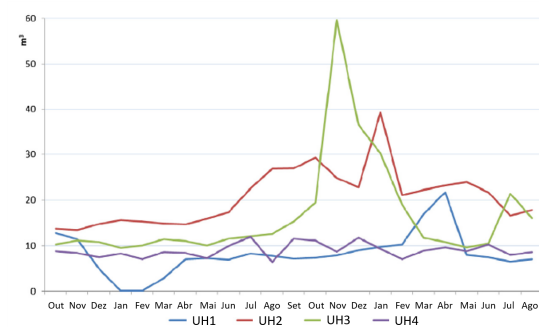
Garcia (2011) observou que haviam 106 ligações de água para um total de 220 unidades habitacionais na rua selecionada para estudo. Ou seja, 2,07 residências por ligação. Além disso, a autora notou que algumas das contas de água eram feitas com base no consumo presumido, isto é, quando não há hidrômetro. Nestes casos, era cobrada a taxa mínima de, em geral, 10 m³ para habitações de baixa renda. Além disso, o consumo médio mensal por habitação era de 10,6 m³, sendo que 55% das unidades habitacionais tinham um consumo de até 10 m³. Para a autora, a falta de conhecimento sobre o consumo de água e a tarifa fixa para consumos de até 10 m³ representam um desafio para a implementação de ações que incentivem a população de baixa renda a economizar água. Isso porque a falta de conhecimento sobre o consumo de água e a tarifa fixa afetam o apelo financeiro do uso eficiente de água, que foi destacado pela autora como um dos principais fatores motivadores para economia de água, bem como a escassez da mesma. No estudo de Marinoski *et al.* (2014a), 33% das residências avaliadas tinham consumo mensal de água de até 10 m³, o que os autores também associaram à falta de incentivo para economia de água. Grande parte (68,18%) dos moradores entrevistados por Cunha (2013) pagam por um consumo de água maior do que o real devido à tarifa mínima referente ao valor de 10 m³. O valor pago pela energia elétrica consumida no banho foi um dos motivos pelos quais os moradores entrevistados por Ywashima *et al.* (2006) economizavam água, fenômeno que se devia ao fato de o custo da energia elétrica ser mais elevado do que o da água, segundo os autores.

Uma avaliação da variação do consumo de água com base no uso de torneiras economizadoras, água cinza e água pluvial mostrou que a maior economia de água (53%) é obtida ao combinar essas três medidas (VIEIRA, 2012). No estudo em questão, torneiras economizadoras instaladas na cozinha resultaram em um consumo de água em média 19% menor por evento

de uso. A instalação desses equipamentos no lavatório promoveu, na maior parte das unidades habitacionais, economia de cerca de 24,0% no consumo de água, embora em algumas residências essa intervenção tenha causado aumento no consumo de água. Uma avaliação teórica mostrou que o aproveitamento de água cinza poderia atender em média 24% do consumo total de água de cada UH. A avaliação teórica do uso de água pluvial mostrou que esta poderia suprir, em média 43% da demanda de água das unidades habitacionais (VIEIRA, 2012).

Quanto à sazonalidade no consumo de água, a Figura 7 mostra a variação que Sodagar e Starkey (2016) encontraram durante o ano para cada uma das 4 HIS analisadas. Não é possível verificar tendências sazonais fortes comuns a todas as residências. O principal pico de consumo de água (habitação 3, identificada como H3 na Figura 7) foi causado por uma falha da válvula de descarga da bacia sanitária (SODAGAR; STARKEY, 2016).

Figura 7 – Consumo de água mensal observado por Sodagar e Starkey (2016) de outubro de 2012 até agosto de 2014.



Fonte: Sodagar e Starkey (2016).

A literatura apresentou uma variedade de fatores que afetam o consumo de água diferentemente em HIS. Estudos indicam que um maior tempo de permanência acarrete em um maior consumo de água, conforme Marinoski *et al.* (2014a) e Ywashima *et al.* (2006).

A renda parece não afetar o consumo de água em HIS devido sua baixa variabilidade, conforme os estudos brasileiros de Garcia (2011) e Marinoski *et al.* (2014a). No entanto, quando habitações de interesse social são comparadas a outros tipos de habitações, esse aspecto pode ser relevante segundo Ramsey, Berglund e Goyal (2017). O número de moradores parece ter relação inversa com o consumo de água *per capita* (GARCIA, 2011; GILL *et al.*, 2011). Por fim, parece haver sazonalidade no consumo de água em HIS com relação aos dias da semana (CUNHA, 2013) e às horas do dia (MOSTAFAVI; GÁNDARA; HOQUE, 2018; GILL *et al.*, 2011).

2.2 CONSUMO DE ÁGUA QUENTE EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Esta seção apresenta uma revisão da literatura referente ao consumo de água quente em HIS. Primeiramente, são apresentados os principais resultados quanto ao volume e temperatura da água quente observados em diferentes estudos de caso. Para contextualização, foram incluídas nessa seção as características de ocupação de cada HIS. Em sequência, há duas subseções

que abordam as avaliações dos sistemas de aquecimento de HIS após ocupação e os fatores influenciadores, nessa ordem. O consumo de água quente abordado não engloba a água usada para aquecimento de ambientes. A Tabela 5 apresenta informações de diferentes estudos em HIS, referentes ao local, período de análise, volume e temperatura do consumo de água quente, e tipo de sistema de aquecimento de água usado, sem considerar a água usada para aquecer ambientes.

Tabela 5 – Consumo de água quente em HIS.

Objeto de estudo	Período de coleta de dados	Volume e temperatura de consumo de água quente	Tipo de sistema de aquecimento de água	Referência
Edificações multifamiliares em São Francisco, Califórnia (n=118)	21 de março a 22 de agosto de 1985	280,12 L/UH/dia e temperatura de saída do reservatório de água quente: 58°C	Sistema a gás com pré-aquecimento solar	(VINE; DIAMOND; SZYDLOWSKI, 1987)
Edificações unifamiliares em Homestead, Florida (n=20)	Ano de 1994	Consumo médio de 242,27 L/UH/dia, mínimo de 68,14 L/UH/dia, máximo de 427,75 L/UH/dia, e temperatura média de 53°C, mínima de 49,4°C, e máxima de 61,1 °C.	Sistema solar individual com reservatório com resistência elétrica	(PARKER; MAZZARA; SHERWIN, 1996)
Edificações unifamiliares no Reino Unido (n=25)	4 de junho a 17 de agosto de 2009	Consumo médio de água quente* de 27,1 L/pessoa/dia, mínimo de 19 L/pessoa/dia e máximo de 47,1 L/pessoa/dia	Sistema de biomassa e gás natural provenientes da rede de aquecimento do distrito	(GILL <i>et al.</i> , 2011)
Edificação multifamiliar na cidade de Quebec, Canadá (n=40)	1º de janeiro de 2016 a 1º de janeiro de 2017, exceto julho a setembro	Consumo médio de 58,3 L/pessoa/dia	Aquecimento distrital, fonte não especificada	(ROULEAU; GOSSELIN; BLANCHET, 2018)
Edificações multifamiliares próximas à Milão, Itália (n=152)	15 de outubro de 2016 a 14 de outubro de 2018	Consumo médio de 83,8 L/pessoa/dia, com mediana de 63 L/pessoa/dia	Bombas de calor centrais	(FILIPPI; SIROMBO, 2019)
Edificações unifamiliares em Gainsborough, Reino Unido (n=4)	Julho de 2012 a setembro de 2014	Consumo médio de 145,8 L/pessoa/dia, com mínimo de 100,8 L/pessoa/dia e máximo de 225,8 L/pessoa/dia	Sistema a gás com reservatório	(SODAGAR; STARKEY, 2016)

*não misturada.

n = tamanho da amostra.

Vine, Diamond e Szydlowski (1987) analisaram quatro edificações residenciais multifamiliares de interesse social localizadas na parte centro-sul de São Francisco, na Califórnia, a Holly Courts, com 118 apartamentos. As instalações, que abrigavam mais de 350 pessoas, eram

compostas por 48 apartamentos de um quarto, 60 de dois quartos, e 10 de três quartos. A água era aquecida por um sistema a gás com pré-aquecimento solar. O consumo de água quente de cada prédio foi monitorado por 4 a 6 meses e os moradores foram entrevistados quanto aos seus padrões de uso de água quente. Os autores concluíram que o consumo de água quente era de 74 galões (280,12 litros) por UH por dia, incluindo chuveiro, banheira, torneiras, máquina de lavar roupas e de lavar louças. A temperatura média de entrega da água era de 58°C, variando de 56°C a 62°C. Além das medições feitas por sensores, os autores também entrevistaram os moradores. A caracterização dos ocupantes é apresentada na Tabela 6. Quanto ao ramo de trabalho, 72,2% dos trabalhadores atuavam no setor de serviços (VINE; DIAMOND; SZYDLOWSKI, 1987). Considerando o consumo médio por UH e o número médio de moradores, pode-se estimar que o consumo de água quente *per capita* era de 107,74 L/pessoa/dia.

Tabela 6 – Caracterização dos habitantes de Holly Courts em 1985.

Sexo	7,1% Homens 92,9% Mulheres
Situação profissional	12,2% Trabalhando período tempo integral 22,2% Trabalhando meio período 14,6% Aposentados 18,8% Desempregados
Idade dos entrevistados	Média de 45,5 anos
Escolaridade dos entrevistados (em anos)	média de 10,6 anos
Ocupação da UH	Média de 2,6 pessoas/UH

Fonte: Adaptado de Vine, Diamond e Szydlowski (1987).

Um estudo realizado na Flórida analisou o consumo de energia em casas do programa de habitação social *Habitat for Humanity Development* no ano de 1994 e, dentre outros tópicos, explorou o consumo de água quente. Foi encontrado um consumo médio de água quente de 64 galões/UH/dia, equivalente a 242,27 L/UH/dia, com alta variabilidade entre as diferentes unidades habitacionais. A temperatura da água quente variou de 49,4°C a 61,1°C, com média igual a 53°C (PARKER; MAZZARA; SHERWIN, 1996). O número médio de moradores era de 2,4 pessoas/UH nas casas localizadas na cidade da Flórida e de 4,6 pessoas/UH nas residências de Homestead. O estudo concluiu ainda que a água quente era responsável por 18,7% do consumo de energia. Considerando o consumo médio e o número médio de moradores das unidades habitacionais, pode-se estimar que o consumo de água quente *per capita* era de 100,94 L/pessoa/dia.

Gill *et al.* (2011) analisaram o consumo de água quente antes de ser misturada com a água fria para consumo. A medição do consumo de água quente foi feita em 4 das 25 unidades. Nessa amostra, o consumo de água quente mensurado variou de 19,0 a 47,1 L/pessoa/dia, com média igual a 27,1 L/pessoa/dia (GILL *et al.*, 2011). É notável que esse valor é mais baixo que os demais aqui apresentados, o que se deve ao fato de o volume medido representar apenas uma parcela (água quente não misturada) do que os demais estudos consideraram como água quente.

Giglio (2015) uniu duas abordagens, uma social qualitativa e outra técnica quantitativa (medição) em um estudo de caso em Londrina, Paraná. A HIS em questão era o Residencial Bela Vista, financiado pelo PMCMV, composto por 2.712 unidades habitacionais e considerado projeto piloto da implementação de SAS no programa. Das unidades habitacionais, 1.928 foram contempladas com SAS e apoio por chuveiro elétrico, sendo 1.272 unidades unifamiliares e 656 apartamentos. Inicialmente, a autora avaliou dados de 200 famílias e, por meio de análise de agrupamento, organizou-as em subgrupos homogêneos conforme variáveis sociais, econômicas e de consumo, além de fatores de influência na economia de energia. Foram identificados cinco subgrupos homogêneos e uma unidade representativa de cada subgrupo foi analisada com medição de vazão, temperatura e potência por um ano. O volume de consumo de água aquecida proveniente do SAS variou de 9,1 L/pessoa/dia no verão a 31,5 L/pessoa/dia no inverno, sendo o consumo médio igual a 17 L/pessoa/dia. Os valores encontrados correspondem ao volume de água quente não misturada usado no chuveiro, único ponto de consumo de água quente nas UHs analisadas. A Tabela 7 apresenta a temperatura média de banho com SAS para as cinco unidades observadas. Na família A1, o não uso do SAS no inverno resultou, principalmente, da falta de entendimento por parte dos moradores de que mesmo no inverno o SAS aqueceria a água (GIGLIO, 2015).

Tabela 7 – Temperatura média mensal de banho com uso exclusivo do SAS (°C).

Mês	Temperatura média mensal de banho por UH (°C)				
	A1	A2	A3	A4	A5
Jan/2014	37,81	38,11	37,72	37,46	38,06
Fev/2014	39,68	39,71	37,55	36,16	38,92
Mar/2014	41,44	39,63	37,77	37,78	39,66
Abr/2013	40,64	40,97	43,25	39,34	40,57
Mai/2013	39,49	39,04	43,19	38,59	40,94
Jun/2013	*	34,51**	42,52	39,21	40,45
Jul/2013	*	41,85	40,62	39,27	42,92
Ago/2013	*	42,31	41,56	38,68	42,28
Set/2013	38,29	41,29	38,65	37,67	40,15
Out/2013	38,00	41,27	39,58	37,76	39,62
Nov/2013	37,91	40,10	37,85	36,86	38,75
Dez/2013	40,27	38,83	37,57	37,09	38,06
Média	39,10	40,02	40,53	38,27	40,42

Fonte: Giglio (2015).

* Sem uso do SAS.

** Banhos predominantemente de água fria.

Rouleau, Gosselin e Blanchet (2018) analisaram em detalhe o consumo de energia de uma edificação residencial multifamiliar de Quebec, no Canadá, composta por 40 apartamentos com área de 55 a 75 m² cada. Em outro estudo com os mesmos dados, os autores afirmaram que os equipamentos hidrossanitários que dispunham de água quente eram chuveiros, banheiras, lavatório, pia da cozinha, máquinas de lavar louça e as de lavar roupa (ROULEAU *et al.*, 2019).

Foi encontrado um consumo de água quente de 131,2 L/UH/dia, com um desvio padrão de 95,2 L/UH/dia (ROULEAU *et al.*, 2019). O consumo de água quente *per capita* era de 58,3 L/pessoa/dia (ROULEAU; GOSSELIN; BLANCHET, 2018). Em média, o número de moradores era de 2,25 pessoas por UH, e a média de idade dos moradores era de 26,6 anos de idade.

O consumo médio de água quente encontrado por Filippi e Sirombo (2019) foi de 83,8 L/pessoa/dia e a mediana foi de 63 L/pessoa/dia. O consumo médio de água, fria e quente, foi de 150,8 L/pessoa/dia. Em uma análise apenas do Condomínio C, o consumo médio de água quente encontrado foi de 54 L/pessoa/dia (SIROMBO *et al.*, 2017). A Tabela 8 mostra as estatísticas descritivas do consumo de água fria, quente e o total encontrados em 2019 no estudo completo de Filippi e Sirombo (2019).

Tabela 8 – Consumo de água fria, quente e total em L/pessoa/dia para 152 unidades habitacionais de um complexo multifamiliar de interesse social em Milão, na Itália.

Parâmetro	AQ 2017	AF 2017	TOT 2017	AQ 2018	AF 2018	TOT 2018
Mínimo	5,64	4,96	12,82	4,03	6,47	13,47
1º quartil	43,21	29,35	75,83	39,69	24,63	70,06
Mediana	63,32	49,68	120,51	62,58	44,16	111,41
4º quartil	93,12	78,90	157,93	94,31	73,00	156,67
Máximo	410,00	459,75	869,75	434,74	441,75	839,95

AQ = Água Quente; AF = Água Fria; TOT = total de água (AQ+AF).

Fonte: Adaptado de Filippi e Sirombo (2019)

Quatro habitações sociais unifamiliares certificadas ao nível 5 do *Code for Sustainable Homes* foram analisadas de julho de 2012 a setembro de 2014 por Sodagar e Starkey (2016). Os autores realizaram medições de gás, eletricidade e consumo de água, além de entrevistarem os locatários. Medições de água quente para uso doméstico não foram feitas diretamente. Portanto, para separar o consumo de água quente para aquecimento do ambiente dos demais usos finais, os autores consideraram que nos meses de verão o consumo de água quente para esse uso final era nulo. Para os demais meses, a média de consumo de água no verão foi utilizada após ajustes de acordo com os Procedimentos Padrões de Avaliação locais (do inglês, Standard Assessment Procedure - SAP). O consumo médio de água foi de 145,8 L/pessoa/dia, e variou de 100,8 L/pessoa/dia a 225,8 L/pessoa/dia entre as unidades habitacionais.

Os valores de consumo médio de água quente em HIS encontrados na literatura não apresentam grande amplitude, considerando que alguns investigaram o consumo por UH, outros por pessoa, podendo ainda ser de água quente misturada ou não. A maior média encontrada foi de 145,8 L/pessoa/dia (SODAGAR; STARKEY, 2016) que pode estar associada a interpretação que, devido ao uso de água de fontes alternativas para o jardim e bacia sanitária, toda a água consumida e medida era água quente. A menor média encontrada foi de 17,8 L/pessoa/dia (GIGLIO, 2015), que mediu apenas o consumo de água quente não misturada em chuveiros no Brasil. Em países do hemisfério norte, a menor média foi de 27 L/pessoa/dia, que também mediu apenas o consumo de água quente não misturada. É possível notar que há mais estudos de

monitoramento de água quente no hemisfério norte do que no hemisfério sul.

2.2.1 Avaliações pós ocupacionais sobre os sistemas de água quente implementados em HIS

A presente subseção reúne informações sobre pesquisas publicadas acerca de sistemas de aquecimento de água em HIS coletadas por meio de entrevistas com moradores. Estudos que não foram citados na seção anterior estão contextualizados, inclusive apresentando características socioeconômicas. No demais, as informações apresentadas tratam da opinião dos moradores sobre o sistema de aquecimento de água disponível e hábitos de uso.

Na avaliação dos usuários de HIS, Boscoli (2010) entrevistou moradores de 264 unidades habitacionais em Londrina/PR. A autora observou que a maior parcela das habitações (33%) tinham em média 4 moradores, e a faixa etária predominante (41%) era entre 21 e 40 anos. Quanto à escolaridade, 9% da amostra era alfabetizada, 29% tinham estudo em nível de primeiro grau, 42%, de segundo grau e 20%, em nível superior. A faixa de renda familiar predominante (31%) era de 2 a 3 salários mínimos por família, seguida (29%) da faixa de 3 a 4 salários mínimos por família. Dos moradores entrevistados por Boscoli (2010), 45% afirmaram tomar banhos rápidos para economizar energia. No entanto, 23% dos moradores não sabiam o que é horário de pico, e 21% não sabiam o que é sistema de aquecimento solar (SAS). O tempo médio de banho era predominantemente (68%) entre 5 e 10 minutos.

Um artigo brasileiro apresentou uma avaliação pós-ocupacional por levantamento documental e de campo, além de observação direta e aplicação de entrevistas estruturadas em 55 das 77 unidades habitacionais do Programa Lares Habitação Popular da COHAB-MG em Itatiaiuçu (SILVA *et al.*, 2011). Todas as casas contavam com SAS individual com apoio por chuveiro elétrico. Quando o SAS foi instalado, 36% dos moradores participaram do treinamento dado. Os moradores demonstraram satisfação quanto à economia financeira e ao conforto proporcionado pelo SAS, porém a maioria dos entrevistados (93%) não relaciona a utilização da tecnologia à sustentabilidade ambiental. Os autores recomendaram que fosse realizado um trabalho de conscientização para que os benefícios fossem aumentados e conservados. Alguns importantes números da pesquisa de Silva *et al.* (2011) foram:

- (i) 98% dos moradores consideram que a instalação do SAS tem vantagens;
- (ii) 96% dos moradores relacionam as vantagens do SAS à economia de energia;
- (iii) 95% dos moradores acreditam que o SAS melhorou o conforto;
- (iv) 29% dos moradores associam o SAS à sustentabilidade ambiental e sabem explicar a relação.

Giglio (2015), em seu estudo, constatou que 80% dos entrevistados estavam satisfeitos com o SAS. No entanto, apenas 47% dos casos analisados apresentaram economia na conta de

energia. Para a autora, essa diferença indica uma falta de percepção da economia pelas famílias, que muitas vezes estavam satisfeitas com o sistema mesmo que ele não resultasse em uma redução na fatura de energia. O uso do SAS em conjunto com o chuveiro elétrico, quando comparado ao uso apenas do chuveiro elétrico, apresentou uma redução média anual de 75% na demanda máxima de potência.

No estudo de Ribeiro (2010), a duração de 46% dos banhos diários era de, em média, 5 minutos. Em 15% dos banhos diários a média foi de mais de 15 minutos. Dos aquecedores solares de baixo custo instalados, 75% ainda estavam em funcionamento após dois anos. Todos os moradores entrevistados avaliaram o ASBC como bom ou muito bom (RIBEIRO, 2010). Quanto aos misturadores, que foram pagos e escolhidos pelos moradores, houve uma insatisfação por parte dos que optaram pelo modelo em alça de alumínio (Figura 8), que tinha o menor custo. Além disso, 44% dos moradores afirmaram que a água quente demora a chegar no ponto do consumo após acionamento do registro. Das 10 unidades habitacionais, 7 reduziram o seu consumo de energia elétrica, porém algumas delas aumentaram seu consumo de água (RIBEIRO, 2010).

Figura 8 – Modelo ASBC com alça de alumínio.

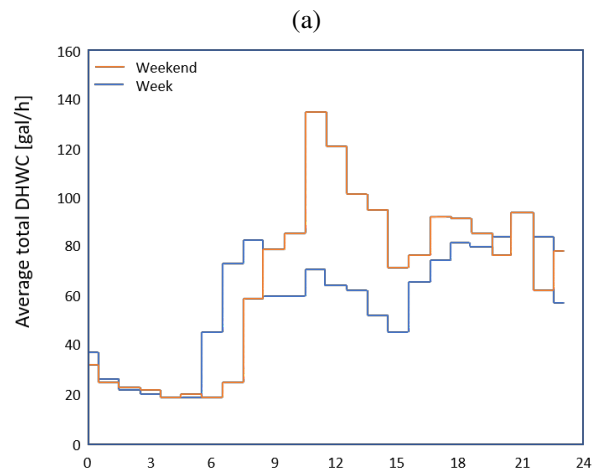


Fonte: Ribeiro (2010).

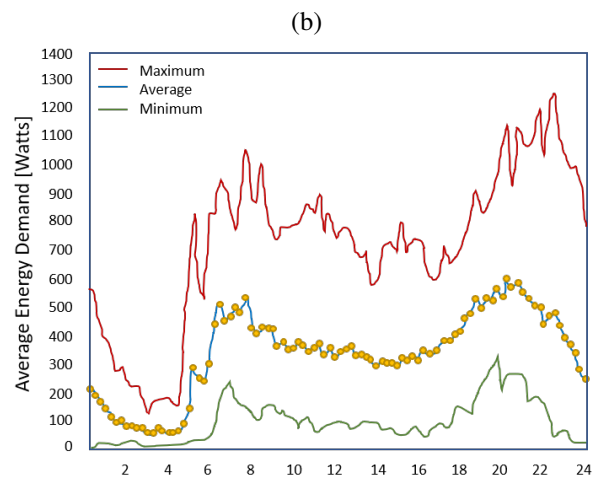
Para tipologia residencial em geral, o padrão horário de consumo de água geralmente apresenta um pico de manhã e outro à noite (FAIREY; PARKER, 2004). Fuentes, Arce e Salom (2018) afirmam que famílias de baixa renda apresentam um perfil de ocupação durante todo o dia, com picos de manhã, de noite e também espalhados durante o dia. Em diversos estudos realizados em HIS (VINE; DIAMOND; SZYDLOWSKI, 1987; PARKER; MAZZARA; SHERWIN, 1996; ROULEAU *et al.*, 2019) é possível notar claramente o pico de consumo da manhã e o da noite, conforme ilustrado na Figura 9. A Figura 9(a) ilustra também a diferença do consumo em finais de semana observada por (VINE; DIAMOND; SZYDLOWSKI, 1987), com o pico de consumo da manhã acontecendo mais tarde. Assim como Fuentes, Arce e Salom (2018), Vine, Diamond e Szydlowski (1987) observaram que o consumo de água quente em HIS se dá ao longo de todo

o dia. Com base no que os moradores entrevistados responderam, o estudo de Boscoli (2010) mostra que 48% dos moradores tomam banho entre 18h e 21h, 27% entre 06h e meio dia, 16% entre meio dia e 18h e apenas 9% entre 21h e 6h.

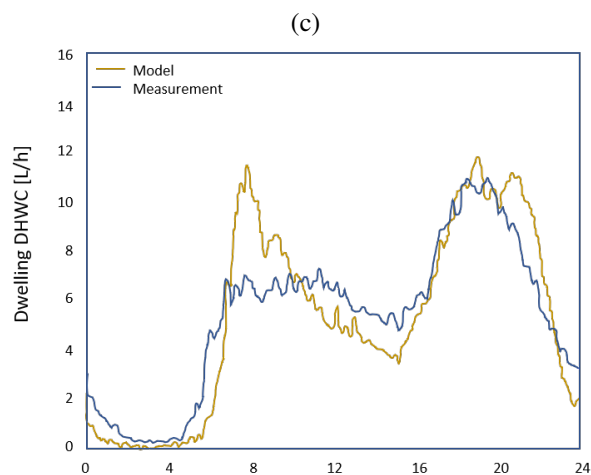
Figura 9 – Consumo horário de água quente em HIS.



Fonte: adaptado de Rouleau, Gosselin e Blanchet (2018).



Fonte: adaptado de Parker, Mazzara e Sherwin (1996).



Fonte: adaptado de Vine, Diamond e Szydlowski (1987).

Outro importante aspecto é a correta manutenção do sistema de aquecimento. Silva *et al.* (2011) observaram a ausência de manutenção periódica nas moradias analisadas, e 73% dos moradores entrevistados afirmaram que o SAS não passou por nenhuma manutenção. Os outros 27% dos entrevistados revelaram que vazamentos, entupimento da tubulação de água quente e quebra da placa de aquecimento ou do registro foram as principais causas da necessidade de manutenção no SAS, sendo que 5% dos entrevistados tiveram gastos financeiros com a manutenção realizada. Quando Ribeiro (2010) analisou as condições do ASBC dois anos após sua instalação, foi observado que metade dos moradores tiveram algum tipo de problema com o sistema, tais como furos no coletor ou problema no chuveiro elétrico. No momento da análise, 75% dos sistemas estavam funcionando, sendo que em 63% das residências o ASBC havia passado por algum tipo de manutenção. Embora a pintura do ASBC após 2 anos de uso tenha sido recomendada, esta foi feita em apenas 7% dos sistemas vistoriados.

O aspecto de economia de energia elétrica foi explorado na literatura por Boscoli (2010), Silva *et al.* (2011), Giglio (2015), Ribeiro (2010), enquanto apenas Ribeiro (2010) avaliou o efeito do SAS no consumo de água. Autores como Ribeiro (2010) e Silva *et al.* (2011) destacam a importância da conscientização sobre o SAS no aspecto não só técnico, mas também ambiental. Além disso, a manutenção do SAS também deve ser observada, ação que nem sempre acontece (RIBEIRO, 2010; SILVA *et al.*, 2011).

2.2.2 Fatores que influenciam o consumo de água quente em HIS

Esta subseção apresenta os fatores influenciadores do consumo de água quente em HIS, conforme informações disponíveis na literatura. Foram incluídos detalhes sobre modelos de previsão de consumo de água quente em HIS, uma vez que esses se baseiam em fatores influenciadores. Assim como para água fria, destaca-se a influência do comportamento dos moradores no consumo de água quente em HIS.

Vine, Diamond e Szydlowski (1987) observaram que as HIS multifamiliares avaliadas, quando comparadas às edificações residenciais unifamiliares do mesmo país e época, apresentavam um maior consumo de água. Os autores sugerem que esse resultado pode estar associado à presença de vazamentos, à medição coletiva ao invés de individual, e à não responsabilidade pelo pagamento da conta de gás para aquecimento da água, paga pelo órgão responsável pelas HIS locais. Um modelo de regressão foi elaborado a partir das entrevistas e de dados bibliográficos, e os resultados foram comparados às medições. Os consumos reais e estimados divergiram em média em 12%, com subpredições de -19% e superpredições de 12%. Os autores concluíram que informações de entrevistas podem ser utilizadas para prever o consumo de água quente e, segundo eles, a divergência resultante se devia muito mais a vazamentos subestimados no modelo do que ao comportamento dos moradores.

Oposto ao resultado de Vine, Diamond e Szydlowski (1987), Rouleau, Gosselin e Blanchet (2018) concluíram que o consumo da HIS monitorada, igual a 58,3 L/pessoa/dia, era menor do que aquele observado como média no Canadá, de 75 L/pessoa/dia. Porém, como os autores

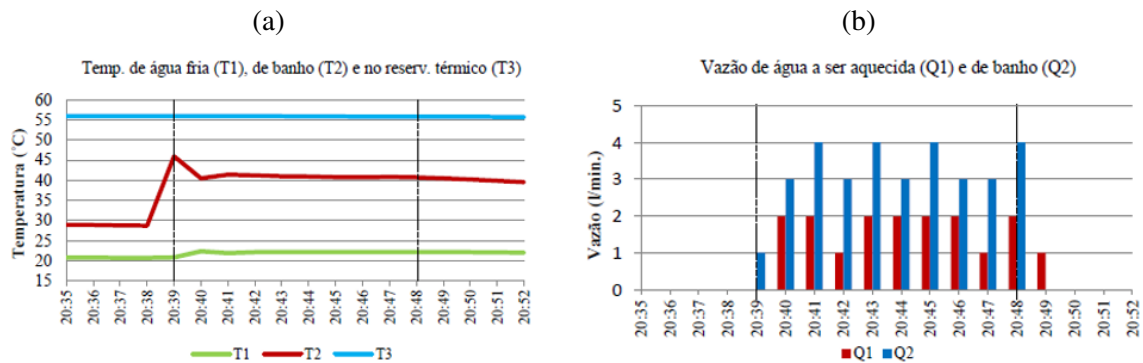
explicam, é provável que esta redução no consumo esteja atrelada à presença de equipamentos economizadores de água. Além disso, Rouleau *et al.* (2019) observaram que o número de pessoas por UH influenciava o consumo de água quente. O modelo de regressão linear ajustado por Rouleau *et al.* (2019) mostrou que o número de moradores influencia o consumo de água da UH com um coeficiente angular de 55 L/pessoa/dia. Esse valor foi considerado elevado pelos autores, que haviam simulado um coeficiente de 27 L/pessoa/dia. O estudo concluiu que a presença de crianças pequenas pode ser responsável pela diferença entre o valor do coeficiente calculado e do simulado, uma vez que crianças pequenas consomem mais água e, portanto, sua presença aumenta o valor do coeficiente (ROULEAU *et al.*, 2019).

O número de moradores por UH foi um preditor fraco para o consumo de água quente no estudo de caso feito por (ROULEAU; GOSSELIN; BLANCHET, 2018). Para Parker, Mazzara e Sherwin (1996), foi possível encontrar uma relação entre o consumo de água quente e o número de moradores da UH, mas esta última variável não foi capaz de explicar sozinha a ampla variabilidade normalmente encontrada. Parker, Mazzara e Sherwin (1996) afirmam que fatores relacionados ao comportamento e preferência dos usuários foram amplamente responsáveis pela alta variabilidade do consumo de água quente. Para Rouleau, Gosselin e Blanchet (2018), o comportamento dos usuários impacta o consumo de água quente devido a diferentes especificações de conforto.

Alguns aspectos já estudados sobre a economia de energia com SAS podem ajudar a compreender também o consumo de água quente. No estudo de Giglio e Lamberts (2016), os autores exploraram como o comportamento humano afetava a economia de energia proporcionada por SAS, como apoio para chuveiro elétrico. Giglio e Lamberts (2016) observaram que os usuários do sistema tinham dificuldade para misturar a água quente e fria de maneira a encontrar a temperatura desejada para água, o que os autores acreditam que possa ser atribuído à falta de experiência dos usuários com sistemas misturadores de água. Para Giglio (2015), a economia de energia foi reduzida principalmente pela falta de entendimento de como a tecnologia funciona e pela dificuldade para a mistura da água do banho. Na amostra observada por Giglio (2015), 63% dos entrevistados tinham dificuldade para misturar a água do banho. As Figuras 10 e 11 mostram como é o uso do SAS para usuários que, respectivamente, não têm dificuldades para misturar a água quente e a água fria e para aqueles que têm essa dificuldade. Conforme Giglio (2015), as elevadas temperaturas médias de banho no verão, apresentadas na Tabela 7, são resultado da dificuldade em misturar a água para banho.

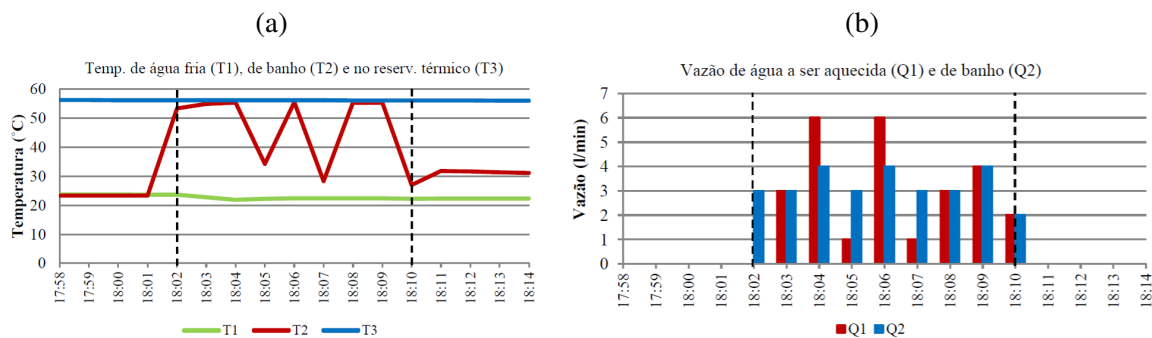
Em entrevistas realizadas em sete unidades habitacionais de interesse social no Reino Unido, todos os moradores afirmaram compreender como usar o sistema de água quente, embora um deles considerasse o uso do sistema complicado (PRETLOVE; KADE, 2016). Moore, Haines e Lilley (2015) entrevistaram locadores e locatários de seis habitações de interesse social na Inglaterra, todas elas com aquecimento de água por bombas de calor. Foi constatado que os moradores não se sentiam confiantes e capazes de controlar o sistema de aquecimento de água disponível devido à falta de informação, ficando insatisfeitos com a tecnologia e dependendo

Figura 10 – Exemplo de uso do SAS sem dificuldades para mistura da água, (a) medição de temperatura (b) medição de vazão de água.



Fonte: Giglio (2015).

Figura 11 – Exemplo de uso do SAS com dificuldades para mistura da água, (a) medição de temperatura (b) medição de vazão de água.



Fonte: Giglio (2015).

da ajuda de locadores e vizinhos para operar o sistema (MOORE; HAINES; LILLEY, 2015). No estudo de Ribeiro (2010), apenas um morador mencionou ter um pouco de dificuldade em usar o ASBC devido ao uso do *dimmer*, que controla a potência do chuveiro elétrico usado como apoio. No entanto, os demais moradores afirmam usar o ASBC sem dificuldades. É importante ressaltar que o projeto de Ribeiro (2010) contou com a participação dos moradores inclusive na conscientização da comunidade.

Ilha e Ribeiro (2012) incluíram a comunidade beneficiada no processo de construção e instalação de um SAS de baixo custo para uso em chuveiros, além de fazer um trabalho de conscientização na comunidade. O projeto foi realizado em Campinas, São Paulo, e também propunha aos participantes a condição de que, para ser contemplado com o SAS, eles deveriam se envolver no projeto participando de *workshops*. Para as autoras, o envolvimento da comunidade levou à aceitação da tecnologia e sucesso do projeto. Junto à implementação de tecnologias economizadoras, é fundamental que ocorra também a conscientização dos usuários, para que estes participem ativamente do processo e mudem seus hábitos de consumo (RIBEIRO, 2010). A conscientização é especialmente importante nos casos de edificações com SAS, pois essas podem deixar o usuário com um sentimento de que o aquecimento de água é gratuito, além de fornecerem a oportunidade de aumentar o conforto do banho ao manter uma vazão elevada sem sair da temperatura de conforto, inclusive no inverno (RIBEIRO, 2010).

O projeto BECA (do *Balanced European Conservation Approach*, que significa Método de Conservação Europeu Equilibrado, tradução nossa), oferece soluções da tecnologia da informação e comunicação para moradores de habitações sociais. Uma dessas soluções é a administração e conscientização do uso de recursos naturais, que utiliza *smart meters* como sua principal ferramenta de monitoramento. Uma análise da implementação dessa tecnologia foi feita em sete projetos pilotos, cada um em um país, sendo eles Suécia, Alemanha, República Tcheca, Bulgária, Itália e Espanha. O estudo abrangeu mais de 5 mil moradores de habitações sociais, e comparou o consumo de água e energia de um grupo sem intervenção e do grupo que recebeu os serviços (VOGT; DASHJA; KORTE, 2014).

Foram oferecidas duas categorias principais de serviço RUAS (do inglês, *Resource Awareness Systems*, Sistemas de Conscientização dos Recursos, tradução nossa) e RMS (do inglês, *Resource Management Systems*, Sistema de Gestão de Recursos, tradução nossa). O RUAS realizava medições instantâneas e as comunicava para uma central, que disponibiliza informações de consumo da residência no período e também permitia comparar com outros períodos ou com os resultados dos vizinhos. O RMS permitia à construtora da habitação ou à empresa fornecedora de energia que administrasse o consumo de maneira eficiente. Ainda foram feitos treinamentos com os moradores e com os profissionais, para garantir que pudessem operar o sistema. A implementação dos serviços ofereceu benefícios para todos os envolvidos se comparada ao grupo que não teve intervenção. A economia de água quente foi de 17% no período analisado, que foi de dois anos. Os autores afirmam que fornecer a informação necessária para que os moradores controlem seu próprio consumo reduz o risco de pobreza energética (VOGT; DASHJA; KORTE, 2014).

Não apenas a informação e educação sobre o sistema de aquecimento de água tem impacto no consumo de água quente, mas também a educação formal. No estudo de Vine, Diamond e Szydlowski (1987), realizado na cidade de São Francisco na Califórnia, a escolaridade era a única variável que influenciava o consumo de água quente ao nível de significância 0,01. Foi observado que quanto maior a escolaridade, maior o consumo de água, o que para os autores era explicado pela relação de escolaridade com renda e posse de eletrodomésticos (VINE; DIAMOND; SZYDLOWSKI, 1987). A Área Residencial Vista Bela, localizada no Paraná e composta por 2.712 casas financiadas pelo governo brasileiro, foi um projeto piloto para a instalação de SAS em habitações sociais brasileiras (GIGLIO *et al.*, 2014). O empreendimento contou com a instalação de SAS em 1.928 unidades habitacionais, sendo 1.272 em habitações unifamiliares e as 656 restantes, multifamiliares. E, em seu estudo Giglio *et al.* (2014) analisaram 200 das famílias beneficiadas. Com base em entrevistas foi observado que as pessoas com baixo nível de educação formal, muitas delas idosas, tinham dificuldade de usar o sistema (GIGLIO *et al.*, 2014). Já os entrevistados que haviam recebido maior nível de educação formal raramente declaravam ter dificuldades na mistura da água fria com a quente e no uso da tecnologia de aquecimento de água disponível de modo geral (GIGLIO *et al.*, 2014). Em sua tese, Giglio (2015) também destaca que as famílias com maior número de moradores e com a presença de

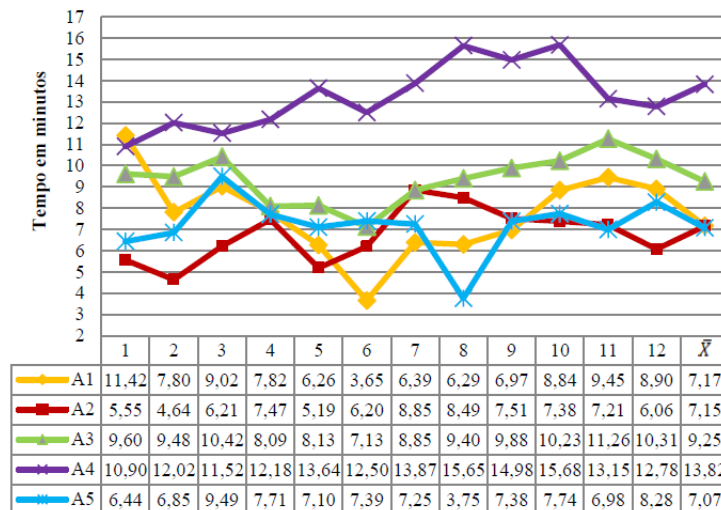
adolescente mostraram dificuldade no uso da tecnologia.

São poucos os estudos que avaliaram o efeito dos aspectos climáticos no consumo de água quente em HIS. Em uma HIS dos Estados Unidos, por exemplo, Parker, Mazzara e Sherwin (1996) atribuíram as variações sazonais observados no consumo de água quente às diferenças no padrão de uso e na temperatura de entrada da água no reservatório de água quente. Quanto ao efeito da sazonalidade no banho, no estudo de Boscoli (2010), 17% das famílias alteram o controle de potência e temperatura conforme as estações do ano e 27% afirmam tomar banhos mais frequentemente no verão.

Na análise de Giglio e Lamberts (2016) feita em Londrina, no Paraná, as temperaturas mensais do ar e da água quente, apenas usada para banho, estavam fortemente correlacionadas. Das cinco unidades habitacionais analisadas por Giglio (2015), a autora considera que duas (A5 e A4) apresentaram, respectivamente, forte e boa correlação entre a médias mensais de temperatura de banho e do ar. Outras duas unidades (A2 e A3) apresentaram, segundo a autora, correlação baixa entre estas médias, porém foram fortemente afetadas pela dificuldade de misturar a água, e em uma UH (A1), o SAS não foi utilizado nos meses frios.

Giglio (2015) calculou a economia de energia mensal utilizando a diferença do consumo de energia elétrica (em kWh) para aquecer a água do banho nos cenários com e sem SAS. Embora os sistemas analisados por Giglio (2015) fossem similares, bem como os dados de radiação solar, a autora observou grande variação na economia de energia, estando as maiores economias ligadas aos usuários com maior tempo de banho. A Figura 12 mostra o tempo médio mensal de banho para cada unidade familiar. Na Figura 12, percebe-se grande variação no tempo de banho dos usuários e também que o agrupamento 4 apresentou médias de tempo de banho muito maiores do que os demais (GIGLIO, 2015). A maioria (39%) dos moradores da HIS afirmam que seu banho dura em média 10 minutos. Sobre os demais, 29% tomam banhos de aproximadamente 5 minutos de duração, 21% tomam banhos em cerca de 15 minutos e 11% tomam banhos com duração de cerca de 20 minutos.

Figura 12 – Tempo médio mensal de banho com água quente, *per capita*.



Fonte: Giglio (2015).

De acordo com Ribeiro (2010), o tempo de banho está associado à tecnologia utilizada para aquecer a água. A autora defendeu que chuveiros elétricos apresentavam vazões geralmente baixas, e que nesses casos o consumo elevado de água era consequência do tempo de banho. Em sistemas centralizados de aquecimento, a vazão do chuveiro tende a ser maior, aumentando ainda mais o consumo de água para banho (RIBEIRO, 2010).

Aspectos relacionados ao SAS e ao meio ambiente, ao comportamento e às preferências de banho foram mencionados com frequência na literatura. É difícil concluir se HIS consomem mais ou menos água quente do que as demais, uma vez que os estudos de Vine, Diamond e Szydlowski (1987) e Rouleau, Gosselin e Blanchet (2018) chegaram a conclusões opostas que foram atribuídas principalmente a características construtivas. Vine, Diamond e Szydlowski (1987) também atribuiu o maior consumo de água à medição coletiva e à isenção do pagamento pelo consumo. A quantidade de pessoas parece influenciar no consumo de água, aumentando o consumo da UH (PARKER; MAZZARA; SHERWIN, 1996) e reduzindo o consumo *per capita* (ROULEAU; GOSSELIN; BLANCHET, 2018). O tempo de banho é associado à economia de energia (GIGLIO, 2015), à tecnologia (RIBEIRO, 2010) e à dificuldade no uso da mesma (GIGLIO, 2015). A literatura também indica que há diferenças sazonais nos hábitos de consumo (BOSCOLI, 2010), associando o consumo à temperatura média do ar (GIGLIO; LAMBERTS, 2016) e à temperatura de entrada da água (PARKER; MAZZARA; SHERWIN, 1996). Por fim, a conscientização (VOGT; DASHJA; KORTE, 2014), informação (MOORE; HAINES; LILLEY, 2015; RIBEIRO, 2010) e a educação formal (VINE; DIAMOND; SZYDLOWSKI, 1987; GIGLIO *et al.*, 2014) também podem ser determinantes no consumo de água quente. Todos os estudos realizados em HIS no Brasil consideraram o chuveiro como o único ponto de água quente.

3 MÉTODO

Este capítulo apresenta a metodologia empregada para alcance dos objetivos deste trabalho. Primeiramente, é apresentada uma seção com mais informações sobre as HIS em Joinville, que são o objeto de estudo. As seções em sequência correspondem às principais etapas do método e as descrevem detalhadamente. A etapa de revisão bibliográfica, apresentada no capítulo anterior, subsidiou o desenvolvimento de todas as demais.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

Este trabalho tem como objeto de estudo as edificações multifamiliares de interesse social em Joinville. Mais especificamente, foram analisadas edificações do PMCMV com SAS. Para fins de contextualização do trabalho e melhor discussão dos resultados, esta seção apresenta informações demográficas de Joinville, em especial no âmbito habitacional e da população de baixa renda.

Estima-se que a população de Joinville em 2020 fosse de 597.658 pessoas (IBGE, 2020b). Em 2017, a Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável (SEPUD) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estimaram que 96,6% da população joinvilense morava em área urbana (SEPUD, 2017; IBGE, 2017). Na hierarquia urbana, Joinville está na categoria logo abaixo das metrópoles, sendo classificada como uma capital regional (IBGE, 2017). Isto é, embora a cidade concentre atividades de gestão pública e empresarial, sua atratividade para moradores de outros centros urbanos para acesso a bens e serviços é de alcance limitado quando comparada a uma metrópole (IBGE, 2020a). Além das dificuldades do abastecimento de água em locais de rápida urbanização (RAMSEY; BERGLUND; GOYAL, 2017), um dos principais desafios urbanos é a questão habitacional (MONTEIRO *et al.*, 2017).

Segundo o último censo do IBGE, em 2010, famílias de baixa renda constituíam 11,41% da população joinvilense. Esta proporção é a soma do percentual (9,01%) de pessoas que tinham renda domiciliar menor do que meio salário mínimo (linha de pobreza) e do percentual (2,40%) de pessoas que tinham renda menor do que um quarto de salário mínimo (linha de extrema pobreza). Do total de crianças, 15,94% estava em situação de pobreza e 3,74% em extrema pobreza. Na época, o salário mínimo era de R\$ 510,00 (IBGE, 2010a). Quanto à distribuição da renda, o Índice de Gini, que compara em uma mesma população os 20% de maior e de menor renda (0 = sem desigualdade e 1 = desigualdade extrema) (IPEA, 2004), foi de 0,4919 (IBGE, 2010a). Joinville apresentou grande desigualdade de renda, porém menos do que o cenário nacional na época (0,6086). Adicionalmente, a razão de renda, que indica quantas vezes a renda dos 20% mais ricos da população é maior do que a dos 20% mais pobres (IBGE, 2010b), foi igual a 11,93 no último censo (IBGE, 2010a). Em 2018, o salário médio mensal dos trabalhadores formais era de 2,9 salários mínimos, sendo que 41,5% da população era considerada ocupada. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Joinville em 2010 era de 0,809 (IBGE, 2010a).

Devido à relação entre educação e renda (TAMBORINI; KIM; SAKAMOTO, 2015), é importante analisar também as informações de educação formal. Para a população com idade entre 6 e 14 anos, a taxa de escolarização (número de estudantes/número de pessoas) correspondia a 97,3% no último censo, em 2010. Da população de 18 a 24 anos, 2,39% tinham o primeiro ciclo do ensino fundamental incompleto ou nenhuma escolaridade, 6,51% tinham o primeiro ciclo do ensino fundamental completo ou o segundo incompleto, 86,85% tinham o ensino fundamental completo ou mais e os demais 4,25% não tiveram sua escolaridade determinada (IBGE, 2010a).

Ainda conforme o último censo do IBGE, a maioria dos que possuíam domicílio particular permanente na cidade de Joinville morava em casas (83,53%) ou apartamentos (15,75%) (IBGE, 2010a). Segundo a Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável da Prefeitura Municipal de Joinville (SEPUD, 2018), no ano de 2010, 89,15% das unidades domiciliares urbanas em Joinville eram próprias, e 10,22%, alugadas. (SEPUD, 2018). Até 27 de maio de 2020, um total de 17.916 pretendentes se inscreveram para programas habitacionais em Joinville. Destes, 17.311 tinham renda familiar de até 3 salários mínimos. Além disso, 860 pessoas tinham algum tipo de deficiência e 1.973 eram idosos (SEHAB, 2020). Entre 2003 e 2017, 10.695 imóveis provenientes de programas habitacionais foram entregues na cidade, incluindo os imóveis do PMCMV (SEPUD, 2018).

A Faixa I do PMCMV contempla famílias que tenham renda domiciliar de até dois salários mínimos, ou seja, essa é a faixa dedicada àqueles de menor renda. Segundo informações obtidas junto à Caixa Econômica Federal (CEF), foram entregues 2.053 unidades habitacionais da Faixa I do PMCMV em Joinville até o momento. Essas unidades habitacionais estão distribuídas em sete condomínios residenciais do programa. O SAS foi instalado em dois desses condomínios, que juntos totalizam 600 unidades habitacionais e serão estudados no presente trabalho.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Os dois únicos condomínios residenciais do PMCMV que possuem SAS e são localizados em Joinville foram analisados. Todos os apartamentos dos dois condomínios possuem medição individual de água quente e fria, separadamente. As medições são horárias e transmitidas por sistema de telemetria da Companhia Águas de Joinville (CAJ), que disponibilizou os dados de medição de consumo de água. O sistema de telemetria é composto por hidrômetros associados a uma infraestrutura de transmissão de dados, de modo que as medições de consumo *in loco* sejam transmitidas para a CAJ em tempo real e sem intervenção humana. As construtoras de cada um dos condomínios forneceram suporte para a verificação de projetos e características construtivas das edificações. Alguns dos engenheiros que participaram dos projetos dos empreendimentos responderam às dúvidas e contribuíram com informações adicionais sobre as instalações. A amostra é composta por 271 unidades habitacionais, correspondentes aos apartamentos cujos moradores aceitaram participar da pesquisa.

3.3 QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO, DE HÁBITOS E DE SATISFAÇÃO

Dada a importância do impacto das características socioeconômicas no consumo de água quente e fria (TUTIA, 2015; DIAS, 2017; FUENTES; ARCE; SALOM, 2018) e a influência do estilo de vida (MATOS *et al.*, 2018; MOSTAFAVI; GÁNDARA; HOQUE, 2018) e comportamento do usuário no consumo de água quente (WONG; MUI; ZHOU, 2017; VINE; DIAMOND; SZYDLOWSKI, 1987; FILIPPI; SIROMBO, 2019), elaborou-se um questionário (Apêndice A) acerca dos aspectos socioeconômicos, de hábitos e de satisfação com o sistema de aquecimento de água. Adicionalmente, o questionário foi revisado por funcionários da Gerência de Filial Habitação (GIHAB) da Caixa Econômica Federal (CEF) Joinville. Essa revisão retirou os questionamentos sobre condição de posse da propriedade (alugada ou própria), uma vez que as unidades habitacionais estudadas só podem ser utilizadas para finalidade residencial com condições extremamente restritas de locação (BRASIL, 2009). Além disso, as possíveis faixas salariais foram restritas àquelas atendidas pelo programa, deixando um campo aberto para caso o entrevistado quisesse atestar uma renda diferente desta. O questionário foi revisado pelo funcionário da CAJ responsável por conceder os dados de consumo e, finalmente, pelas síndicas de cada um dos condomínios residenciais.

O questionário final (Apêndice A) foi estruturado em três partes principais, aqui denominadas parte A, B e C. A primeira parte (A) abrange a identificação dos moradores de cada UH, e é composta pelas respostas às questões 1 e 2. A segunda parte (B), que trata de informações de bens e rotina, teve base nas respostas às questões de número 3 a 7. Por fim, as informações relativas ao SAS e ao chuveiro elétrico (CE) foram obtidas por meio das perguntas 10 e 11 (C). As variáveis utilizadas que foram obtidas diretamente das respostas ao questionário estão descritas na Tabela 9. Durante a aplicação do questionário, foram anotadas as observações que os moradores faziam e eram referentes ao consumo de água e/ou algum dos itens do questionário.

O questionário foi aplicado pela autora do presente trabalho e, quando possível, por um estudante de Iniciação Científica do mesmo laboratório, mediante entrevistas presenciais. A entrada nos condomínios residenciais foi possível com a ajuda das síndicas de cada um deles. As entrevistas foram feitas durante a semana nos meses de julho e agosto de 2019, entre 8h e 18h e levaram, aproximadamente, quatro semanas. Primeiramente, sinalizava-se a presença da pesquisadora à porta. Caso houvesse resposta, o tema da pesquisa era apresentado ao morador, para o qual era facultada a participação na pesquisa. Caso não houvesse resposta ou esta fosse negativa, não se faziam mais tentativas naquela UH. Alguns moradores que circulavam pelas áreas comuns condomínio residencial também foram convidados a participar da pesquisa, desde que outro morador da mesma UH ainda não o tivesse feito. Era possível ainda que o entrevistado respondesse ao questionário parcialmente, caso não soubesse alguma resposta ou não a quisesse fornecer. No momento da aplicação do questionário, caso os moradores fizessem comentários relacionados ao consumo de água ou ao sistema de aquecimento de água, tais como a presença de vazamentos ou a troca de equipamentos hidrossanitários, estes eram anotados. Os moradores que

Tabela 9 – Variáveis independentes obtidas diretamente das respostas ao questionário.

Parte	Variável	Correspondência	Valores utilizados
A	Idade ¹	Idade de cada morador	Números inteiros maiores ou iguais a 0
	Sexo ²	Sexo de cada morador	M - Homem e F - Mulher
	Escolaridade ³	Nível de educação formal recebido	EF1 - ensino fundamental I, até o quinto ano; EF - ensino fundamental II, até o nono ano; EM - ensino médio; ES - ensino superior; ET - ensino técnico.
	Situação da escolaridade ³	Situação do nível de educação formal de cada morador	I - incompleto, E - estudando e C - completo
	Trabalho ⁴	Se o morador trabalha ou não	S - trabalha e N - não trabalha
	Local de trabalho ⁴	Caso trabalhe, se trabalha em casa ou fora	F - trabalha fora e C - trabalha em casa
	Tipo de trabalho ²	Caso trabalhe, setor em que trabalha	Comércio, alimentação, fábrica ou escritório
B	Autônomo ⁴	Caso trabalhe, se trabalha como autônomo ou não	1 - trabalhador autônomo, 0 - demais casos
	Número de moradores ^{*,5}	Quantidade de pessoas que moram na UH	Números inteiros positivos
	Faixa de renda ^{*,1}	Faixa de renda total da UH, em números de salários mínimos	1 - até 1 SM, 2 - entre 1 e 2 SM, 3 - entre 2 e 3 SM, 4 - mais de 3 SM
	Carro ⁴	Se os moradores possuem carro	1 - possui carro e 0 - não
	Moto ⁴	Se os moradores possuem moto	1 - possui moto e 0 - não
	Bicicleta ⁴	Se os moradores possuem bicicleta	1 - possui bicicleta e 0 - não
	Lava roupas ⁴	Se os moradores possuem máquina de lavar roupas	1 - possui lava-roupas e 0 - não
	Café da manhã em casa ⁵	Número de pessoas que costumam tomar café da manhã em casa	Números inteiros não negativos
	Almoço em casa ⁵	Número de pessoas que costumam almoçar em casa	Números inteiros não negativos
	Café da tarde em casa ⁵	Número de pessoas que costumam tomar café da tarde em casa	Números inteiros não negativos
	Jantar em casa ⁵	Número de pessoas que costumam jantar em casa	Números inteiros não negativos
	Tempo de banho ^{*,3}	Faixa de tempo de banho média dos moradores	1 - até 5 min, 2 - entre 5 e 10 min, 3 - entre 10 e 20 min e 4 - mais que 20 min
	Utilização do SAS ^{*,4}	Declarar utilizar ou não o SAS	0 - utiliza e 1 - não utiliza
	Utilização do CE ^{*,4}	Declarar utilizar ou não o CE	0 - utiliza e 1 - não utiliza
C	Razão para não utilizar o SAS ²	Razão pela qual não utiliza o SAS	1 - não aquece a água o suficiente; 2 - não sei utilizar; 3 - não sabia da possibilidade; 4 - não vejo vantagem; 5 - não funciona ou estragou; 6 - hábito; 7 - esquentava muito.
	Conforto do CE ^{*,4}	Considerar que o banho com CE é confortável	0 - não é confortável, 1 - é confortável
	CE funciona bem ^{*,4}	Considerar bom o funcionamento do CE	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre
	CE aumenta a fatura de energia elétrica ^{*,4}	Acreditar que o CE aumenta os gastos com energia elétrica	0 - não gasta muito e 1 - gasta muito
	SAS reduz a fatura de energia ^{*,4}	Acreditar que o SAS reduz os gastos com energia elétrica	1 - sim e 0 - não
	Meio ambiente - SAS ^{*,4}	Acreditar que o SAS é bom para o meio ambiente	1 - sim e 0 - não
	Complementa o SAS com CE ³	Complementar o aquecimento do SAS utilizando o CE	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre
	Abre pouco o CE ^{*,3}	Abrir pouco o registro do CE	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre
	Abre todo o CE ^{*,3}	Abrir todo o registro do CE	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre
	Queda de energia CE ^{*,3}	Ter problemas de queda de energia ao usar o CE	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre
	Temperatura ideal CE ^{*,3}	Considerar ideal a temperatura de água utilizando CE	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre
	Pressão ideal CE ^{*,3}	Considerar ideal a pressão de água utilizando CE	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre
	Conforto do SAS ^{*,4}	Considerar que o banho com SAS é confortável	0 - não é confortável e 1 - é confortável
	SAS funciona bem ^{*,3}	Considerar bom o funcionamento do SAS	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre
	Abre pouco o SAS ^{*,3}	Abrir pouco o registro do SAS	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre
	Abre todo o SAS ^{*,3}	Abrir todo o registro do SAS	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre
	Temperatura ideal SAS ^{*,3}	Considerar ideal a temperatura de água utilizando SAS	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre
	Pressão ideal SAS ^{*,3}	Considerar ideal a pressão de água utilizando SAS	0 - nunca, 1 - às vezes, 2 - sempre

* = variável empregada diretamente nas análises.

¹ = variável numérica contínua.² = variável categórica nominal.³ = variável categórica ordinal.⁴ = variável binária.⁵ = variável numérica discreta.

aceitaram responder ao questionário foram convidados a assinar um termo de consentimento para obtenção de suas informações de consumo de água e energia junto às concessionárias. O presente trabalho faz parte do projeto de pesquisa “Investigação de fatores relacionados ao consumo de água no ambiente construído”, aprovado no Comitê de Ética da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAAE 14122819.4.0000.0118). No total, 271 moradores responderam ao questionário.

A principal fonte de variáveis foi o questionário, sendo que a partir deste foram construídas novas variáveis, as quais foram consideradas relevantes para o estudo. Durante o desenvolvimento do trabalho, informações obtidas pelo questionário, com a CAJ e nas próprias medições possibilitaram a criação de novas variáveis independentes. Particularmente, as observações feitas durante a aplicação do questionário geraram diversas outras variáveis e também serviram para complementar a análise de modo qualitativo. A Tabela 10 apresenta as variáveis complementares, obtidas com base nas variáveis independentes já apresentadas ou por meio de outros agentes envolvidos no levantamento de dados.

A presença de crianças e adolescentes, por exemplo, foi identificada como um fator que aumenta o consumo de água quente no estudo de revisão de Fuentes, Arce e Salom (2018). Em função disso, foram criadas novas variáveis a partir da variável idade, de modo a classificar as diferentes faixas etárias. Foram consideradas as seguintes classificações quanto à idade dos moradores:

- (i) criança: pessoa com até 12 anos de idade incompletos (BRASIL, 1990);
- (ii) adolescentes: pessoa com idade entre 12 e 18 anos (BRASIL, 1990);
- (iii) adultos: pessoa com idade entre 18 e 60 anos;
- (iv) idosos: pessoa com idade igual ou maior do que 60 anos (BRASIL, 2003).

Assim, originaram-se as variáveis presença de criança, presença de adolescente, presença de adulto e presença de idoso. O valor 0 foi atribuído à ausência e 1, à presença. Também foram considerados o percentual de crianças, adolescentes, adultos e idosos, com base na soma da quantidade de moradores em cada uma dessas categorias dividida pelo número total de moradores na UH.

Foram geradas variáveis de presença e percentual de moradores de cada um dos sexos (homem ou mulher). Procurou-se identificar unidades habitacionais com 100% de ocupação por mulheres, 100% de ocupação por homens e mistas (com moradores dos dois sexos), criando assim a variável grupos de ocupação. As respostas ao questionário permitiram ainda criar variáveis referentes à presença e percentual de estudantes e trabalhadores. Elaboraram-se também variáveis referentes à educação dos moradores e dos adultos. Conforme os níveis de educação mais ocorrentes, optou-se por transformar as variáveis de faixa de educação em binárias, sendo que seus valores indicam possuir ou não morador (ou morador adulto) com ensino médio (completo, incompleto ou cursando). A variável de educação dos adultos foi transformada a fim de obter

Tabela 10 – Variáveis independentes.

Variável	Correspondência	Valores utilizados
Presença de estudantes ⁴	Presença de um ou mais moradores estudantes	0 - ausente; 1 - presente
Presença de trabalhadores ⁴	Presença de um ou mais moradores que trabalhem	0 - ausente; 1 - presente
Presença de idosos ⁴	Presença de um ou mais moradores idosos	0 - ausente; 1 - presente
Presença de adultos ⁴	Presença de um ou mais moradores adultos	0 - ausente; 1 - presente
Presença de adolescentes ⁴	Presença de um ou mais moradores adolescentes	0 - ausente; 1 - presente
Presença de crianças ⁴	Presença de um ou mais moradores crianças	0 - ausente; 1 - presente
Percentual de idosos ¹	Percentual de moradores idosos (em relação ao total de moradores)	Valores de 0 a 1 (0 - nenhum, 1 - todos)
Percentual de adultos ¹	Percentual de adultos (em relação ao total de moradores)	Valores de 0 a 1 (0 - nenhum, 1 - todos)
Percentual de adolescentes ¹	Percentual de adolescentes (em relação ao total de moradores)	Valores de 0 a 1 (0 - nenhum, 1 - todos)
Percentual de crianças ¹	Percentual de crianças (em relação ao total de moradores)	Valores de 0 a 1 (0 - nenhum, 1 - todos)
Percentual de adultos que trabalham	Percentual de moradores adultos que trabalham	Valores de 0 a 1 (0 - nenhum, 1 - todos)
Presença de morador com ensino médio	Presença de morador que ao menos começou a cursar o ensino médio	0 - ausente; 1 - presente
Presença de adulto com ensino médio	Presença de morador adulto que ao menos começou a cursar o ensino médio	0 - ausente; 1 - presente
Trabalhar em casa ⁴	Presença de morador que trabalhe em casa	0 - ausente; 1 - presente
Presença de mulheres ⁴	Presença de moradora mulher	0 - ausente; 1 - presente
SAS não aquece o suficiente ⁴	Razão para não utilização do SAS	1 - declarar; 0 - outros
Não saber usar o SAS ⁴	Razão para não utilização do SAS	1 - não saber usar o SAS; 0 - outros
Não ter conhecimento do SAS ⁴	Razão para não utilização do SAS	1 - não ter conhecimento do SAS; 0 - outros
Não ver vantagem em usar o SAS ⁴	Razão para não utilização do SAS	1 - não ver vantagem em usar o SAS; 0 - outros
SAS estragou/não funciona ⁴	Razão para não utilização do SAS	1 - SAS não funciona; 0 - outros
Não usa o SAS por hábito ⁴	Razão para não utilização do SAS	1 - não usa SAS por hábito; 0 - outros
SAS aquece demais a água ⁴	Razão para não utilização do SAS	1 - achar que o SAS aquece demais a água; 0 - outros
Troca do CE pelo da CELESC ⁴	Ter trocado o chuveiro elétrico pelo chuveiro eficiente da CELESC	1 - ter trocado o CE pelo da CELESC; 0 - outros
Presença de vazamentos ⁴	Menção espontânea à presença de vazamentos	1 - mencionar vazamentos; 0 - outros
Estação ⁴	Menção espontânea aos efeitos da estação no funcionamento do SAS	1 - mencionar estações; 0 - outros
Clima ⁴	Menção espontânea aos efeitos do clima no funcionamento do SAS	1 - mencionar clima; 0 - outros
Clima e estação ⁴	Menção espontânea aos efeitos do clima e estações no funcionamento do SAS	1 - mencionar clima e estação; 0 - outros
Troca do CE ⁴	Menção espontânea à troca do chuveiro elétrico original da habitação	1 - mencionar troca do chuveiro elétrico; 0 - outros
Andar ⁵	Andar/pavimento do apartamento na edificação	1 a 5, conforme os pavimentos da edificação
Condomínio residencial ⁴	Condomínio ao qual pertence o apartamento	0 - Condomínio B; 1 - Condomínio A
Renda <i>per capita</i> ⁴	Faixa de renda <i>per capita</i>	0 - menor que 1 SM/pessoa; 1 - maior que 1 SM/pessoa
Grupos de ocupação	Classificação das UHs conforme o grupo de moradores	0 - apenas homens; 1 - apenas mulheres; 2 - ambos os sexos.
Não utilizar o SAS	Possuir todas as medições de água quente próximas ou iguais a zero	0 - utiliza o SAS; 1 - não utiliza o SAS

¹ = variável numérica contínua.

² = variável binária.

⁵ = variável numérica discreta.

o percentual de adultos na UH que havia ao menos começado o ensino médio. A partir das informações de trabalho dos moradores, criou-se a variável trabalho de casa (*home office*), que não foi usada por representar uma parcela muito pequena da amostra. A faixa de renda total da UH foi dividida pela quantidade de pessoas, de modo a obter grupos de renda que foram organizados em UHs com renda menor ou maior que 1 salário mínimo por pessoa.

As razões para não utilizar o SAS, sempre ou às vezes, foram decompostas em variáveis binárias. Assim, cada uma das razões se tornou uma nova variável. As observações feitas em relação ao sistema de água e ao SAS também foram utilizadas para constituir novas variáveis. A presença de vazamentos, comumente mencionada na literatura (VINE; DIAMOND; SZYDLOWSKI, 1987; YWASHIMA *et al.*, 2006) foi incluída como uma variável binária, sendo igual a 1 para apartamentos nos quais o morador manifestou espontaneamente ter problemas com vazamento de água. Durante a aplicação do questionário, a concessionária de energia local, Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (CELESC), estava instalando chuveiros com trocadores de calor nos apartamentos, referentes ao projeto de eficiência energética "Sou Legal Tô Ligado" da companhia (CELESC, 2019). Foi criada uma variável referente à troca do chuveiro elétrico pelo da CELESC, que possuía redutor de vazão. Para apartamentos que apenas mencionaram troca do chuveiro elétrico, sem especificar qual o novo equipamento, também foi constituída uma nova variável. Em alguns apartamentos os entrevistados declararam espontaneamente que o funcionamento do SAS dependia do clima e ou da estação, e conforme estas observações foram criadas novas variáveis.

Por fim, pela própria identificação do apartamento, foram criadas as variáveis andar e condomínio. A variável andar refere-se ao pavimento no qual o apartamento está instalado, sendo 1, o menor e 5, o maior. A variável condomínio residencial refere-se a qual condomínio o apartamento pertence.

Adicionalmente, foi construída uma variável exclusivamente para análise do consumo de água total referente a efetivamente utilizar ou não o SAS, informação obtida com base nas medições. Isso foi feito porque os dados de medição mostraram que muitas vezes as pessoas que declararam utilizar o SAS não o utilizavam, e vice-versa.

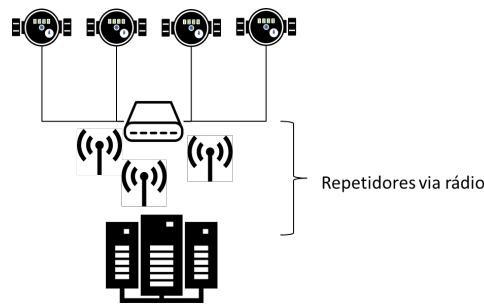
3.4 COLETA DE DADOS DE CONSUMO DE ÁGUA QUENTE E ÁGUA FRIA

A CAJ forneceu os dados de leitura do consumo de água nas habitações em questão, no período de 01 de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2019. As medições de consumo de água da CAJ foram obtidas por telemetria. O sistema de telemetria (Figura 13) realizava medições de consumo por meio de medidores individuais de água quente e medidores individuais de água fria, ambos conectados a um concentrador de dados localizado na edificação. O concentrador de dados, por sua vez, passava a informação ao banco de dados da CAJ utilizando repetidores via rádio estrategicamente dispostos pela cidade de Joinville. Esses dados eram coletados, em teoria, a cada uma hora. Porém, devido às características do sistema e da localidade, tais como o

comunicação via rádio e o clima, os dados eram registrados em intervalos irregulares.

Os dados recebidos estavam organizados em planilhas mensais para cada condomínio residencial. Cada planilha continha uma quantidade variável de medições para cada UH, e cada medição continha informações do consumo cumulativo registrado pelo hidrômetro (em m³), da identificação do apartamento, da data e horário da leitura.

Figura 13 – Sistema de telemetria da CAJ.



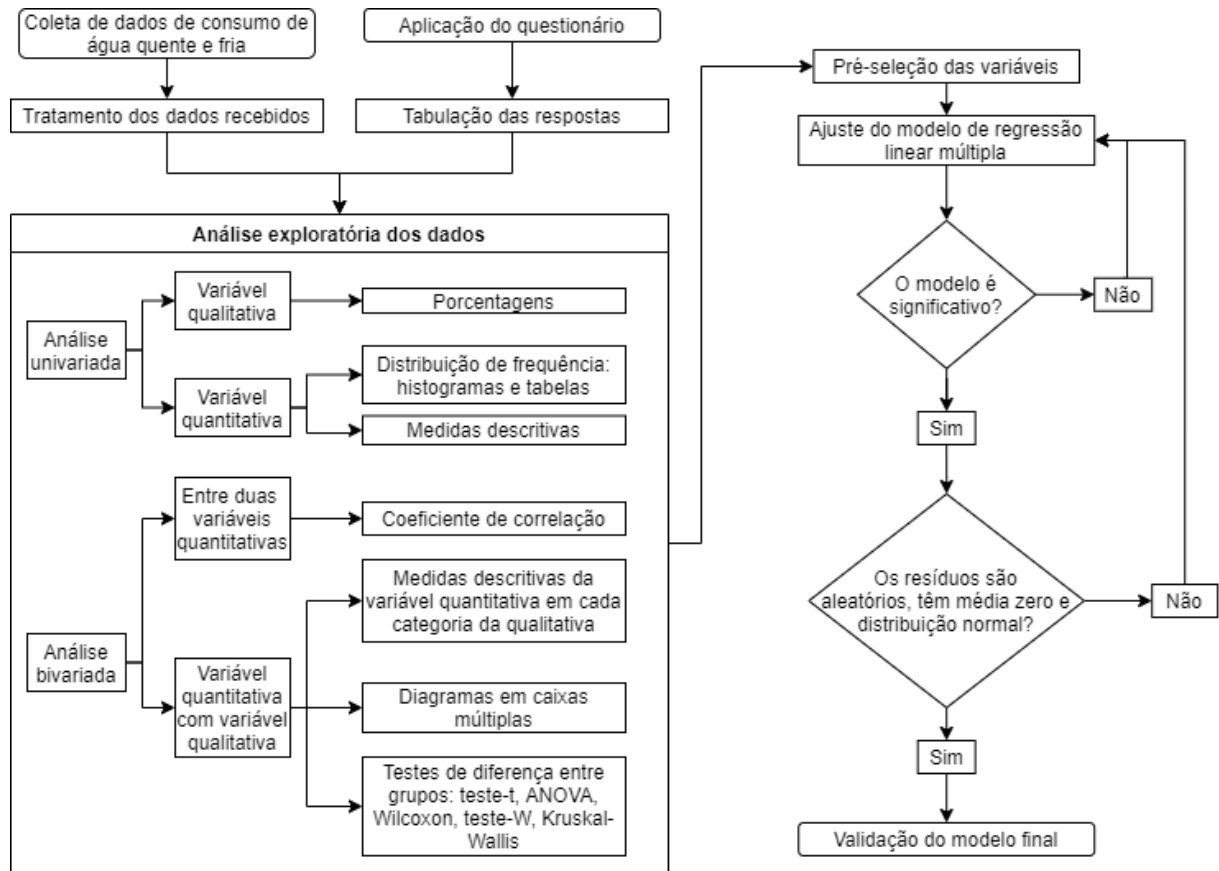
As leituras de consumo de água são cumulativas. Portanto, foram selecionadas todas as últimas leituras de cada dia e, com a subtração da última leitura, foi obtido o consumo diário de água fria e quente por UH. Portanto, a partir das medições cumulativas de 730 dias, foram obtidos dados de consumo diário de 729 dias. Os zeros e valores menores que 1 L/pessoa/dia foram removidos. As medições que não estavam entre 5% e 95% dos valores foram desconsideradas a fim de evitar erros associados a *outliers* (observações espúrias) (LI *et al.*, 2015; LIAO; LI; BROOKS, 2016). Adicionalmente, alguns apartamentos foram removidos da análise após uma verificação caso a caso. As razões para remoção consistiram em o hidrômetro apresentar valores de menos de 15 medições não nulas ou mais de 50% das medições iguais a um. O consumo total de água, por sua vez, foi obtido com base nos dados de água quente e fria. Para obter o consumo *per capita*, dividiu-se o valor de consumo pela quantidade de pessoas no apartamento, conhecida por meio das respostas ao questionário. Todo o tratamento e a análise de dados foram feitos utilizando a linguagem e software R (R Core Team, 2020).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O fluxo da análise estatística realizada está apresentado na Figura 14. Os dados foram explorados a fim de caracterizar a população estudada quanto ao consumo de água e seus fatores influenciadores. Ao final, foram elaborados modelo de regressão linear múltipla que explicassem os consumos *per capita* de água. As variáveis dependentes do presente estudo são os consumos diários *per capita* de água quente, fria e total. Todas as demais são variáveis independentes, úteis na caracterização das HIS analisadas e/ou na definição de fatores influenciadores dos consumos de água.

Primeiramente, realizou-se uma análise exploratória de dados a fim de examiná-los antes da aplicação de qualquer técnica estatística inferencial (NASCIMENTO, 2018). A análise exploratória foi realizada com a ajuda de gráficos, tabelas e medidas (BARBETTA; REIS; BORNIA,

Figura 14 – Fluxograma da análise estatística.



2010), possibilitando obter um conhecimento geral sobre os dados, conduzir questionamentos sobre eles e buscar por respostas (CUI *et al.*, 2019). O uso da estatística descritiva permitiu que os dados fossem organizados e resumidos (BARBETTA; REIS; BORNIA, 2010). O consumo médio e as medidas de variância, que geralmente são usados para apresentar o consumo diário de água (SANTIAGO; RODRIGUEZ-VILLALÓN; SICRE, 2017), bem como medidas de desvio padrão, foram estudados.

Para as variáveis qualitativas, a análise exploratória consiste basicamente em distribuições de frequência e porcentagens (BARBETTA; REIS; BORNIA, 2010). As variáveis quantitativas, por outro lado, permitem uma análise da distribuição (tendência central, dispersão, assimetria e curtose) também por meio do emprego de medidas descritivas (média, amplitude, desvio padrão, mediana, quartis e extremos) (BARBETTA; REIS; BORNIA, 2010). Complementarmente, os *boxplots*, ou *box and whisker plots*, são ferramentas úteis para apresentar informações estatísticas importantes sobre os dados e identificar *outliers* (observações atípicas da amostra). Qualquer ponto fora da caixa e das linhas que compõem o gráfico é considerado um *outlier*. Dados afastados do fim da caixa em uma distância maior que 3 interquartis são considerados *outliers* extremos (MONTGOMERY; RUNGER, 2014). O consumo de água também foi avaliado quanto à sua distribuição no tempo. Este aspecto foi observado através de análises exploratórias do consumo em períodos de tempo como meses e estações. Além disso, avaliaram-se as correlações das médias de consumo de água com a temperatura média e a radiação média em Joinville. Para

isso, foram obtidos dados de medição climática do mesmo período de tempo (2018 e 2019) referentes às medições do aeroporto de Joinville na plataforma meteorológica RP5 (LTD, 2020).

A hipótese de que os dados apresentam distribuição normal é essencial para diversas análises estatísticas (YAZICI; YOLACAN, 2007; ISLAM, 2019). Uttley (2019) considera uma boa prática verificar de modo criterioso as suposições de normalidade e variância antes da realização de testes paramétricos e, em análises de regressão, ressalta a importância de os resíduos apresentarem distribuição normal. Portanto, faz-se necessária uma análise detalhada desta hipótese para evitar inferências falsas (ISLAM, 2019). É recomendado verificar a normalidade dos dados por meio das estatísticas descritivas, inspeção visual de representações gráficas da amostra e testes de normalidade (UTTLEY, 2019).

O teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) é um teste de normalidade bastante difundido (UTTLEY, 2019). Ele pode ser calculado computacionalmente para amostras de até cinco mil dados (ROYSTON, 1995), mas é frequentemente recomendado apenas para amostras menores que 50, limite das amostras utilizadas no desenvolvimento do teste (SHAPIRO; WILK, 1965; UTTLEY, 2019). Por outro lado, quanto maior o tamanho da amostra, melhor o desempenho do teste de normalidade de Jarque-Bera (JB) (ISLAM, 2019). O teste JB é o mais recomendado para amostras grandes ou com distribuição log-normal (YAZICI; YOLACAN, 2007). De modo complementar, o gráfico Quantil a Quantil (Q-Q) permite verificar visualmente se os dados são normalmente distribuídos, caso em que os valores do eixo das abscissas são iguais aos do eixo das ordenadas (DODGE, 2008).

3.5.1 Análise de correlações

A correlação é uma medida da relação entre duas variáveis aleatórias, usada para descrever como elas variam juntas (MONTGOMERY; RUNGER, 2014). Shevlyakov e Oja (2016) descrevem correlação como uma relação estatística, e não determinística, de observações feitas em um mesmo momento para variáveis diferentes. Ou seja, é uma medida numérica que verifica a associação entre duas variáveis sem implicar, necessariamente, em uma relação de causa e efeito (BARBETTA; REIS; BORNIA, 2010). O resultado da correlação é um valor adimensional entre -1 e 1, que permite interpretar se a relação entre as variáveis é negativa, positiva ou inexistente (0) (MONTGOMERY; RUNGER, 2014). Uma correlação positiva entre duas variáveis X e Y significa que elas são diretamente proporcionais, ou seja, um elemento com um alto valor de X tenderá a ter um alto valor de Y enquanto um elemento com um baixo valor de X tenderá a ter um baixo valor de Y , e vice-versa (BARBETTA; REIS; BORNIA, 2010). Por sua vez, uma correlação negativa significa que as variáveis são inversamente proporcionais entre si. Uma correlação inexistente indica que não há uma tendência nos valores de Y associados aos valores de X , isto é, em um gráfico de dispersão não seria possível notar um padrão entre as duas variáveis.

Uma maneira de verificar as relações é por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r), que analisa a relação linear entre duas variáveis (MONTGOMERY; RUNGER, 2014). Propõe-

se o uso desse coeficiente para avaliar as correlações entre variáveis numéricas com distribuição normal e linear (critérios frequentemente associados) e também com as variáveis categóricas dicotômicas, caso em que a correlação também é conhecida como ponto bisserial (GRAVETTER; WALLNAU, 2009). Para as variáveis numéricas que não atendam à suposição de normalidade e linearidade, bem como para aquelas de escala ordinal, propõe-se o uso do coeficiente de Kendall (τ) (PUTH; NEUHÄUSER; RUXTON, 2015). Os métodos não paramétricos, tais como o coeficiente de Kendall, são usados para distribuições que não apresentam distribuição normal e, portanto, seria indevido descrevê-las apenas com parâmetros de média e desvio padrão (CHIN; LEE, 2008). Na prática, a diferença entre testes paramétricos (*e.g.* Pearson) e não paramétricos (*e.g.* Kendall) é que eles se baseiam em localizações estatísticas diferentes, que se resumem, respectivamente, à média e à mediana.

Antes de escolher qual coeficiente de correlação será utilizado, é necessário verificar não apenas a normalidade mas também a linearidade dos dados. Uma variável com distribuição normal será obrigatoriamente linear, embora conforme o tamanho da amostra aumenta, maior é a tendência de que uma distribuição normal também seja linear (MONTGOMERY; RUNGER, 2014). No caso de não normalidade ou, mais importantemente, não linearidade dos dados de consumo de água analisados, propõe-se o uso de algum tipo de transformação matemática. Os trabalhos de Dias, Kalbusch e Henning (2018) e Cruz *et al.* (2017), por exemplo, utilizaram transformação logarítmica nos dados de consumo de água. Nos casos em que é possível obter dados lineares por meio de transformação logarítmica, é possível empregar o coeficiente de Pearson.

A análise de correlações muitas vezes é uma etapa intermediária da pesquisa (BARBETTA; REIS; BORNIA, 2010). No presente trabalho, o resultado das correlações foi empregado na pré seleção de variáveis para o modelo de regressão linear. Assim, identificaram-se quais variáveis independentes apresentam e quais não apresentam correlação com cada uma das variáveis dependentes (consumos *per capita* de água quente, fria e total). Logo, também foi possível descartar variáveis independentes que não apresentavam nenhum tipo de associação linear com as variáveis dependentes.

3.5.2 Comparação entre grupos

É comum questionar se existe diferença entre grupos aleatórios dentro de uma amostra. Pode ser útil verificar se há diferença no consumo de água entre grupos que apresentaram características distintas. Esse tipo de análise é feita, portanto, em casos em que uma variável é quantitativa e outra, qualitativa. Assim, as variáveis categóricas podem ser utilizadas para separar uma amostra em um ou mais grupos (dependendo do número de categorias), *e.g.* unidades habitacionais com e sem crianças. Uma vez definidos os grupos, testes estatísticos podem ser empregados para verificar se existe diferença significativa entre eles quanto à variável quantitativa analisada, *e.g.* consumo de água *per capita*.

Testes de hipóteses, tais como o teste-t de Student, tem a finalidade de verificar se há

diferença entre as médias de dois grupos distintos (HAZRA; GOGTAY, 2016). Por se tratar de um teste paramétrico, o teste-t de Student deve ser empregado em amostras que atendam os requisitos de serem numéricas, e que dentro das categorias estejam normalmente distribuídas com a mesma variância (HAZRA; GOGTAY, 2016). Caso o critério de homogeneidade da variância não seja atendido, pode-se utilizar a aproximação de Welch antes de utilizar o teste-t (DELACRE *et al.*, 2019; DELACRE; LAKENS; LEYS, 2017). Caso o critério da normalidade não seja atendido, o teste de Wilcoxon pode apresentar resultados melhores (MONTGOMERY; RUNGER, 2014).

Para comparação entre mais de dois grupos, a Análise de Variância (ANOVA, do inglês *ANalysis Of VAriance*) pode ser utilizada (PAGANO, 2009). A ANOVA exige os mesmos requisitos do teste-t por também se tratar de um teste paramétrico (HAZRA; GOGTAY, 2016), e também é sensível a *outliers* extremos (POLLET; MEIJ, 2017). Para os casos nos quais a condição de homogeneidade da variância entre os grupos não é atendida, recomenda-se utilizar o teste ANOVA de Welch (teste-W, não paramétrico) (DELACRE *et al.*, 2019). O teste de Kruskal-Wallis não assume condições de normalidade nem de homogeneidade da variância dos grupos, podendo ser usado quando uma ou ambas condições não forem atendidas (PAGANO, 2009).

O teste ANOVA responde apenas se há diferença entre os grupos analisados, porém ele não apresenta entre quais grupos há diferença significativa (HAZRA; GOGTAY, 2016). Por exemplo, em um caso de ANOVA para uma variável independente com três categorias, o teste poderá provar que há diferença entre as categorias, mas talvez apenas dois grupos sejam significativamente diferentes e não se sabe quais são eles. Para encontrar a resposta de quais são os grupos que diferem entre si, é necessário usar um teste do tipo *post hoc*, sendo que os testes de Tukey (conhecido como HSD, do inglês *Honestly Significant Difference*) e de Newman-Keuls são os mais usados.

3.5.3 Modelo de regressão linear múltipla

A relação entre variáveis está presente em diversos problemas de engenharia e ciência. Quando uma ou mais variáveis formam um modelo que descreve o comportamento da variável dependente de forma perfeita, a relação existente é determinística. Frequentemente, no entanto, uma variável pode estar relacionada à outra de maneira aproximada, não determinística. Estatisticamente, é possível explorar essas relações não determinísticas entre variáveis com o emprego de regressão linear (MONTGOMERY; RUNGER, 2014).

James *et al.* (2013) definem regressão linear como uma ferramenta para predição de uma resposta quantitativa. Um modelo de regressão linear descreve a relação de uma variável resposta e uma ou mais variáveis regressoras, sendo tipicamente ajustado conforme o Método dos Mínimos Quadrados (JAMES *et al.*, 2013). A forma padrão de um modelo de regressão

linear múltipla, isso é, com mais de uma variável, tem a forma da Equação (1):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (1)$$

em que Y é a variável dependente, β_j , $j = 0, 1, \dots, k$, são os coeficientes de regressão, x_j , $j = 0, 1, \dots, k$, são as variáveis dependentes (regressoras) respectivas (MONTGOMERY; RUNGER, 2014).

Muitos casos de regressão múltipla envolvem dependências entre as variáveis regressoras e, quando essas dependências são fortes, diz-se que há multicolinearidade (MONTGOMERY; RUNGER, 2014). Um modelo com multicolinearidade apresenta coeficientes de regressão bastante imprecisos (MONTGOMERY; RUNGER, 2014). Uma forma de avaliar a presença de multicolinearidade é a estatística VIF (*Variance Inflation Factor*). Sempre que VIF for maior do que 1 (MONTGOMERY; RUNGER, 2014), que é o valor mínimo (JAMES *et al.*, 2013), há multicolinearidade. No entanto, são considerados problemáticos apenas os valores de VIF maiores do que 5 ou 10 (JAMES *et al.*, 2013). Quando a multicolinearidade é encontrada, pode-se dispensar a variável problemática, uma vez que ela já está representada pelas demais, ou combinar as variáveis colineares em uma nova variável regressora única (JAMES *et al.*, 2013).

3.5.3.1 *Análise de resíduos*

Resíduos são as diferenças entre os valores ajustados pelo modelo e as observações reais. Para que um modelo seja considerado adequado, os resíduos do modelo devem apresentar distribuição normal com variância constante, ter média zero e ser independentes (MONTGOMERY; RUNGER, 2014).

Conforme mencionado na seção principal 3.5, o teste de Shapiro-Wilk será usado para determinar se um conjunto de dados está distribuído normalmente, podendo ser usado para análise da distribuição dos resíduos. A homoscedasticidade dos resíduos será avaliada pelo teste de Breusch-Pagan (BREUSCH; PAGAN, 1979). Para testar a independência dos resíduos, o teste de Durbin-Watson será empregado (DURBIN; WATSON, 1950; DURBIN; WATSON, 1951). Além disso, uma análise gráfica dos resíduos será usada para auxiliar na identificação de padrões que possam indicar alguma irregularidade no modelo (MONTGOMERY; RUNGER, 2014).

3.5.3.2 *Seleção automática de variáveis*

Embora os modelos de regressão linear apresentem bom desempenho, assim como os modelos não lineares, eles podem ser melhorados em termos de acurácia da predição e interpretabilidade quando ajustados por outro método que não o dos Mínimos Quadrados. Uma das maneiras de aprimorar um modelo é por meio de seleção de um subconjunto de variáveis regressoras que esteja mais relacionado com a variável resposta (JAMES *et al.*, 2013).

Métodos propositais ou automáticos de seleção de variáveis podem ser empregados com a finalidade de aprimorar um modelo de regressão linear múltipla. Métodos de seleção propositais

permitem que o conhecimento prévio sobre o assunto seja incorporado à ciência estatística. Por outro lado, os métodos de seleção automáticos podem ser empregados computacionalmente por meio de pacotes estatísticos. Dentre outros métodos de seleção automáticos estão o *stepwise* e o de todas as regressões possíveis (*all-possible regression*) (ZHANG, 2016).

O método *stepwise* constrói modelos de regressão linear selecionando e adicionando ou removendo variáveis regressoras gradativamente até obter modelo mais adequado de acordo com o critério escolhido - que pode ser *Akaike Information Criterion* (AIC), *Bayesian Information Criterion* (BIC), Cp de Mallow, R^2 ajustado ou outros (ZHANG, 2016). Ao interpretar o resultado de um modelo escolhido por *stepwise* não se deve assumir que o melhor modelo foi encontrado, uma vez que o método não fornece essa garantia e que, normalmente, mais de um modelo de regressão podem ser igualmente bons (MONTGOMERY; RUNGER, 2014). O pacote MASS (RIPLEY *et al.*, 2020) do *software* R (R Core Team, 2020) inclui uma função projetada para aplicar o método *stepwise* com critério AIC.

O método de todas as regressões possíveis testa todas as possíveis combinações (2^p , em que p é o número de variáveis regressoras) para obter o melhor subconjunto de variáveis regressoras (ZHANG, 2016). Diferentemente de modelos feitos com *stepwise*, o modelo definido utilizando todas as regressões possíveis pode ser considerado o melhor de acordo com o parâmetro escolhido. Além disso, esse método não é prejudicado caso exista dependência entre as variáveis regressoras (MONTGOMERY; RUNGER, 2014). O pacote *Leaps* (LUMLEY, 2020), disponível para instalação no *software* R (R Core Team, 2020), possui funções que testam todas as regressões possíveis e retornam qual o melhor modelo de cada tamanho, evitando assim que haja penalizações no modelo relacionadas ao número de variáveis regressoras indiferente do parâmetro escolhido (AIC, BIC, ou outros) (LUMLEY, 2020). Ou seja, o pacote *Leaps* permite identificar qual o melhor tamanho de modelo (número de variáveis regressoras) de acordo com o parâmetro de escolha do analista.

Além dos parâmetros como AIC, BIC, R^2 ajustado e Cp de Mallow, estratégias de validação cruzada (*cross-validation*) e conjunto de validação (*validation set*) também podem ser usadas para seleção do melhor tamanho de modelo (JAMES *et al.*, 2013). Segundo os autores, essas técnicas funcionam de forma similar: utilizando um conjunto de dados para treino (elaboração do modelo) e outro para teste (validação do modelo). A estratégia de validação cruzada divide a amostra em k grupos, e iterativamente faz modelos com $k - 1$ conjuntos de dados com o método de todas as regressões possíveis e os testa no conjunto de dados que não foi utilizado para elaborar o modelo para cada tamanho de modelo (JAMES *et al.*, 2013). A escolha do melhor número de variáveis é feita observando qual o modelo com menor Erro Quadrático Médio (EQM) (JAMES *et al.*, 2013). Definido o número de variáveis a ser utilizado, verifica-se quais são as variáveis regressoras e seus coeficientes para a amostra completa segundo o método de todas as regressões possíveis (JAMES *et al.*, 2013). Para o modelo de conjunto de validação, o processo é semelhante porém não é iterativo (JAMES *et al.*, 2013). Neste caso, a amostra é dividida em apenas duas partes (tipicamente 70% treino e 30% teste) (ESLAMIAN;

LI; HAGHIGHAT, 2016; PAN *et al.*, 2020). Para cada tamanho de modelo possível é verificado qual o melhor modelo por meio do método de todas as regressões possíveis. Posteriormente e assim como na validação cruzada, verifica-se qual o tamanho de modelo conforme o EQM e determina-se o modelo do tamanho definido para a amostra completa (JAMES *et al.*, 2013).

A fim de ajustar um modelo para cada um dos consumos *per capita* de água, uma pré-seleção de variáveis foi realizada, na qual as variáveis independentes que apresentaram coeficientes de correlação significativos ao nível de 20% com o consumo *per capita* de água analisado foram selecionadas. Em sequência, foram eliminadas as variáveis que possuíam coeficiente de correlação maior do que 0,50, significativo ao nível 5%, com outra variável pré-selecionada, priorizando a escolha das variáveis mais citadas na literatura ou com maior coeficiente de correlação em módulo. Por fim, foram empregados métodos de seleção automática de variáveis.

A regressão linear múltipla foi utilizada a fim de descrever a relação entre o indicador de consumo de água (quente, fria e total) e as características socioeconômicas, de hábitos e da edificação. Com o modelo de regressão foi possível analisar a relação dos consumos de água com mais de uma variável, *i.e.* permitindo uma análise multivariada. Assim, pode-se identificar qual conjunto de variáveis pode determinar o consumo *per capita* de água, uma informação relevante para compreender o que determina a demanda de água em HIS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta e discute os resultados do trabalho, confrontando-os com a literatura. Primeiramente há uma apresentação e descrição do objeto de estudo. Em seguida, a caracterização socioeconômica dos moradores entrevistados é apresentada. Por fim, há uma seção sobre a análise do padrão de consumo de água quente, fria e total, avaliando também quais são os fatores relacionados.

4.1 OBJETO DE ESTUDO

Duas habitações multifamiliares de interesse social foram identificadas como objeto de estudo com a ajuda da GIHAB-CEF Joinville. As habitações são referenciadas como Condomínios Residenciais A e B. Ambas foram construídas para famílias na Faixa 1 do PMCMV, com renda de até dois salários mínimos. As unidades habitacionais diferem entre si quanto à orientação das fachadas e ao andar.

Cada UH conta com um chuveiro, uma bacia sanitária, uma torneira de lavatório, uma torneira de cozinha e uma torneira de tanque como equipamentos hidrossanitários, conforme previsto em projeto. Por se tratarem de edificações de baixo custo, apenas o chuveiro possui fornecimento da água aquecida pelo SAS. Os demais pontos possuem apenas água fria. O apoio dos sistemas de aquecimento solares de água é feito por chuveiros elétricos individuais, uma vez que o reservatório de água quente não é energizado. Todos os apartamentos dos dois condomínios possuem SAS. As medições de água quente e de água fria são feitas individualmente, da maneira ilustrada na Figura 15. Essa configuração deveu-se a um acordo entre a prefeitura, a CAJ e a GIHAB-CEF Joinville. No entanto, segundo as síndicas, os moradores dos prédios e a CAJ, a cobrança pelo uso da água era feita com base no hidrômetro geral, e não nas medições individuais. A partir de meados de março de 2020, a cobrança pelo consumo de água passou a ser com base nos hidrômetros individuais no Condomínio Residencial A. Segundo a subsíndica deste condomínio, foi necessário cessar o funcionamento de todos os sistemas de aquecimento solares de água para que essa mudança fosse aceita.

A literatura apresenta diversos estudos que avaliaram, quanto aos aspectos energéticos, sistemas similares ao estudado no presente trabalho (GIGLIO; LAMBERTS, 2016; GIGLIO, 2015; RIBEIRO, 2010). Alguns estudos realizados em Florianópolis na época de criação do PMCMV verificaram a viabilidade desse tipo de sistemas, que se mostrou especialmente benéfico para as concessionárias de energia (NASPOLINI; RÜTHER, 2012; NASPOLINI; MILITÃO; RÜTHER, 2010).

O Condomínio Residencial A (Figura 16) é composto por 20 blocos de 4 pavimentos, com 4 apartamentos por andar, totalizando assim 320 unidades habitacionais. Cada UH possuía uma área total de 53 m² e área útil de 40,17 m², composta por dois quartos, um banheiro, uma sala de estar/jantar e uma cozinha/área de serviço. A Tabela 11 exhibe a área dos cômodos.

O Condomínio Residencial B (Figura 17) é composto por 14 blocos de 20 apartamentos,

Figura 15 – Esquema simplificado dos sistemas de aquecimento de água e dos pontos de medição individualizada.

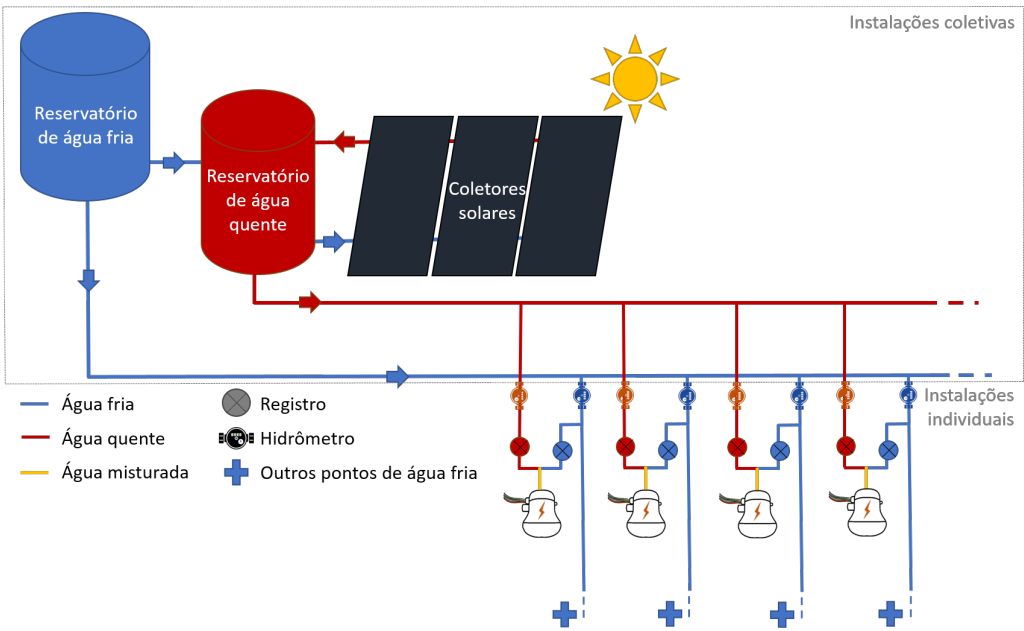


Figura 16 – Visão geral (a) e apartamento (b) do Condomínio Residencial A.

(a)



(b)



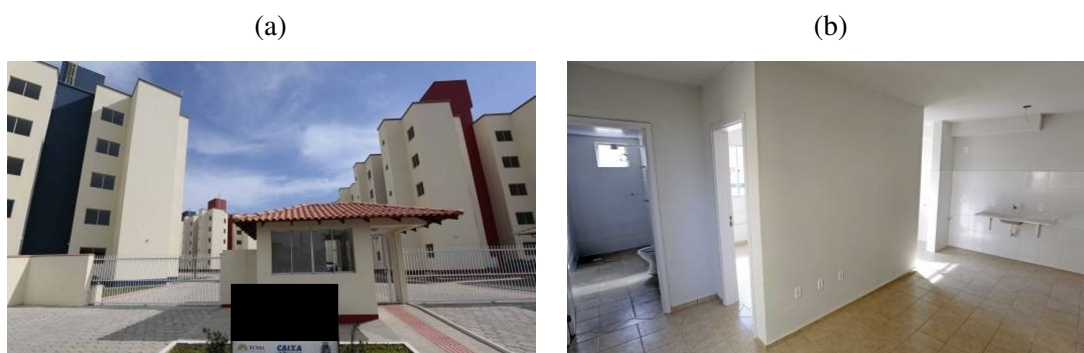
Fonte: Prefeitura de Joinville (2014a).

Tabela 11 – Ambientes dos apartamentos do Condomínio Residencial A.

Ambiente	Área útil (m²)
Banheiro	5,04
Cozinha/área de serviço	5,67
Dormitório 1	7,5
Dormitório 2	8,73
Circulação	1,23
Sala de estar/jantar	12,00
Área útil total	40,17

totalizando 280 unidades habitacionais. Cada bloco tem 5 andares com 4 apartamentos por pavimento. Segundo a construtora responsável, a edificação tem área construída de 15.610,00 m² e conta com salão de festas, playground, quadra de esportes, portaria, central de gás e medição de gás individual, medição de água individual. Todas as habitações possuem dois quartos, um banheiro, uma sala de estar/jantar e uma cozinha/área de serviço, em uma área total de 55,75 m² e área útil de 39,72 m². A Tabela 12 exhibe as áreas de todos os ambientes dos apartamentos, conforme o projeto arquitetônico.

Figura 17 – Visão geral (a) e apartamento (b) do Condomínio Residencial B.



Fonte: Prefeitura de Joinville (2014b).

Tabela 12 – Ambientes dos apartamentos do Condomínio Residencial B.

Ambiente	Área útil (m ²)
Banheiro	4,75
Cozinha/área de serviço	7,02
Dormitório 1	7,08
Dormitório 2	8,58
Circulação	2,04
Sala de estar/jantar	10,25
Área útil total	39,72

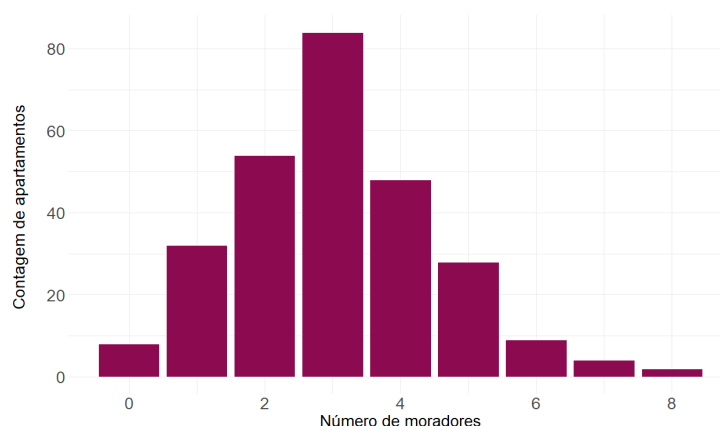
Quanto à operação, os engenheiros responsáveis relataram que houve um incidente no qual foram acionados, devido à falta de água quente no Condomínio Residencial B. Ao realizarem a vistoria, identificaram que o motivo dessa falta se devia ao excesso de sujeira na superfície das placas solares. Embora o manual de instruções de uso conte com instruções relativas à manutenção e limpeza das placas, elas nunca haviam sido limpas.

4.2 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DOS MORADORES

A caracterização socioeconômica foi feita analisando as respostas às perguntas 1 a 6 do questionário (Anexo A). Esta seção apresenta um resumo das principais características de ocupação e dos moradores das HIS analisadas, tais como idade, sexo, escolaridade, empregabilidade. Dos 600 apartamentos, foi possível obter todas ou parte das respostas do questionário em 271 deles.

O número de moradores das unidades habitacionais dos residenciais A e B tem média e mediana iguais a aproximadamente 3, com desvio padrão de 1,5 pessoas/UH. Foram identificados 8 apartamentos vazios, dos quais os dados de consumo foram descartados. O maior número de pessoas por UH é 8, porém são raras ocupações de mais do que 5 pessoas. O estudo de Ywashima *et al.* (2006), feito no Brasil, também observou ocupações que variavam de 1 a 8 pessoas/UH, assim como Garcia (2020) observou em Joinville. A Figura 18 apresenta um gráfico de barras do número de moradores por UH. Durante a aplicação do questionário foi possível identificar que, ocasionalmente, havia mais de uma família por UH a fim de dividir custos. O número de moradores apresentou distribuição próxima à normal. Na literatura revisada nas seções anteriores, a maioria dos estudos realizados no Brasil observaram um número médio de moradores mais elevado em HIS, tais como 4 pessoas/UH (YWASHIMA *et al.*, 2006) e 4,9 pessoas/UH (RIBEIRO, 2010). Porém o resultado encontrado condiz com a realidade joinvilense se comparado ao estudo de Garcia (2020). A autora encontrou uma média de 3,41 pessoas/UH, com mediana igual a 3 pessoas/UH e desvio padrão igual a 1,14 pessoas/UH. De acordo com Garcia (2020), esses resultados são similares à média de Joinville (3,21 pessoas/casa). Pode-se concluir, portanto, que a quantidade de moradores encontrada é bastante semelhante à da cidade de Joinville, e não tão similar à de outros estudos de HIS.

Figura 18 – Gráfico de barras do número de moradores.



Conforme apresentado na Tabela 13, ao menos 25% dos moradores são crianças (idade menor que 12 anos). De um total de 208 unidades habitacionais, há crianças em 89 (42,79%) delas e adolescentes em 52 (25%), sendo que em 27 unidades habitacionais havia crianças e adolescentes. Idosos estão presentes em 47 (22,57%) unidades habitacionais. O valor médio de idade para os condomínios A e B foi de 28,46 anos. A literatura apresentou valores similares em estudos de HIS para a média de idade, tais como 29 anos (YWASHIMA *et al.*, 2006), 26,6 anos (ROULEAU; GOSSELIN; BLANCHET, 2018), e principal faixa de 21 a 45 anos (RIBEIRO, 2010).

Tabela 13 – Estatísticas descritivas da idade dos moradores.

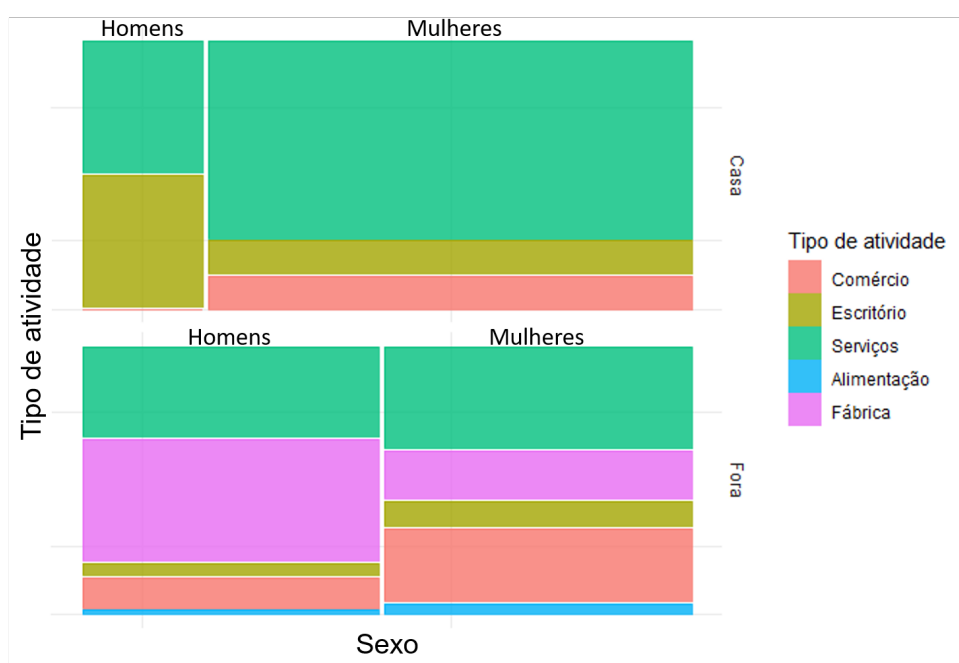
Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo	Desvio Padrão
0,00	12,00	26,00	28,46	42,00	83,00	19,16

Dos 762 moradores identificados, a maioria eram mulheres (56,37%). Um resumo da situação de emprego dos moradores que estavam entre as idades mínimas para trabalhar e se aposentar é apresentado na Tabela 14. A Figura 19 apresenta um resumo das atividades profissionais dos moradores. Pode-se observar que, proporcionalmente, há mais homens do que mulheres que trabalham. Na Figura 19 é possível notar que, daqueles que trabalham fora de casa, mais homens trabalham em fábrica do que mulheres. Por outro lado, mais mulheres trabalham em comércio, alimentação e escritório do que homens. Quanto às mulheres que trabalham em casa, a maioria trabalha com serviços, e uma quantidade menor trabalha com comércio ou escritório. Os homens que trabalham em casa estão divididos quase igualmente entre os que trabalham em escritório e em serviços.

Tabela 14 – Distribuição de frequências das variáveis sexo e empregabilidade dos moradores em idade de trabalho.

Sexo	Nº de pessoas	Percentual que trabalha	Percentual que não trabalha
Mulher	278	49,28%	50,72%
Homem	190	66,84%	33,16%
Ambos	468	56,41%	43,59%

Figura 19 – Gráfico mosaico do tipo de atividade exercida pelos moradores empregados dos condomínios residenciais classificados por sexo.



Quanto à educação formal, a Tabela 15 apresenta um resumo da escolaridade de todos os moradores e, separadamente, apenas a dos adultos (idosos inclusos). O critério de escolaridade considera o último grau que o morador ao menos começou, isto é, considerando não só os moradores que completaram aquele grau, mas também aqueles que estão cursando ou não completaram o nível de escolaridade referido. Crianças com menos de 6 anos de idade (68 ao total) não foram consideradas. A escolaridade de 32 pessoas não foi informada. Pode-se observar que a maior parte dos adultos pelo menos começou o ensino médio. Para a população de Joinville, o último censo havia mostrado que 2,7% da população de 6 a 14 anos não estava matriculada em nenhuma escola e 2,39% da população de 18 a 24 anos tinha o ensino fundamental incompleto ou menos (IBGE, 2010b). Nos condomínios avaliados a população apresentou ter um maior nível de educação formal do que em estudos de HIS no Brasil realizados na região Sudeste, sendo que para Ywashima *et al.* (2006) e Ribeiro (2010) as faixas predominantes de escolaridade eram o ensino fundamental incompleto, que representava, respectivamente, um percentual de 35% e 38% da população observada.

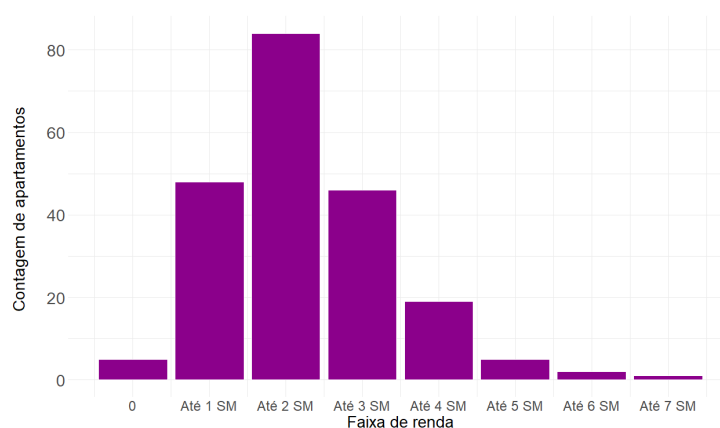
Tabela 15 – Distribuição de frequência e percentuais da educação formal dos moradores.

Grupo	Nunca estudou	Ensino fundamental	Ensino médio	Técnico	Ensino superior
	número de pessoas (% do grupo)				
Todos*	15 (2,26%)	353 (53,32%)	239 (36,10%)	7 (1,06%)	48 (7,25%)
Adultos	15 (3,20%)	182 (38,81%)	217 (46,27%)	7 (1,49%)	48 (10,23%)

*Exceto menores de 6 anos.

A renda por UH teve média e mediana próximas a 2 salários mínimos. Poucas unidades habitacionais apresentaram renda maior do que 3 salários mínimos. A Figura 20 apresenta um gráfico de barras da variável renda domiciliar. Foi possível notar que 33,80% das unidades habitacionais tinham renda *per capita* menor que meio salário mínimo por pessoa (linha de pobreza), 46,67% tinham renda de meio a 1 salário mínimo por pessoa e 19,52% tinham renda maior do que um salário mínimo por pessoa. No último censo, Joinville tinha 11,41% da população abaixo da linha de pobreza (IBGE, 2010a). Era esperado, no entanto, que os condomínios observados tivessem um percentual maior de pessoas abaixo da linha de pobreza uma vez que tratam-se de HIS. A renda média para trabalhadores formais em Joinville era de 2,9 salários mínimos por pessoa (IBGE, 2010a), valor maior do que a média encontrada na amostra não por pessoa, mas por UH. Ou seja, pode-se concluir que os condomínios A e B de fato representam uma parte menos privilegiada da população joinvilense.

Figura 20 – Faixas de renda das unidades habitacionais.



SM = Salário Mínimo.

4.3 ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA

Esta seção apresenta uma análise sobre o consumo *per capita* de água nos Condomínios Residenciais A e B. As informações estão organizadas em subseções referentes à água quente, fria e total (nessa ordem). Todos os *outliers* identificados previamente por meio de análise dos *boxplot* do consumo *per capita* dos dois condomínios foram removidos. Para cada um dos consumos, primeiro foi realizada uma análise exploratória a fim de encontrar as estatísticas descritivas do indicador de consumo *per capita* e apresentar as principais informações da amostra, inclusive relativas à associação com a temperatura ambiente e a radiação solar. Os coeficientes de correlação entre as variáveis independentes e a variável dependente (consumo *per capita*) foram calculados de acordo com o método mais adequado para cada tipo de variável e distribuição. Em sequência, realizou-se uma análise comparativa de grupos (categorias) a fim de identificar quais inferências podem ser feitas quanto às diferenças entre os grupos de consumidores. Então, as variáveis estatisticamente relacionadas com cada um dos consumos *per capita* de água foram consideradas como regressoras para o ajuste de um modelo de regressão linear múltipla para as variáveis dependentes.

4.3.1 Consumo *per capita* de água quente

Nesta subseção são apresentados os principais gráficos e estatísticas descritivas do consumo *per capita* de água quente. Em um primeiro momento, estão apresentadas as medições de consumo de cada um dos condomínios separadamente. Em sequência, foi analisado o consumo médio *per capita* por UH, um indicador tipicamente usado na literatura para o consumo de água quente e, principalmente, de água total. Subseções apresentam a distribuição dos dados no período de análise e relações com a temperatura e a radiação, as correlações com variáveis independentes, as diferenças entre grupos de consumo e, por fim, o ajuste de um modelo de regressão linear múltipla.

O banco de dados se compõe de 22.559 medições diárias de água quente para o Con-

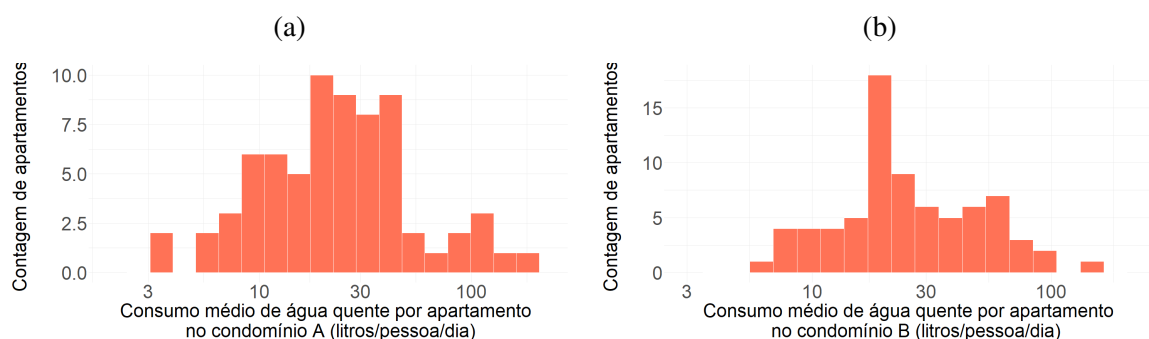
domínio Residencial A, correspondendo a um total de 79 apartamentos. Para o Condomínio Residencial B foram 26.246 medições de consumo de água quente, correspondentes a 75 apartamentos. Assim, a amostra de avaliação do consumo de água quente foi de 154 apartamentos. As estatísticas descritivas do indicador de consumo de água quente para os condomínios individual e conjuntamente são apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água quente.

Condomínio	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo	Desvio Padrão
Consumo de água quente por apartamento (L/pessoa/dia)							
A	3,50	12,65	23,28	33,30	38,07	165,68	33,19
B	6,69	17,69	22,21	31,76	42,28	146,57	24,41
A e B	3,50	15,33	22,36	32,50	39,86	165,68	28,89

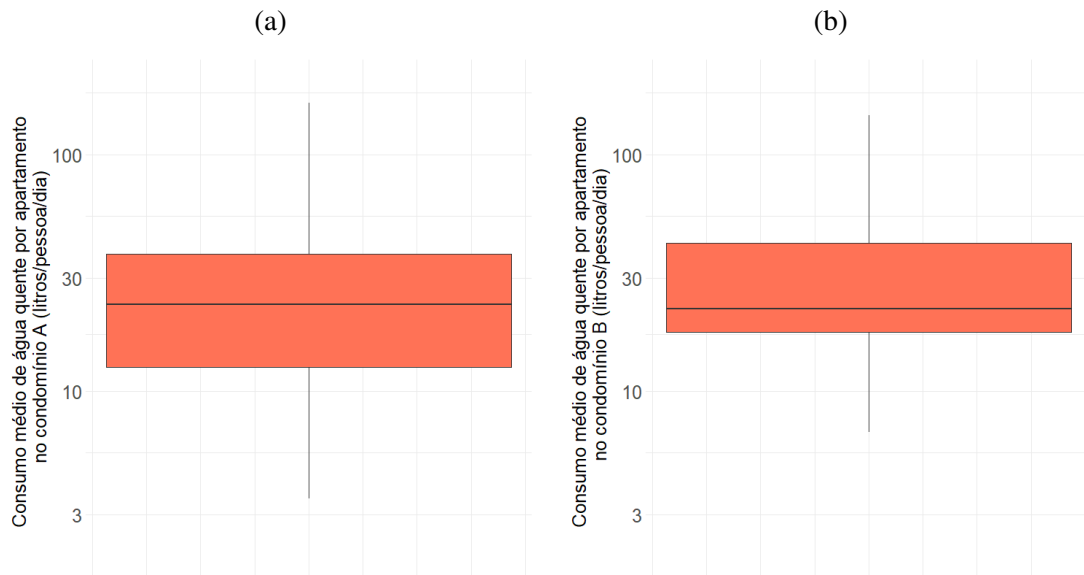
As estatísticas descritivas das medições de água quente são bastante próximas para os condomínios A e B, sendo a maior diferença observada entre os valores máximos. A distribuição do indicador de consumo (consumo médio de água quente *per capita* por apartamento) também é similar para os dois condomínios, conforme exibido nos histogramas (Figura 21(a)) e *boxplots* (Figura 22(b)).

Figura 21 – Histogramas do consumo médio de água quente *per capita* por UH nos condomínios A (a) e B (b) em escala logarítmica.



Os valores médios encontrados para o indicador de consumo são coerentes com a literatura para água não misturada. A média encontrada por Gill *et al.* (2011) para água quente (não misturada) em HIS unifamiliares no Reino Unido foi próxima, e igual a 27,1 L/pessoa/dia. Em contexto similar ao do presente trabalho, isto é, considerando HIS no Brasil e o consumo de água apenas para o chuveiro, Giglio (2015) observou um consumo médio igual a 17 L/pessoa/dia para um perfil familiar considerado economizador de água e energia. Os demais estudos disponíveis na bibliografia de HIS, nenhum deles realizado no Brasil, reportam resultados mais elevados, com médias de consumo que variam de 54 L/pessoa/dia a 107,74 L/pessoa/dia. No entanto tais pesquisas não deixam claro se as medições tratam de água quente já misturada ou não, além de tratarem do consumo de água em países do hemisfério norte, onde o clima é mais frio e tipicamente há mais pontos de consumo de água quente nas residências. Na Grécia, fora do contexto de HIS, porém dentro da realidade dos coletores solares térmicos segundo Atikol (2013),

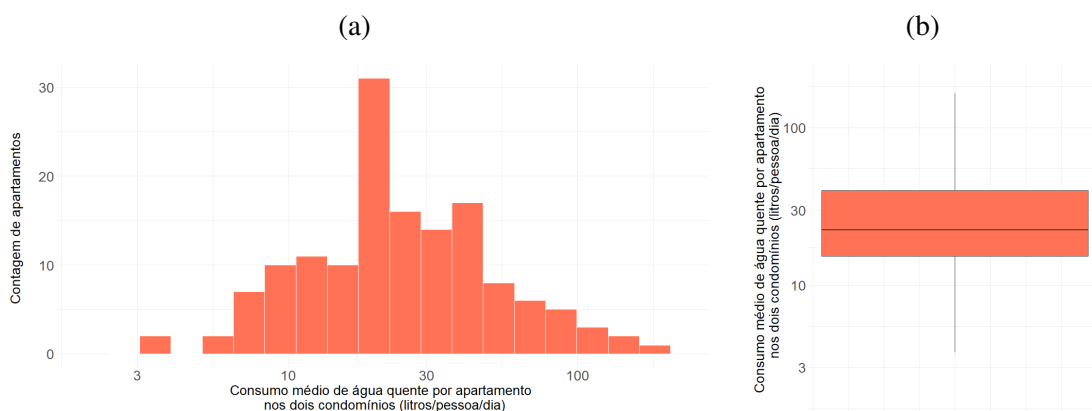
Figura 22 – *Boxplots* do consumo médio de água quente *per capita* por UH nos condomínios A (a) e B (b) em escala logarítmica.



o consumo médio de água quente observado por Papakostas, Papageorgiou e Sotiropoulos (1995) foi de 32,2 L/pessoa/dia, valor bastante próximo ao encontrado no presente estudo.

O consumo médio de água quente *per capita* por apartamento para os condomínios A e B juntos não apresentou distribuição normal segundo o teste de Shapiro-Wilk (p-valor = $5,51 \times 10^{-13}$; $\alpha = 5\%$). No entanto, a distribuição do logaritmo natural (LN) do indicador de consumo pode ser considerada normal (p-valor = 0,66) segundo o mesmo teste. A Figura 23 mostra a distribuição dos dados de consumo de água quente em escala logarítmica, que se assemelha à distribuição normal.

Figura 23 – Histograma (a) e *boxplot* (b) das medições de consumo de água quente *per capita* por apartamento para os dois condomínios em escala logarítmica.



4.3.1.1 Distribuição temporal e relações com a temperatura ambiente e a radiação solar

Frequentemente pesquisadores observam sazonalidade no consumo de água quente (GIGLIO, 2015; CHAO; UMAPATHI; SAMAN, 2015; FUENTES; ARCE; SALOM, 2018).

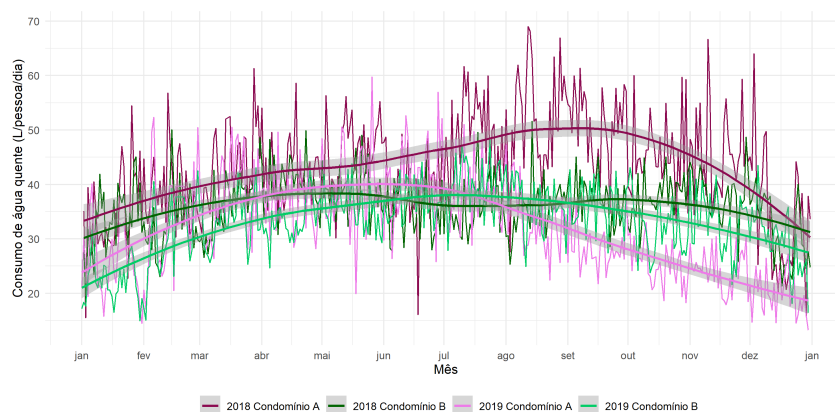
Esta parte do trabalho é dedicada à avaliação da distribuição do indicador de consumo *per capita* de água quente no período analisado, com ênfase nas relações com a radiação solar e a temperatura ambiente.

O Apêndice E apresenta as estatísticas descritivas da temperatura e da radiação solar em Joinville, por mês e por estação, durante o período analisado. O resultado encontrado é um padrão esperado devido à localização geográfica da cidade, ou seja:

- (i) temperatura e radiação mais baixas nos meses de junho a setembro, meses que fazem parte do inverno;
- (ii) temperatura e radiação mais altas nos meses de dezembro a março, meses que fazem parte do verão;
- (iii) temperatura e radiação amenas nos meses de março a maio e de outubro a novembro, meses que fazem parte do outono e da primavera;

A Figura 24 apresenta a distribuição anual do consumo *per capita* médio de água quente nos dois anos de medição para cada um dos condomínios analisados. Na Figura 24 pode-se observar um consumo similar no inverno, primavera e outono, e uma evidente redução do consumo de água quente nos meses de verão. Para o Condomínio B, os consumos são extremamente similares nos dois anos de medições, principalmente quanto ao formato da curva que se assemelha ao de uma parábola com concavidade para baixo. Porém, em 2019 o consumo do Condomínio B foi um pouco mais baixo do que em 2018. Há uma diferença mais expressiva entre os consumos dos dois anos para o Condomínio A no período entre julho e dezembro. Em 2018, houve um aumento no consumo de água quente do Condomínio A que começou após julho e se estendeu até dezembro. Em 2019, o consumo de água quente do Condomínio A caiu de forma aproximadamente linear entre agosto e janeiro. As magnitudes dos consumos *per capita* de água quente do Condomínio A e B são bastante semelhantes, inclusive se sobrepondo na Figura 24.

Figura 24 – Consumo *per capita* de água quente .



A Tabela 17 apresenta as estatísticas descritivas do consumo *per capita* de água quente por mês e também por estação. A menor média de consumo ocorreu em dezembro, e a maior média foi em julho. Quanto às estações, o verão apresentou a menor média e o inverno, a maior, coerente com o que foi encontrado para as médias mensais.

Tabela 17 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água quente por mês e por estação.

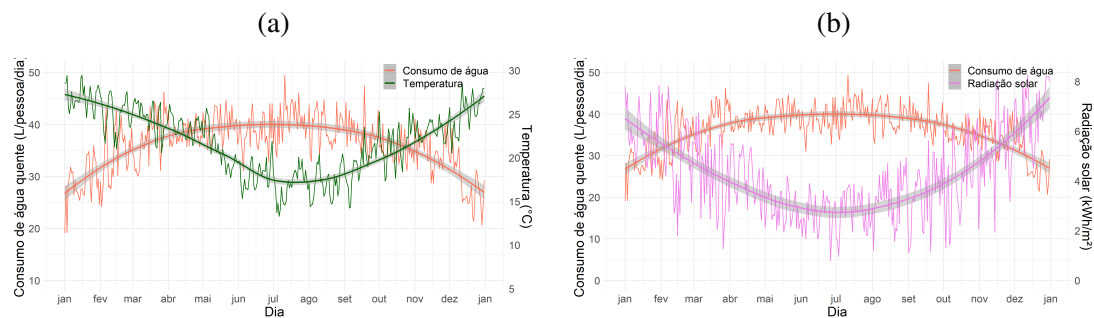
Período	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo	Desvio Padrão
Mês	Consumo <i>per capita</i> de água quente (L/pessoa/dia)						
Janeiro	16,06	22,92	28,82	28,86	33,33	43,61	7,198438
Fevereiro	16,06	31,04	34,47	34,4	38,66	46,72	6,794334
Março	26,73	32,96	37,49	37,58	41,79	51,34	6,003835
Abril	27,21	35,34	37,9	38,21	41,4	50,25	4,694120
Maiο	26,24	37,14	40,62	39,98	43,14	48,42	4,866874
Junho	28,31	36,03	38,37	38,45	41,23	47,27	4,127835
Julho	30,05	37,24	40,58	40,85	44,2	51,7	4,743229
Agosto	26,5	33,67	39,06	39,42	44,63	57,45	7,002925
Setembro	26,48	32,07	38,61	38,22	44,24	52,01	7,124492
Outubro	22,6	28,56	35,62	35,03	41,72	50,01	7,581991
Novembro	20,22	28,54	34,86	35,32	41,81	51,26	7,942688
Dezembro	14,82	23,84	26,39	28,56	31,90	51,57	7,336002
Estação	Consumo <i>per capita</i> de água quente (L/pessoa/dia)						
Primavera	20,22	26,86	33,04	34,28	41,62	51,57	7,893138
Verão	14,82	25,82	32,2	31,73	36,95	47,28	7,559208
Outono	26,24	35,61	39,03	39,07	42,04	51,34	4,858023
Inverno	26,48	34,97	39,36	39,57	44,14	57,45	6,192779

Na literatura, Giglio (2015) observou um consumo de 9,1 L/pessoa/dia no verão e 31,5 L/pessoa/dia no inverno na cidade de Londrina, no Brasil. A diferença observada entre estações no presente estudo não é tão significativa. Em relação à decomposição do consumo de água durante as estações, tem-se que o consumo *per capita* médio de água quente representa 16,35% do consumo *per capita* médio de água total no verão, aumentando para 18,31% na primavera, 20,07% no outono e, por fim, 20,83% no inverno. No estudo de Chao, Umapathi e Saman (2015), na Austrália, o consumo de água quente representava cerca de 24% do consumo total de água no verão, e aumentava para 38% no inverno, uma diferença de 14%, maior que a do presente estudo, no qual a diferença foi de apenas 4,48% em média. Uma provável explicação para ter encontrado uma diferença percentual menor que a do estudo de Chao, Umapathi e Saman (2015) é que nos condomínios A e B o único ponto de consumo de água quente é o chuveiro, limitando o uso de água quente mesmo no inverno. Além disso, é necessário ressaltar que o estudo de Chao, Umapathi e Saman (2015) foi feito em outro país e, portanto, há diversas diferenças envolvidas. Embora em diferentes proporções, no presente estudo, assim como no estudo de Chao, Umapathi e Saman (2015) houve aumento do consumo de água quente no inverno quando comparado ao consumo no verão.

A Figura 25 mostra como a temperatura, a radiação e o consumo *per capita* de água quente variaram ao longo do ano. Com a Figura 25, pode-se concluir que o consumo *per capita*

de água quente está relacionado ao inverso da temperatura e da radiação. Isto é, quanto maior a radiação e a temperatura, menor o consumo de água quente do SAS. Esse resultado é coerente com o esperado, uma vez que tende-se a tomar banhos mais frios no verão e mais quentes no inverno, a fim de manter a temperatura corporal confortável. Além disso, alguns moradores mencionaram que em dias quentes ou de muito sol, o SAS esquentar demais a água, deixando-a em uma temperatura desconfortável. Assim sendo, consome-se menos água do SAS em dias quentes ou de sol pois necessita-se de menos água do SAS para obter água a temperatura agradável - considerando que será misturada com água fria.

Figura 25 – Variação da média do consumo *per capita* de água quente e da variação da temperatura (a) e radiação (b) ao longo do ano.



A Tabela 18 apresenta os valores dos coeficientes de correlação entre o consumo *per capita* médio de água quente e a radiação e temperatura média, sendo essas médias calculadas por dia, mês e estação. O consumo *per capita* de água quente apresenta correlação linear negativa e muito forte com os valores de radiação dos meses e estações, conforme a escala de coeficientes de correlação (HINKLE; WIERSMA; JURS, 2003). Também observa-se correlação negativa muito forte entre o consumo *per capita* de água quente e a temperatura ambiente das estações. A correlação entre o consumo *per capita* de água quente e a temperatura ambiente dos meses foi menor em módulo, porém é uma correlação negativa forte. Para os valores diários, no entanto, as correlações são fracas ou até inexistentes.

Tabela 18 – Correlações do consumo *per capita* médio de água quente com a radiação e temperatura média, por dia, mês e estação.

Variável	Agrupamento	Coeficiente de correlação	
		Tipo	Valor
Radiação solar	Diário	τ	-0,17231
	Mensal	r	-0,92493
	Estação	r	-0,90127
Temperatura ambiente	Diário	τ	-0,26943
	Mensal	r	-0,77554
	Estação	r	-0,9956

τ = coeficiente de correlação de Kendall.

r = coeficiente de correlação de Pearson.

4.3.1.2 Correlações

A análise de correlações foi utilizada para identificar quais variáveis têm relação com o consumo *per capita* de água quente. Os valores dos coeficientes de correlação e seus níveis de significância entre as variáveis independentes e a variável dependente estão apresentados na Tabela 19. Para as correlações ponto bisserial, tem-se o valor do coeficiente de correlação r . Para as correlações de Kendall tem-se o valor de correlação τ . É possível notar que os valores de correlação são baixos, considerados negligenciáveis pela classificação de Hinkle, Wiersma e Jurs (2003).

Tabela 19 – Valores dos coeficientes de correlação entre as variáveis independentes de caracterização socioeconômica e de hábitos e o consumo de água quente *per capita*.

Variável	Coeficiente de correlação	
	Tipo	Valor
Presença de crianças	r	-0,21 ^a
Número de moradores	τ	-0,19 ^a
Percentual de crianças	τ	-0,13 ^a
Presença de homens	r	-0,13 ^c
Presença de adolescentes	r	-0,13 ^c
Presença de adultos	r	-0,11 ^c
Percentual de adolescentes	τ	-0,09 ^c
Faixa de renda total da UH	τ	-0,08 ^c
Percentual de adultos que trabalham	τ	0,08 ^c
Percentual de adultos	τ	0,14 ^a

^a - A correlação é significativa ao nível de 0,05.

^b - A correlação é significativa ao nível de 0,10.

^c - A correlação é significativa ao nível de 0,20.

Os valores dos coeficientes de correlação com maior valor em módulo são referentes à presença de crianças e ao número médio de moradores, duas variáveis que estão correlacionadas entre si ($\tau = 0,52$, $p\text{-valor} = 1,58 \times 10^{-12}$). Na literatura, é comum observar a relação inversamente proporcional do consumo de água fria com o número de moradores por UH (GARCIA, 2011; GILL *et al.*, 2011). Assim como constatado por Rouleau, Gosselin e Blanchet (2018), neste trabalho observou-se que um aumento no número de moradores está relacionado a uma redução no consumo de água quente. Um aumento no percentual de crianças, isto é, na proporção de crianças em relação a moradores de outras idades está relacionado a uma redução do consumo de água quente *per capita*, embora com menor intensidade do que a variável presença de crianças.

Rouleau, Gosselin e Blanchet (2018), Parker, Mazzara e Sherwin (1996) observaram um aumento no consumo de água quente por UH (e não *per capita*) com a quantidade de pessoas, sendo que Rouleau, Gosselin e Blanchet (2018) acrescentaram que o aumento do consumo domiciliar associado ao aumento do número de pessoas era ainda maior devido à presença de crianças. No caso do presente estudo, o consumo de água *per capita* apresentou uma tendência à redução com a presença de crianças. Para fins de comparação com a literatura, verificou-se a

correlação do consumo de água por apartamento com a quantidade de pessoas ($\tau = 0,24$, $p = 5,81 \times 10^{-5}$) e presença de crianças ($r = 0,12$, $p\text{-valor} = 0,15$). Isto posto, concluiu-se que, assim como na literatura, o consumo de água quente por UH tende a aumentar com a quantidade de pessoas. A presença de crianças pode ser associada a um aumento no consumo de água por UH, embora a correlação seja menor e significativa ao nível de 0,20.

Complementarmente, algumas mães comentaram, durante a aplicação do questionário, que tinham medo que seus filhos (crianças) se queimassem ao usar o SAS. Isso porque, segundo elas, após configurar uma temperatura própria para o banho utilizando os dois registros de água e o potenciômetro do chuveiro, eventualmente ocorre um aumento da temperatura repentino, que se não for controlado rapidamente poderia causar queimaduras. A pele de crianças é mais fina e, assim, mais suscetível a traumas térmicos (DILLER, 2006). Além disso, Shan *et al.* (2015) perceberam que crianças tomavam banho com frequência menor do que os adultos na Grécia e na Polônia, fora do contexto de HIS.

Tipicamente, a explicação de uma redução no consumo de água associada a uma maior quantidade de moradores é de que reduzem-se os gastos de água com atividades de uso comum e compartilhado tais como lavagem de roupas e louças (GILL *et al.*, 2011; GARCIA, 2011), o que não explicaria uma redução no consumo de água quente no contexto deste estudo. Porém Garcia (2011) adiciona que o conflito para utilização dos pontos de água, isto é, a indisponibilidade de usar um ponto de consumo de água para um morador durante o tempo de uso de outro morador, também pode causar redução do consumo. Como há apenas um chuveiro nos apartamentos analisados, é possível que o conflito para utilização dos pontos de água seja a causa de um menor consumo de água quente.

A presença de ocupantes homens também está relacionada a um menor consumo de água quente *per capita*. Embora não tenham sido encontradas análises da relação desta variável com o consumo de água quente em HIS, estudos em outros tipos de edificações exploraram esse aspecto. Mulheres consomem um maior volume de água quente do que homens em hotéis (MURAKAWA *et al.*, 2007), e também costumam tomar banhos mais longos do que homens e crianças em seu cotidiano (SHAN *et al.*, 2015). No estudo de Makki *et al.* (2013), o número de ocupantes mulheres foi capaz de explicar 49,1% do consumo de água do chuveiro, enquanto a presença de mulheres não se mostrou um fator significativo para explicar o consumo de água. Nos condomínios A e B, tem-se que o número de mulheres tem correlação negativa com o consumo de água *per capita* ($\tau = -0,19$, $p\text{-valor} = 0,002672$) e positiva com o consumo de água por UH ($\tau = 0,17$, $p\text{-valor} = 0,006451$). Ressalta-se que o número de ocupantes mulheres está fortemente correlacionado ao número médio de moradores ($\tau = 0,69$, $p\text{-valor} < 2,2 \times 10^{-16}$).

A presença e o percentual de adolescentes estão associados ao consumo de água quente *per capita*, embora a correlação nesses casos seja negativa e fraca (considerando Hinkle, Wiersma e Jurs (2003)) e significativa apenas ao nível de 0,20. Fora do contexto de HIS, a presença de adolescentes foi identificada como um fator que aumenta o consumo de água quente por UH no estudo de revisão de Fuentes, Arce e Salom (2018). Nos condomínios A e B, a presença

de adolescentes tende também a aumentar o consumo de água quente por UH ($\tau = 0,14$, p-valor = 0,037). Giglio (2015) observou que famílias com maior número de moradores e com adolescentes apresentavam maior dificuldade em misturar água, problema que a autora atribuiu à independência dos adolescentes para gerenciar o próprio banho. A presença de adolescentes, assim como a de crianças e mulheres, apresenta correlação significativa ao nível 0,05 com o número médio de moradores ($\tau = 0,46$, p-valor = $4,05 \times 10^{-10}$). A presença de adultos, que apresenta correlação negativa com a presença de idosos ($r = -0,61$, p-valor = $2,25 \times 10^{-16}$), está relacionada a uma redução no consumo de água quente *per capita*.

A renda total por UH, em faixas salariais, apresentou uma correlação pequena ou até desprezível com o consumo de água quente *per capita*. Na literatura referente à HIS, a única relação observada entre o consumo de água quente e a renda foi feita como uma hipótese por Vine, Diamond e Szydlowski (1987). Os autores mencionaram essa variável na tentativa de explicar os efeitos da escolaridade no consumo de água quente. Para os autores, uma maior escolaridade poderia estar associada a uma maior renda e consequentemente à compra de mais eletrodomésticos e equipamentos que utilizassem água quente, aumentando assim o consumo de água quente da UH. Nas unidades habitacionais avaliadas no presente estudo não há possibilidade do morador instalar mais equipamentos que utilizem água quente (ao menos não proveniente do SAS). Verificou-se ainda que não havia correlação significativa ao nível de 0,20 referente às unidades contempladas pela Tarifa Social de consumo de água.

O consumo de água quente *per capita* está associado positivamente ao percentual de adultos que trabalham. Embora essa variável não seja mencionada na literatura referente à HIS, o estudo de Makki *et al.* (2013) também concluiu que em unidades habitacionais em que a maioria dos moradores trabalhavam, o consumo de água para banho era superior em 40,8 L/UH/dia do que naquelas em que os moradores já estavam aposentados. Uma possível explicação pode ser encontrada no estudo de Kwon *et al.* (2018), que mostra que o banho já faz parte das normas da vida social, além de ser visto por muitos como uma recompensa pelo esforço diário. Esse último aspecto está inclusive associado a uma despreocupação com o uso e custos de recursos como água e energia já que o usuário vê o banho como uma recompensa merecida (KWON *et al.*, 2018).

Posteriormente, foram avaliadas as correlações das variáveis relacionadas aos sistemas de aquecimento e o consumo de água quente. Foram adicionadas as razões para o não uso do SAS às variáveis da Tabela 9, de modo que deixassem de ser categóricas nominais e pudessem ser binárias. A Tabela 20 apresenta as informações de correlação entre as variáveis independentes relativas aos sistemas de aquecimento de água, SAS ou chuveiro elétrico (CE) e o consumo de água quente *per capita*.

Nas unidades habitacionais em que os moradores afirmaram não utilizar o SAS por não o considerarem vantajoso, verificou-se uma tendência em consumir menos água quente *per capita*. Há coerência na correlação negativa entre o fato de o morador não achar vantajoso utilizar o SAS e o consumo de água quente *per capita*, já que o morador não se sente motivado a usar o SAS

Tabela 20 – Valores dos coeficientes de correlação entre as variáveis independentes relativas aos sistemas de aquecimento de água e o consumo de água quente *per capita*.

Variável	Coeficiente de correlação	
	Tipo	Valor
Não ver vantagem em usar o SAS	r	-0,17 ^a
Temperatura ideal SAS	τ	-0,16 ^b
Pressão ideal SAS	τ	-0,13 ^b
CE aumenta a fatura de energia elétrica	r	-0,12 ^c
Abre todo o SAS	τ	0,10 ^c
Conforto SAS	r	0,13 ^c
Troca do CE	r	0,14 ^b
Clima	r	0,16 ^b

^a - A correlação é significativa ao nível de 0,05.

^b - A correlação é significativa ao nível de 0,10.

^c - A correlação é significativa ao nível de 0,20.

e assim, faz pouco uso desse sistema. Destaca-se que o consumo nesses casos não é nulo, ou seja, os ocupantes utilizam o SAS embora afirmem não utilizá-lo. A correlação encontrada ainda assim é lógica, e indica que talvez apenas o entrevistado ou parte dos ocupantes não utilizasse o SAS ao invés de ser uma opinião de todos os moradores da UH em questão.

Os moradores que se mostraram satisfeitos com a temperatura e pressão da água obtidos ao utilizar o SAS consomem menos água, o que pode ser um resultado do uso correto do sistema. Como as perguntas eram referentes à “temperatura ideal com o SAS” e à “pressão ideal com o SAS”, é possível que os moradores que optaram pela alternativa “sempre” nesses casos tenham bom domínio do uso da tecnologia. Nestes casos, não haveria necessidade de muitos ajustes na abertura do registro de água fria e quente, tornando o banho mais eficiente e consumindo menos água quente.

Nas UHs em que se acredita que o uso do chuveiro elétrico aumenta os gastos com energia elétrica há uma associação com um menor uso do SAS, um resultado contra intuitivo. No entanto, na literatura também há registros de moradores que se mostram satisfeitos com o uso do SAS para economia de energia quando, na verdade, não desfrutam de economia alguma devido ao mau uso do sistema (GIGLIO, 2015). Esses resultados contraditórios podem estar relacionados à falta de conhecimento sobre o próprio consumo de recursos (água e energia). Sabe-se que é possível reduzir o consumo de recursos apenas implementando medidas de informação ao usuário em HIS (VOGT; DASHJA; KORTE, 2014).

UHs nas quais os moradores abrem todo o registro de água quente quando utilizam o SAS tendem a ter um maior consumo de água, uma consequência da maior vazão obtida. Além disso, considerar confortável o banho com SAS propicia um maior consumo de água, uma possível consequência do sentimento de que o banho oferece uma experiência de relaxamento como indicado no estudo de (KWON *et al.*, 2018).

Em aproximadamente 15% das UHs nas quais o consumo de água quente foi analisado,

os entrevistados declararam, espontaneamente, ter trocado o chuveiro elétrico original por outro. Há uma tendência de maior consumo de água quente nessas habitações, o que pode ser uma consequência de um ou mais fatores relacionados ao equipamento. Por exemplo, pode-se supor que o novo chuveiro permite uma maior vazão de água e, assim, aumenta o consumo de água quente. Outra possibilidade é que o novo chuveiro forneça uma experiência de banho mais confortável e, assim, induza a banhos mais longos com maior consumo de água.

Por fim, em 24% das UHs nas quais o consumo de água quente foi analisado, os moradores mencionaram, também de forma espontânea, que o uso e a funcionalidade do SAS dependiam do clima. Esses comentários foram registrados e concluiu-se que estão associados a um maior consumo de água quente. Esse resultado pode estar relacionado ao conhecimento e informação sobre o sistema de aquecimento, uma vez que o desempenho do SAS depende das condições climáticas e que a energia térmica usada para aquecer a água é proveniente da radiação solar e a temperatura externa afeta as perdas de calor do sistema. Pode-se considerar, portanto, que os moradores que mencionaram o clima espontaneamente possuem conhecimento sobre o SAS. Ou seja, pode ser que as pessoas que compreendem melhor o SAS tendem a utilizar mais água quente pois conseguem tirar melhor proveito do sistema, reduzindo a necessidade de água fria e do chuveiro elétrico. Segundo Vogt, Dashja e Korte (2014), Moore, Haines e Lilley (2015), Ribeiro (2010), o conhecimento sobre o sistema de aquecimento de água utilizado pode ser determinante no consumo de água quente.

Outros fatores, tais como comportamento, preferências de banho, consciência ambiental e características do SAS também foram citados na literatura. O tempo de banho declarado pelos moradores não se mostrou relacionado ao consumo de água quente, o que pode ser uma consequência de eventuais diferenças de vazão não identificadas ou da falta de conhecimento real dos entrevistados sobre essa variável.

4.3.1.3 Comparação entre grupos de consumidores

Complementarmente à análise de correlação entre variáveis independentes e o consumo *per capita* de água quente, foram feitas análises e gráficos para observar a diferença entre grupos de consumo *per capita* de água quente. A comparação dos grupos foi realizada para todas as variáveis significativamente correlacionadas ao consumo de água a nível 0,10 e para aquelas frequentemente mencionadas na literatura revisada. Nem todas as informações foram fornecidas em todos os apartamentos, por isso para cada variável há um tamanho de amostra diferente. A Tabela 21 apresenta os testes e resultados comparativos, não havia *outliers* extremos nos grupos.

Tabela 21 – Resultados e testes comparativos de grupos de consumo *per capita* de água quente.

Variável	Resultados dos testes		Teste usado	p-valor	Tamanho da amostra	
	Distribuição normal	Homogeneidade da variância			0 (não)	1 (sim)
Presença de homens	Não	Sim	Wilcoxon	0,39	25	119
Presença de crianças	Sim	Não	Teste-t	0,009356	78	67
Presença de adolescentes	Sim	Sim	Teste-t	0,1245	97	48
Presença de idosos	Sim	Sim	Teste-t	0,5375	111	34
Clima	Sim	Sim	Teste-t	0,05717	101	32
Troca CE	Sim	Sim	Teste-t	0,1045	113	20
Número de moradores	Sim	Sim	ANOVA	0,002	18-31-34-32-19-11	^a
Faixa de renda	Sim	Sim	ANOVA	0,186	31-52-31-16	^b
Conforto do SAS	Sim	Sim	Teste-t	0,1507	6	109
Meio ambiente - SAS	Sim	Sim	Teste-t	0,01313	3	103
Temperatura ideal SAS	Sim	Sim	Teste-t	0,08546	12	100
Presença de vazamentos	Sim	Sim	Teste-t	0,00538	126	7
Não ver vantagem em usar o SAS	Sim	Sim	Teste-t	0,03639	135	10
Não ter conhecimento do SAS	Sim	Sim	Teste-t	0,3422	135	10
Abrir todo o CE	Sim	Sim	ANOVA	0,438	68-32-30	^c
Abrir todo o SAS	Sim	Sim	ANOVA	0,4	33-35-44	^c
Queda de energia CE	Sim	Sim	ANOVA	0,108	108-16-7	^c
Grupos de ocupação	Não	Sim	Kruskal-Wallis	0,0006432	5-23-101	^d
Pressão CE	Ao menos uma categoria não possui dados suficientes.				1-4-125	^c
Pressão SAS	Ao menos uma categoria não possui dados suficientes.				1-3-108	^c

^a - Número de moradores: 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 ou mais.

^b - Grupos de renda da UH: Até 1 SM - Entre 1 e 2 SM - Entre 2 e 3 SM - Mais que 3 SM.

^c - Grupos de resposta: Nunca - às vezes - sempre.

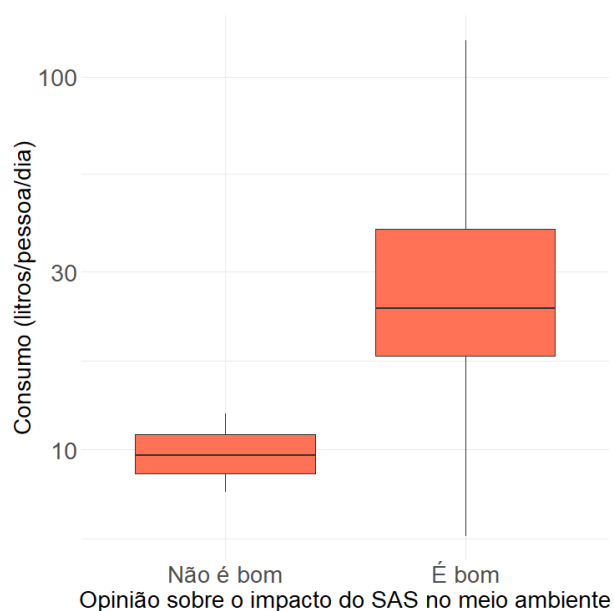
^d - Grupos de ocupação: Apenas homens - Apenas mulheres - Ambos os sexos.

Embora tenha apresentado correlação significativa, apartamentos com a presença de homens não apresentam consumo de água quente *per capita* significativamente diferente de apartamentos sem moradores homens. Os grupos de ocupação, no entanto, apresentaram diferença significativa de consumo de água quente *per capita*. Com o teste de Wilcoxon aplicado em pares, foi possível identificar que apenas os apartamentos com ambos homens e mulheres apresentavam diferença com os demais grupos (ocupação de apenas homens ou mulheres). Não foi encontrada diferença significativa a nível de 0,05 entre apartamentos nos quais os moradores eram todos homens e aqueles em que só moravam mulheres.

A importância da conscientização dos moradores e do conhecimento deles quanto à tecnologia foi enfatizada na literatura por Ribeiro (2010) e Giglio *et al.* (2014). Uma evidência do pouco conhecimento dos moradores dos condomínios A e B quanto ao sistema é que em 10 UHs os moradores não tinham conhecimento algum sobre o SAS, ou seja, não sabiam que poderiam usar esse recurso. Em apenas 3 UHs os moradores sabiam da possibilidade do SAS, mas não sabiam como utilizá-lo. A Figura 26 apresenta um comparativo do consumo dos moradores que consideram o SAS bom para o meio ambiente e daqueles que não o consideram. Os moradores que afirmaram que o SAS não é bom para o meio ambiente consideram que a água quente demora a chegar no ponto de consumo após o registro de água quente ser aberto. Como consequência esses moradores observam um desperdício de água, uma vez que a água fria fornecida pelo chuveiro antes da água quente chegar ao ponto não é utilizada. Embora o teste-t tenha mostrado que há diferença significativa entre os grupos (p-valor = 0,01313) é

necessário cuidado ao realizar inferências sobre o caso, pois em apenas 3 apartamentos o SAS era considerado ruim para o meio ambiente, enquanto em outros 103 ele era considerado bom para o meio ambiente.

Figura 26 – Comparativo de consumo *per capita* de água quente em relação a opiniões sobre o impacto do SAS no meio ambiente.

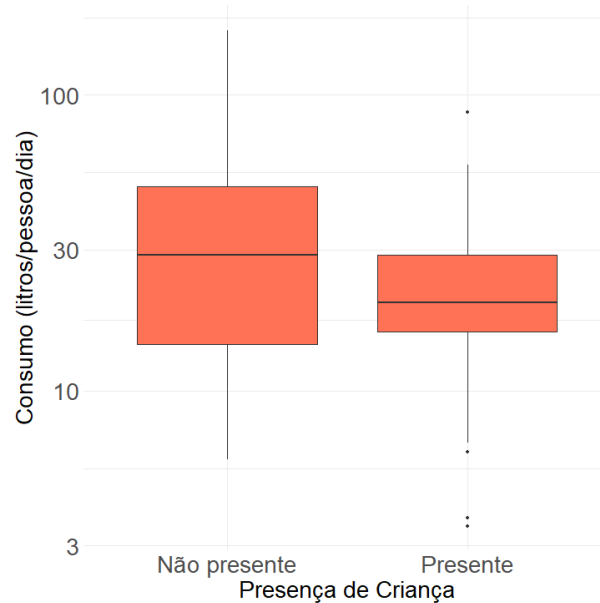


A presença de criança foi analisada utilizando o teste-t após aproximação de Welch, uma vez que a amostra não tem variância homogênea para os dois grupos. A diferença entre os apartamentos com e sem crianças (67 e 78 UHs, respectivamente) é significativa (p-valor = 0,009356). A Figura 27 mostra a diferença entre os dois grupos, e é possível notar que em apartamentos em que não há crianças a média do consumo de água quente *per capita* é significativamente maior, estando de acordo com a correlação discutida na Seção 4.3.1.2.

No presente estudo, assim como na literatura em geral, também não foi observada diferença significativa no consumo de água quente para as diferentes faixas de renda, como é possível observar na Figura 52 (Apêndice F). Uma potencial explicação é a de que há pouca diferença entre uma faixa de renda e outra e, por isso, não há impacto significativo no consumo de água. Ou seja, não há faixas de rendas muito díspares, que sejam suficientes para alterar o estilo de vida nas unidades habitacionais analisadas e, assim, alterar o consumo de água quente. Além disso, uma limitação do presente estudo é que, mesmo que existam outros equipamentos no apartamento tais como máquinas de lavar ou torneiras que utilizem água quente, esse consumo não é considerado como água quente, pois é medido como água fria (isto é, só é medido o consumo de água quente que foi aquecido pelo SAS).

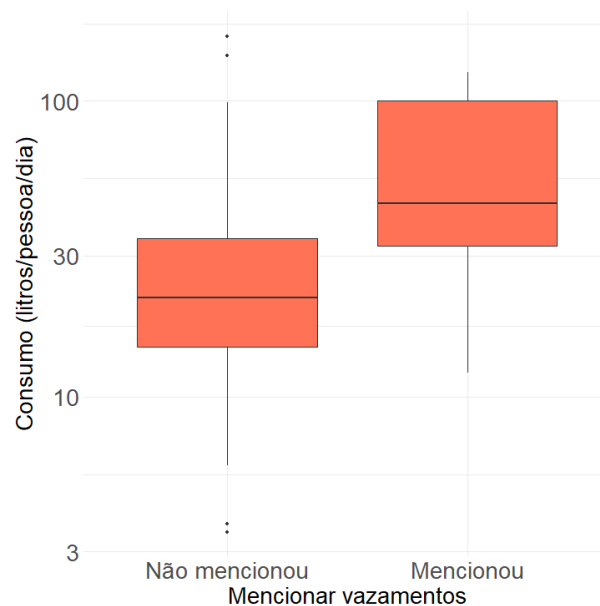
Apenas em sete de um total de 133 apartamentos os moradores se manifestaram, espontaneamente, sobre a presença de vazamentos. Embora um dos grupos tenha poucos apartamentos, o teste-t apontou que há diferença significativa entre os grupos (p-valor = 0,00538). A Figura 28 mostra os *boxplots* dos consumos de água quente nos dois grupos, e é possível notar que o

Figura 27 – Comparativo de consumo *per capita* de água quente em relação à presença de criança.



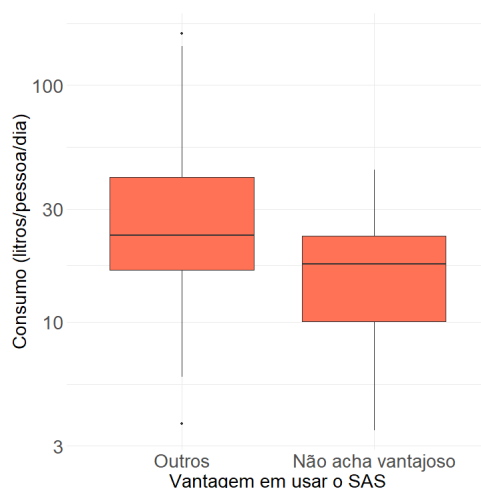
grupo que mencionou vazamentos possui consumo maior do que aquele que não mencionou. Vine, Diamond e Szydlowski (1987) observaram, em suas visitas, que haviam vazamentos e pouca manutenção nas HIS analisadas no estudo conduzido pelos autores. Os autores atribuíram o maior consumo de água quente e também a porção imprevisível do mesmo à presença de vazamentos. Para os condomínios A e B, embora tenham sido poucas as unidades habitacionais nas quais os moradores declararam ter problemas com vazamentos do SAS, pode-se considerar que há um aumento no consumo de água decorrente da presença de vazamentos. Essa variável, no entanto, não foi incluída no ajuste do modelo por ter poucos dados.

Figura 28 – Comparativo de consumo *per capita* de água quente em relação à presença de vazamentos.



Em dez de 145 apartamentos os moradores acreditam que não há vantagem em usar o SAS. Com o teste-t foi possível identificar uma diferença significativa entre os dois grupos ($p\text{-valor} = 0,03639$), e que os moradores que não acham vantajoso usar o SAS tendem a consumir menos água quente do SAS (vide Figura 29). Essa conclusão é bastante lógica, embora o grupo que acredita que o SAS não é vantajoso seja pequeno se comparado ao que acredita o contrário e, portanto, é necessário cautela quanto às conclusões.

Figura 29 – Comparativo de consumo *per capita* de água quente em relação a não ver vantagem em usar o SAS.



A quantidade de pessoas pode ser analisada como uma variável contínua, como nas seções anteriores, ou como categórica, conforme na presente seção. A Figura 30 apresenta os *boxplots* de consumo de água quente para cada categoria de número de moradores. Uma vez identificada a existência de diferença significativa pelo teste ANOVA ($p\text{-valor} = 0,002$), aplicou-se o teste de Tukey para identificar entre quais grupos de número de moradores há diferença. Com o teste de Tukey, foi possível constatar que as únicas diferenças significativas ao nível de 0,05 são entre unidades habitacionais com 1 morador e aquelas com 3 ou mais moradores. Ou seja, não há diferença significativa entre os consumos de água quente de composições habitacionais com 1 e 2 moradores ($p\text{-valor}=0,115$), nem mesmo entre aquelas possuem 2 moradores ou mais ($p\text{-valor}\geq 0,348$). Como só há um chuveiro na casa, pode-se esperar que haja disputa para o uso, ou seja, os banhos devem ser mais rápidos a fim de que todos possam usar o chuveiro. Para habitações em que há apenas uma pessoa, essa disputa é inexistente, podendo ser esta a razão de apartamentos com apenas um morador apresentarem consumo de água quente significativamente superior.

George, Pearre e Swan (2015) avaliaram o consumo de água quente das UHs em relação ao número de moradores em habitações canadenses com SAS. No entanto, os resultados do consumo médio de água quente por UH encontrados no presente trabalho apresentam uma amplitude e valores bem menores, o que está de acordo com o fato de o chuveiro ser o único ponto de consumo de água quente nas habitações analisadas. Para fins de comparação com o estudo de George, Pearre e Swan (2015), mesmo que este não seja em HIS, pode-se observar a

Figura 30 – Comparativo de consumo *per capita* de água quente em relação ao número de moradores.

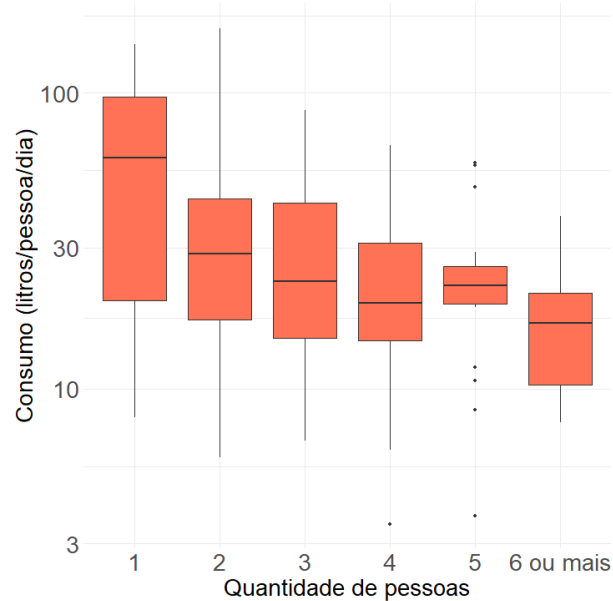
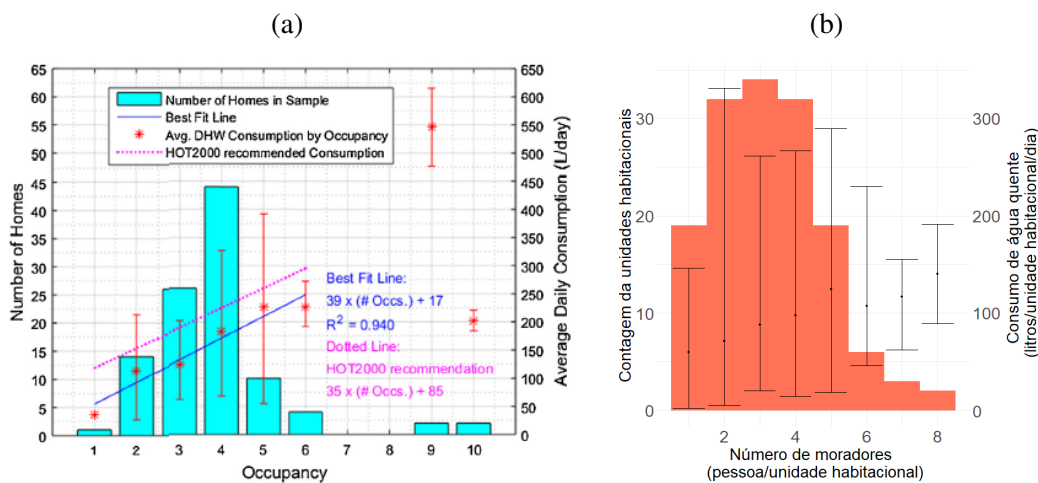


Figura 31. Nota-se que, tanto no estudo de George, Pearre e Swan (2015) quanto no presente estudo, o consumo de água quente total da UH tende a aumentar quase linearmente com o aumento do número de moradores, porém nos dois estudos ocorre uma ruptura desse aumento quando a quantidade de moradores aumenta de 5 para 6 moradores. No presente estudo, pode-se notar que após essa ruptura o consumo de água quente na habitação volta a aumentar de maneira aproximadamente linear. Por outro lado, esse comportamento não é observado no estudo de George, Pearre e Swan (2015), possivelmente devido ao baixo número de habitações com mais de 6 moradores.

Figura 31 – Comparativo de consumo de água quente e número de moradores, sendo (a) uma imagem da literatura e (b) uma representação obtida para os Condomínios A e B.



Fonte: George, Pearre e Swan (2015).

4.3.1.4 Modelo de regressão

Para o ajuste do modelo de regressão do consumo *per capita* de água quente foram utilizados dados de 97 apartamentos, que possuíam informações completas das variáveis candidatas a regressoras. Não foram considerados no modelo os apartamentos que não consumiam água aquecida pelo SAS (consumo de água quente = 0). Valores iguais a zero para a variável dependente, principalmente em regressões que envolvem o transformações logarítmicas, podem ser um problema e uma das soluções possíveis é a remoção desses valores (YOUNG; YOUNG, 1975). Sabe-se que essa solução afeta o contexto do problema, por isso ressalta-se que o presente modelo avalia apenas os apartamentos em que o consumo de água quente do SAS não era nulo. Portanto, não foram abordadas diferenças entre UHs que consomem e não consomem água quente do SAS.

As análises de correlações e de diferenças entre grupos de consumo embasaram a pré-seleção das variáveis regressoras. Assim, foram pré-selecionadas para o modelo inicial 8 variáveis candidatas à regressoras: presença de criança, número de moradores, abrir pouco o registro de água quente (SAS), renda (em faixas de SM), percentual de pessoas que trabalham, percentual de pessoas que trabalham em fábrica, ter mencionado espontaneamente os efeitos do clima no uso do SAS durante a entrevista, e ter mencionado espontaneamente a troca do chuveiro elétrico durante a entrevista.

Os métodos de escolha de variáveis *stepwise* e de validação cruzada resultaram em modelos significativos porém com ao menos um coeficiente e/ou variável não significativa a nível 5%. Porém com o método *validation set* foi possível ajustar um modelo significativo ao nível 5% no qual todos os coeficientes e variáveis eram significativas e os resíduos atenderam aos critérios de média zero, normalidade e homoscedasticidade. O Apêndice B exibe os resultados da validação do modelo em detalhes. A Tabela 22 apresenta as estatísticas e coeficientes do modelo de regressão linear múltipla ajustado para o consumo *per capita* de água quente. Todas as variáveis se mostraram significativas, assim como o modelo (p-valor = 0,002037). A proximidade dos valores do R^2 e do R^2 ajustado reforçam que todas as variáveis são significativas para o modelo (JAMES *et al.*, 2013). Os VIFs calculados indicam que não há presença de multicolinearidade.

Tabela 22 – Estatísticas e coeficientes do modelo de regressão linear múltipla ajustado para o consumo *per capita* de água quente.

	Estimativa	Erro padrão	t	p-valor	VIF
Intercepto	3,53846	0,14559	24,304	$< 2 \times 10^{-16}$ ***	-
Número de moradores	-0,12689	0,04065	-3,122	0,00239 **	1,048397
Menção ao clima	0,35833	0,14445	2,481	0,01489 *	1,048397

Nível de significância 0 **** 0,001 *** 0,01 **

Erro padrão residual = 0,6296

F = 6,589 p-valor = 0,002099

$R^2 = 0,1235$ R^2 ajustado = 0,1043.

Como é possível verificar na Tabela 22, o modelo possui um intercepto de 3,54 (equi-

valente a um consumo de 34,41 L/pessoa/dia) próximo à média de consumo de água quente encontrada. A situação de número de moradores igual a zero não seria realista, portanto tem-se que para os menores valores de número de moradores (1) e menção ao clima (0) o consumo seria de 30,31 L/pessoa/dia. O valor máximo calculado pelo modelo é de 43,38 L/pessoa/dia, correspondente à situação na qual há apenas uma pessoa na residência e em que houve menção ao clima. O valor mínimo calculado pelo modelo é de 17,84 L/pessoa/dia, referente a um cenário com 8 pessoas e sem menção ao clima. Uma vez que o modelo foi feito para o logaritmo do consumo de água quente *per capita*, pode-se aplicar a operação inversa (exponenciação) em toda a equação para obter um modelo do consumo de água quente *per capita*. Deste modo, e utilizando a propriedade exponencial de soma dos expoentes, é possível observar que o modelo indica uma redução do consumo *per capita* de água quente em 1,13 vezes relacionada ao aumento do número de moradores em uma unidade (a cada morador a mais), e um aumento em 1,43 vezes nas UHs associado à menção do clima no contexto do problema.

4.3.2 Consumo *per capita* de água fria

Nesta subseção será avaliado o consumo *per capita* de água fria. Aqui o termo água fria se refere à água que não foi aquecida pelo SAS. Após o tratamento dos dados iniciais, foi obtido um total de 68.778 medições de água fria para o Condomínio Residencial A (referente a 121 apartamentos) e 63.657 medições de água fria para o Condomínio Residencial B (referente a 104 apartamentos). Assim, a amostra de análise do consumo de água fria foi de 225 apartamentos.

A Tabela 23 apresenta as estatísticas descritivas para os condomínios individual e conjuntamente. As Figuras 32(a) e 32(b) mostram que a distribuição dos dados de consumo é similar à distribuição normal quando plotados em escala logarítmica, pra os dois condomínios. Adicionalmente, os *boxplots* (Figuras 33(a) e 33(b)) sugerem que o consumo de água fria no Condomínio A é maior do que no Condomínio B. Esta diferença entre os condomínios também é perceptível nas estatísticas descritivas, *e.g.* 75% dos dados do Condomínio A são menores ou iguais a 222,30 L/pessoa/dia enquanto para o condomínio B o 3º quartil é igual a 156,20 L/pessoa/dia.

Tabela 23 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água fria.

Condomínio	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo	Desvio Padrão
	Consumo de água fria por apartamento(L/pessoa/dia)						
A	42,77	109,81	157,72	173,82	222,30	466,77	88,29
B	45,10	88,20	115,70	128,50	156,20	320,10	55,69
A e B	42,77	99,92	126,79	152,51	183,47	466,77	77,95

Figura 32 – Histogramas do consumo médio de água fria *per capita* por UH nos condomínios A (a) e B (b) em escala logarítmica.

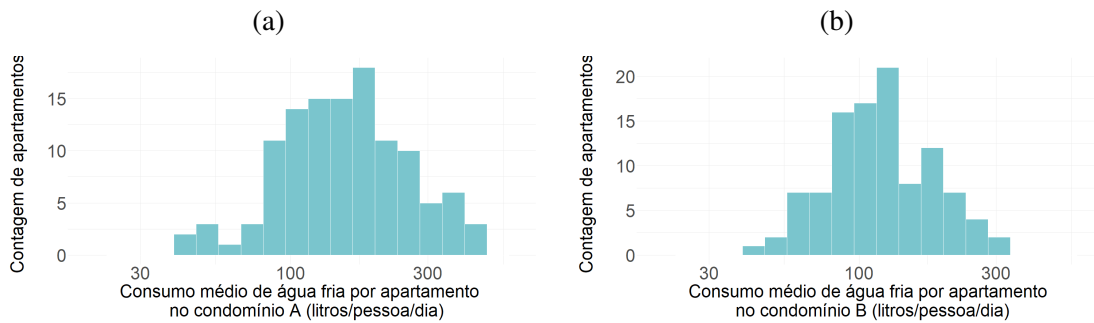
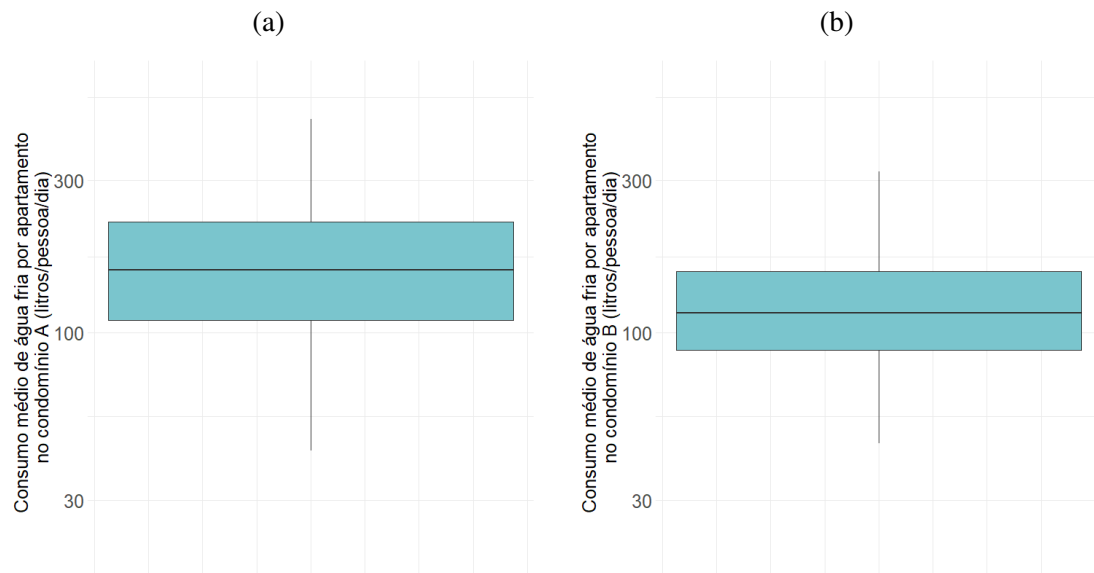


Figura 33 – *Boxplots* do consumo médio de água fria *per capita* por UH nos condomínios A (a) e B (b) em escala logarítmica.



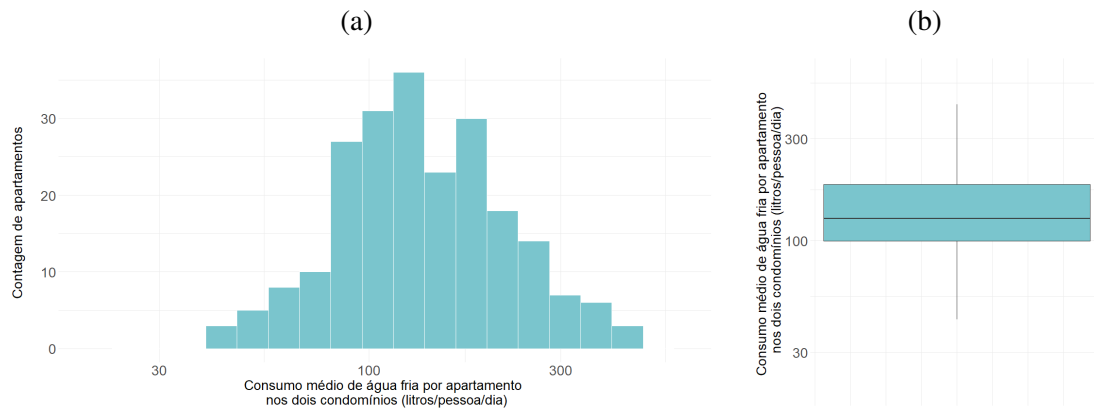
Os valores encontrados são bem superiores àqueles da literatura. Filippi e Sirombo (2019) observaram um consumo de água fria de 67 L/pessoa/dia, por exemplo. Ademais, a literatura comumente aborda os temas consumo de água quente e/ou total, sendo possível em alguns casos obter informações das diferenças entre esses para estimar o consumo de água fria. No estudo de Sirombo *et al.* (2017), na Itália, levando em consideração que o consumo médio total de água foi de 120 L/pessoa/dia e 45% desse valor se referia ao consumo de água quente, tem-se que o consumo médio de água fria era de 66 L/pessoa/dia. No estudo de Gill *et al.* (2011), dos 91 L/pessoa/dia no total, estima-se que 61,4 L/pessoa/dia eram água fria. Ou seja, os estudos mencionados que foram realizados na Itália e no Reino Unido, apontaram um consumo de água fria entre 61,4 L/pessoa/dia a 67 L/pessoa/dia. Em estudos que exploraram o consumo de água por uso final em HIS no Brasil, Vieira (2012) e Cunha (2013) encontraram um consumo médio de 123 L/pessoa/dia e 111,15 L/pessoa/dia, nessa ordem. Destes totais 27% e 13%, respectivamente, eram referentes ao chuveiro, que era abastecido pelo sistema de água fria nos dois estudos. Pode-se estimar, portanto, que o consumo de água no chuveiro era, nos estudos

de Vieira (2012) e Cunha (2013), de 33,21 L/pessoa/dia e 14,45 L/pessoa/dia, respectivamente. Mesmo que o consumo de água fria em HIS no Brasil seja maior do que o consumo de água fria na Itália e no Reino Unido, os condomínios A e B ainda assim apresentam consumos médios consideravelmente mais elevados.

Os valores encontrados para o indicador de consumo de água fria no presente trabalho são mais elevados, inclusive, que os valores de consumo total de água reportados na literatura referente à HIS. De maneira análoga à conclusão de Vine, Diamond e Szydlowski (1987) de que o maior consumo de água quente em relação ao restante do país poderia estar ligado ao não pagamento da fatura de gás, à medição coletiva e à presença de vazamentos na edificação por se tratar de uma HIS e ter pouca manutenção, é possível que uma ou mais dessas razões tenham influenciado os resultados da presente pesquisa. Embora os moradores dos condomínios A e B sejam responsáveis pelo pagamento da conta de água, muitos deles podem ser beneficiados pela Tarifa Social (CAJ, 2020). Ainda que a medição do consumo de água seja individual para os apartamentos dos condomínios estudados, a cobrança era feita por meio de rateio em ambos os condomínios dentro do período analisado. Isto é, o consumo medido pelo hidrômetro geral de cada um dos condomínios era dividido pelo número de apartamentos ocupados, de modo que o valor pago não era necessariamente proporcional ao consumido na UH. Muitos moradores e até mesmo as síndicas do Condomínio A, no qual o consumo *per capita* de água é mais elevado, manifestaram sua discordância com a cobrança de consumo de água por rateio. De fato quando Silva (2018) avaliou edificações multifamiliares em Joinville quanto a seu padrão de consumo de água em relação ao sistema de medição (coletiva ou individualizada), o autor observou que o consumo total de água *per capita* era maior em edificações com sistema de medição coletivo, isto é, com cobrança por meio do rateio. Embora a presença de vazamentos não tenha sido objeto de estudo, moradores de nove apartamentos mencionaram espontaneamente que tinham ou tiveram problemas relacionados a vazamentos. Todas essas nove observações ocorreram no Condomínio A, que possui a maior média de consumo de água fria.

Ao submeter o consumo médio de água fria *per capita* por apartamento dos dois condomínios ao teste de Shapiro-Wilk, verificou-se que a distribuição não poderia ser considerada normal ($p\text{-valor} = 2,75 \times 10^{-11}$). Já a distribuição do LN do indicador de consumo apresentou $p\text{-valor}$ igual a 0,59, mostrando-se suficientemente próxima da distribuição normal. A Figura 34 mostra a distribuição dos dados de consumo de água fria em escala logarítmica, que se assemelha à distribuição normal.

Figura 34 – Histograma (a) e *boxplot* (b) das medições de consumo de água fria *per capita* por UH para os dois condomínios.

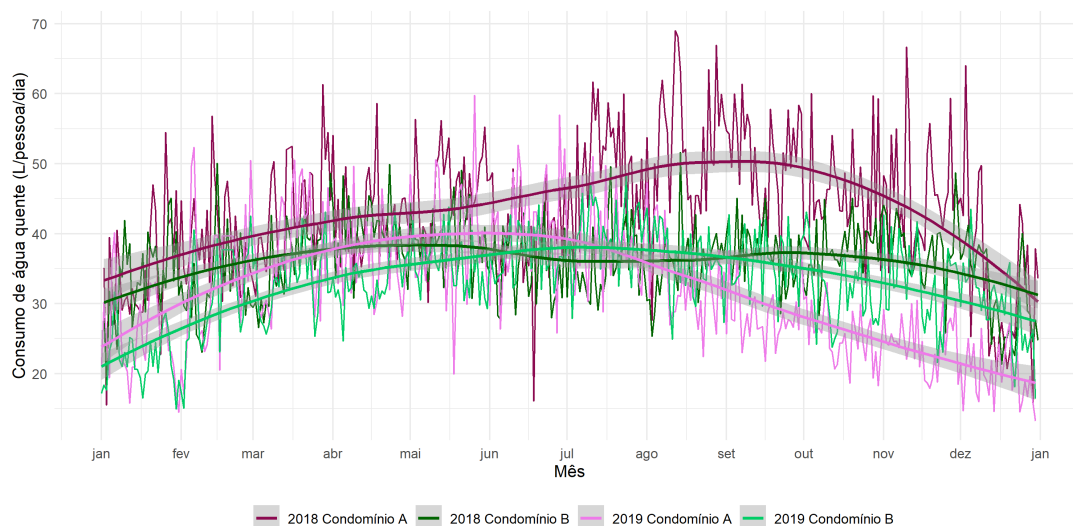


4.3.2.1 Distribuição temporal dos dados e correlações climáticas

Variáveis climáticas, que possuem sazonalidade bem definida, muitas vezes estão associadas às variações cíclicas do consumo de água (HAQUE *et al.*, 2015; CHANG; PRASKIEVICZ; PARANDVASH, 2014). Nesta subseção foi realizada uma análise de como o indicador de consumo *per capita* de água fria está distribuído no tempo e qual sua relação com fatores climáticos.

O Condomínio B apresentou um consumo de água bastante similar nos anos 2018 e 2019, que pode ser observado na Figura 35. Para o Condomínio A, os dois anos são também similares, com diferenças principalmente de fevereiro a abril e de outubro a dezembro. É evidente na Figura 35 que o Condomínio A apresenta consumo de água maior do que o Condomínio B. Quanto ao padrão das curvas de consumo durante o ano, o Condomínio B parece apresentar um padrão mais perceptível, com consumo maior nos meses mais quentes e menor nos mais frios. O consumo de água fria é mais afetado sazonalmente pelos usos finais para o exterior do imóvel, relacionados às atividades de lazer (CORBELLA; PUJOL, 2009; BICH-NGOC; TELLER, 2018).

Figura 35 – Consumo *per capita* de água fria.

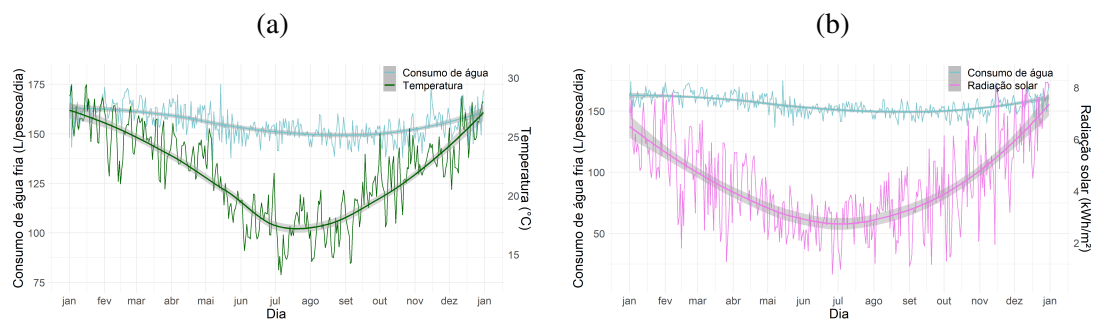


A Tabela 24 e a Figura 36 apresentam como as médias do consumo *per capita* de água fria, temperatura e radiação variam ao longo do ano. Embora a relação não seja tão óbvia quanto para água quente (Figura 25) pode-se observar que há uma redução do consumo de água fria associada à diminuição da temperatura e radiação.

Tabela 24 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água fria por mês e por estação.

Período	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo	Desvio Padrão
Mês							
Consumo <i>per capita</i> de água fria (L/pessoa/dia)							
Janeiro	118,6	156,8	162,5	161,6	166,9	188,8	9,093911
Fevereiro	136,1	159,6	166,1	164,5	169,0	179,1	8,227249
Março	143,3	156,0	160,9	161,1	165,3	178,0	6,885817
Abril	134,3	153,5	160,6	159,9	166,2	179,8	9,088733
Maio	123,3	149,2	153,4	153,2	159,8	176,1	9,444179
Junho	131,2	146,2	152,3	151,2	156,7	165,1	7,432630
Julho	132,3	148,8	152,8	151,6	156,3	162,6	6,559069
Agosto	131,6	146,0	149,1	150,0	154,5	165,2	7,125639
Setembro	130,6	144,7	149,3	148,9	152,5	172,4	7,325221
Outubro	130,1	142,1	148,7	149,4	157,3	168,5	9,438542
Novembro	135,5	148,9	154,1	154,6	161,4	173,4	8,992499
Dezembro	132,7	150,9	158,1	157,8	164,4	175,7	9,723212
Estação							
Consumo <i>per capita</i> de água fria (L/pessoa/dia)							
Primavera	130,1	146,7	152,5	152,9	158,9	175,7	9,235198
Verão	118,6	157,6	163,5	162,3	168,2	188,8	8,939278
Outono	123,3	150,2	156,2	155,6	162	179,8	9,389141
Inverno	130,6	146,2	151,1	150,4	155,6	172,4	7,235395

Figura 36 – Variação da média do consumo *per capita* de água fria e da variação da temperatura (a) e radiação (b) ao longo do ano.



A Tabela 25 apresenta os coeficientes de correlação entre o consumo *per capita* médio de água fria e a radiação e temperatura média, sendo essas médias calculadas por dia, mês e estação. Nota-se que o coeficiente de correlação diária é mais elevado do que aquele encontrado para a água quente, possivelmente estando relacionado a uma interferência direta do clima nos usos finais. Assim como para água quente, nota-se que os coeficientes de correlação para meses e estações são maiores em módulo do que para valores diários.

Tabela 25 – Correlações do consumo *per capita* médio de água fria por mês e por estação.

Variável	Agrupamento	Coeficiente de correlação	
		Tipo	Valor
Radiação solar	Diário	τ	0,35483
	Mensal	r	0,83879
	Estação	r	0,69457
Temperatura ambiente	Diário	τ	0,42124
	Mensal	r	0,64918
	Estação	r	0,88854

τ = coeficiente de correlação de Kendall.

r = coeficiente de correlação de Pearson.

4.3.2.2 Correlações

De modo similar à análise de correlação para o consumo de água quente, os resultados da análise de correlação entre as variáveis independentes e a variável dependente são apresentados na Tabela 26. Com exceção dos coeficientes de correlação entre o indicador de consumo de água fria e as variáveis presença de crianças e número de moradores, os demais poderiam também ser consideradas negligenciáveis perante a classificação de Hinkle, Wiersma e Jurs (2003). No entanto, percebe-se na Tabela 4, adaptada do estudo de Garcia (2011), que os valores dos coeficientes de correlação da literatura não costumam ser elevados.

Tabela 26 – Valores dos coeficientes de correlação entre as variáveis independentes de caracterização socioeconômica e de hábitos e o consumo de água fria *per capita*.

Variável	Coeficiente de correlação	
	Tipo	Valor
Presença de crianças	r	-0,42 ^a
Número de moradores	τ	-0,40 ^a
Percentual de crianças	τ	-0,27 ^a
Presença de adolescentes	r	-0,25 ^a
Presença de morador com ensino médio	r	-0,19 ^a
Presença de adultos	r	-0,19 ^a
Percentual de adolescentes	τ	-0,16 ^a
Presença de homens	r	-0,16 ^a
Presença de adulto com ensino médio	r	-0,15 ^c
Presença de idosos	r	0,16 ^a
Percentual de moradores que trabalham	τ	0,12 ^a
Percentual de adultos	τ	0,13 ^a
Percentual de idosos	τ	0,14 ^a
Renda <i>per capita</i>	r	0,22 ^a
Condomínio residencial	r	0,27 ^a

^a - A correlação é significativa ao nível de 0,05.

^b - A correlação é significativa ao nível de 0,10.

^c - A correlação é significativa ao nível de 0,20.

A presença de crianças e o número de moradores, variáveis correlacionadas entre si

também para os apartamentos nos quais o consumo de água fria foi avaliado ($\tau = 0,56$, p-valor = $2,2 \times 10^{-16}$), estão associadas negativamente com o consumo de água fria *per capita*. Conforme discutido na seção 4.3.1.4, comumente apartamentos com maior número de moradores têm um menor consumo de água *per capita* devido aos usos compartilhados e conflito de disponibilidade. No caso dos apartamentos avaliados, a redução do consumo de água fria pode ser explicada pelo uso tanto para tarefas compartilhadas, como limpeza (GARCIA, 2011) e lavagem de roupas e louças (GILL *et al.*, 2011), quanto para usos individuais passíveis de conflito de disponibilidade (equipamentos hidrossanitários do banheiro). Portanto, esse resultado está de acordo com a literatura, podendo ser explicado pelos usos comuns e possível disputa pela disponibilidade dos pontos de consumo de água.

A presença de crianças e adolescentes e o aumento do percentual dos mesmos em relação ao total de moradores da UH estão associados à redução do consumo de água fria *per capita*. Um aumento no percentual de adultos ou no de idosos, bem como a presença de idosos estão relacionados a um maior consumo de água fria *per capita*. Uma possível explicação para isso pode ser encontrada nos estudos de Ywashima *et al.* (2006) e Marinoski *et al.* (2014b), que mencionam que em HIS um maior tempo de permanência em casa leva a um aumento no consumo de água. Crianças e adolescentes costumam passar ao menos um período do dia na escola e, portanto, fora de casa. Idosos, em geral, estão aposentados e passam a maior parte do seu tempo em casa.

Quanto à educação, observou-se que a presença de moradores (adultos ou não) que ao menos começaram a cursar o ensino médio apresenta correlação negativa com o consumo de água fria *per capita*. O estudo de revisão de determinantes do consumo de água residencial de Bich-Ngoc e Teller (2018) conclui que a educação é mencionada em diversos estudos sobre consumo de água, porém excluída de outros por apresentar correlação com a renda. Os autores reconhecem que alguns estudos indicam aumento do consumo de água com a renda, enquanto outros mostram que o efeito da educação é insignificante em diferentes usos finais. Complementarmente, segundo Rondinel-Oviedo e Sarmiento-Pastor (2020) o consumo de água tende a reduzir com o aumento da renda para pessoas de baixa renda.

O consumo de água fria *per capita* foi menor em habitações onde havia ao menos um morador homem. Mulheres tendem a tomar banhos mais longos do que homens (SHAN *et al.*, 2015), possivelmente causando um aumento do consumo de água fria uma vez que ela pode ser usada para esse uso final (com ou sem participação da água quente do SAS).

Assim como nos estudos de Marinoski *et al.* (2014b) e Garcia (2011) sobre consumo de água em habitações de baixa renda, não foi encontrada correlação significativa entre consumo *per capita* de água com a renda total da UH. Porém, no presente estudo o consumo de água fria *per capita* está associado positivamente ao percentual de moradores que trabalham e à renda *per capita*, variáveis correlacionadas também entre si ($\tau = 0,46$, p-valor = $9,30 \times 10^{-12}$). Embora em HIS não haja uma grande variação na renda, diversos estudos sobre o consumo residencial mostram que, em geral, uma maior renda está associada a um maior consumo de água

(RONDINEL-OVIEDO; SARMIENTO-PASTOR, 2020; SATUR; LINDSAY, 2020). Embora Garcia (2011) tenha observado correlação moderada positiva entre a parcela da renda domiciliar comprometida com o pagamento da conta de água e consumo de água (total e *per capita*), a autora destaca que essa diferença se deve apenas ao valor da conta paga e, portanto, ao próprio volume de água consumido, uma vez que a distribuição de renda era homogênea. Não foi identificada correlação significativa ao nível de 0,20 referente ao consumo de água das unidades contempladas ou não pela Tarifa Social de água da CAJ.

O fato de as unidades habitacionais do Condomínio A apresentarem um maior consumo de água do que aquelas do Condomínio B pode estar ligado a aspectos construtivos. Uma diferença importante entre os dois condomínios é que o Condomínio A conta com castelos d'água como reservatórios de água fria e o Condomínio B possui reservatórios de água instalados nas lajes de cobertura. Essa diferença construtiva pode afetar a vazão nos pontos de consumo.

4.3.2.3 Comparação entre grupos de consumidores

O escopo desta subseção é avaliar as diferenças estatísticas entre grupos de consumo *per capita* de água fria, de modo similar ao realizado na Subseção 4.3.1.3. A Tabela 27 apresenta os principais resultados referentes às comparações entre grupos de consumo de água fria. Não foram encontrados *outliers* extremos.

Tabela 27 – Resultados e testes comparativos de grupos de consumo *per capita* de água fria.

Variável	Resultados dos testes		Teste usado	p-valor	Tamanho da amostra	
	Distribuição normal	Homogeneidade da variância			0 (não)	1 (sim)
Presença de crianças	Sim	Não	Teste-t	$3,394 \times 10^{-11}$	123	98
Presença de adolescentes	Sim	Sim	Teste-t	$1,675 \times 10^{-4}$	157	64
Presença de adultos	Sim	Sim	Teste-t	0,005357	21	200
Presença de idosos	Sim	Sim	Teste-t	0,01848	173	48
Presença de morador com ensino médio	Sim	Sim	Teste-t	0,003556	61	160
Presença de adulto com ensino médio	Sim	Sim	Teste-t	0,1417	34	52
Número de moradores	Sim	Sim	ANOVA	$9,7 \times 10^{-16}$	24-50-73-38-23-13 ^a	
Presença de homens	Sim	Sim	Teste-t	0,01393	36	184
Abrir todo o CE	Sim	Sim	ANOVA	0,109	112-50-42 ^b	
Presença de trabalhador	Sim	Sim	Teste-t	0,207	58	163
Renda <i>per capita</i>	Sim	Sim	Teste-t	0,002319	156	39
Condomínio residencial	Sim	Não	Teste-t	$2,95 \times 10^{-5}$	104	117

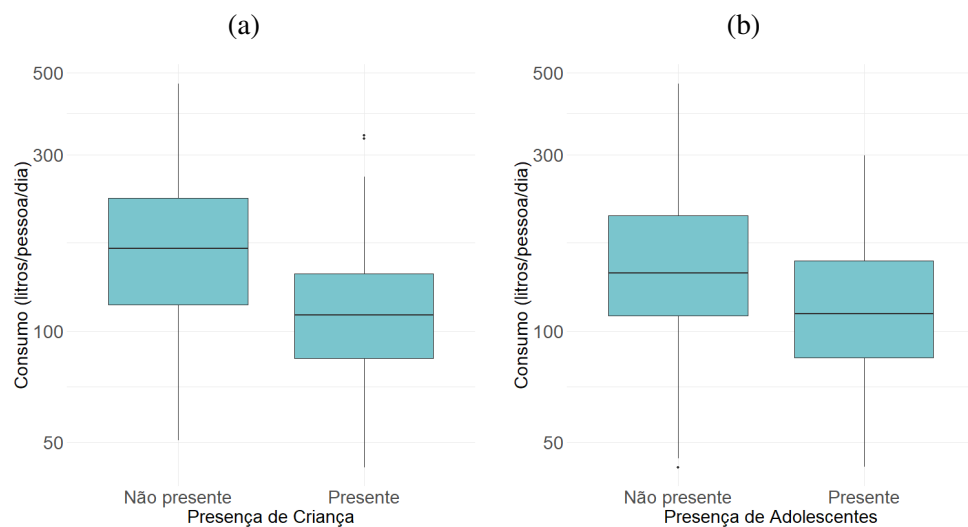
^a - Número de moradores: 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 ou mais.

^b - Grupos de resposta: Nunca - às vezes - sempre.

Assim como para água quente, a variância dos grupos de consumo *per capita* de água fria de UHs com e sem crianças é heterogênea e, por isso, utilizou-se o teste-t com aproximação de Welch para compará-los. Identificou-se que a diferença é significativa (p-valor = $3,394 \times 10^{-11}$), ou seja, pode-se afirmar que apartamentos com crianças apresentam um menor consumo *per capita* de água fria conforme evidenciado na Figura 37(a). Cabe ressaltar que a presença de crianças está correlacionada à quantidade de pessoas ao nível de significância de 0,01. Dos estudos revisados de monitoramento de consumo de água em HIS, nenhum avaliou o impacto da presença de crianças, embora Gill *et al.* (2011) e Garcia (2011) tenham observado que o consumo

diminua com o aumento na quantidade de pessoas da UH. A presença de adolescentes, embora não muito explorada na literatura referente à HIS, também mostrou ter efeito significativo no consumo *per capita* de água fria ($p\text{-valor} = 1,675 \times 10^{-4}$). A Figura 37(b) ilustra a diferença entre os consumos *per capita* de água fria em apartamentos com e sem adolescentes. Assim como a presença de crianças, a presença de adolescentes também tem correlação positiva fraca, porém significativa ao nível de 0,01, com a quantidade de pessoas. Desse modo, os resultados encontrados para os grupos com e sem criança ou adolescente reforçam as discussões da Seção 4.3.2.2.

Figura 37 – Comparativo de consumo *per capita* de água fria em relação a presença de crianças (a) e adolescentes (b).



O consumo *per capita* de água fria apresenta comportamentos opostos quanto à presença de adultos e à de idosos, resultado esperado uma vez que essas variáveis possuem correlação negativa significativa entre si. A Figura 38 apresenta os diferentes resultados nesses contextos. Tanto a presença de adultos quanto a de idosos tem impacto significativo no consumo *per capita* de água fria (teste-t com p-valor igual a 0,005357 e 0,01848, respectivamente).

Observou-se diferença significativa no consumo *per capita* de água fria entre os apartamentos com nenhum e com ao menos um morador homem ($p\text{-valor teste-t} = 0,01393$). Normalmente, a alteração do consumo de água devido a presença de homens ou mulheres é associada com o banho, assim como mencionado na Seção 4.3.1.2. De fato, nem toda a água do banho é proveniente do SAS e, desse modo, pode-se considerar que parte dela seja a água fria. Além disso, em alguns apartamentos o SAS não é nem mesmo utilizado, ou seja, toda a água do banho é considerada água fria uma vez que é fornecida fria e aquecida pelo chuveiro elétrico. A Figura 39 mostra as diferenças nos grupos de consumo com e sem a presença de homens.

Nos condomínios A e B, os grupos com rendimento maior e menor que 1 salário mínimo *per capita* apresentaram diferença significativa ($p\text{-valor teste-t} = 0,002319$) entre seus consumos *per capita* de água fria. Na literatura referente à HIS, Marinoski *et al.* (2014b) observaram que os menores valores de consumo de água ocorriam no grupo de residências com rendas mais

Figura 38 – Comparativo de consumo *per capita* de água fria em relação a presença de adultos (a) e idosos (b).

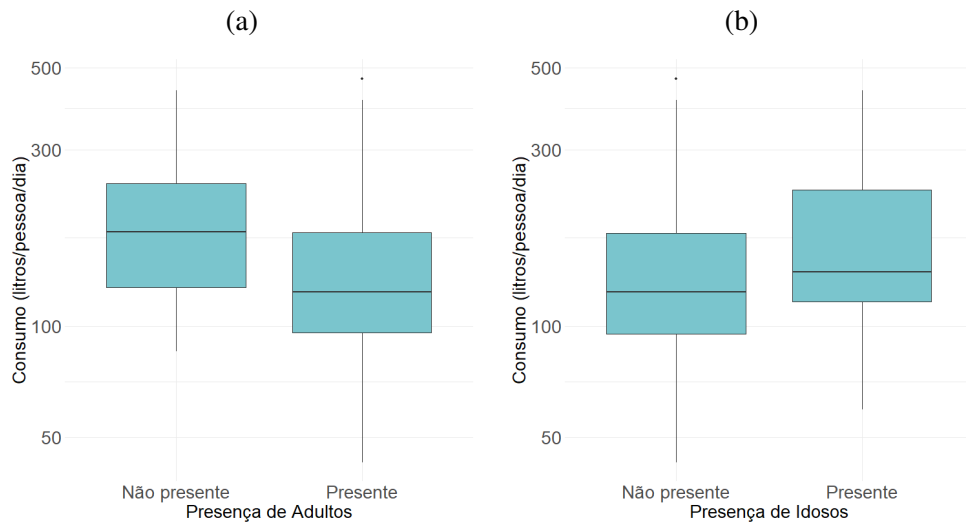
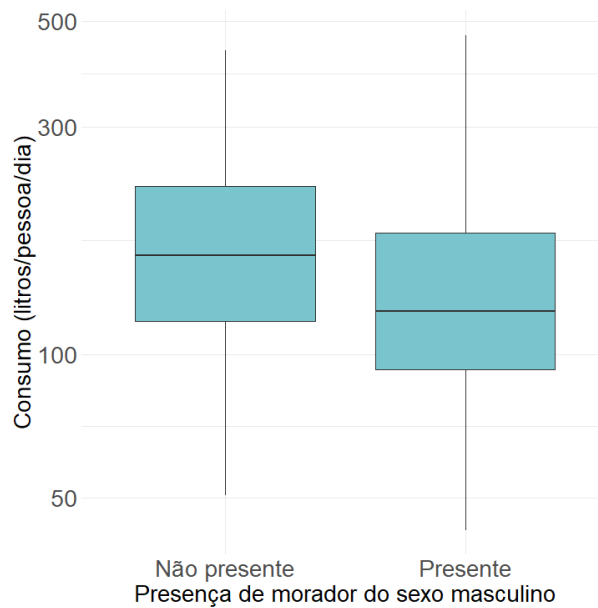


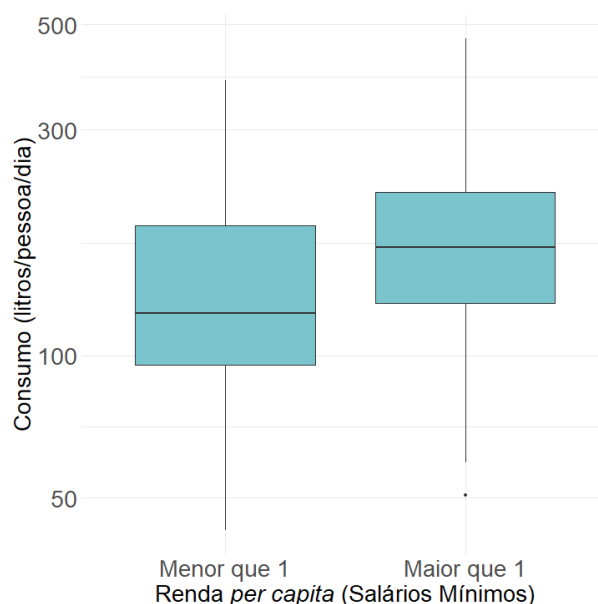
Figura 39 – Comparativo de consumo *per capita* de água fria em relação à presença de homens.



elevadas. Para os autores, uma possível explicação é o estilo de vida dos moradores: enquanto em residências com menor renda o preparo e consumo das refeições ocorre frequentemente em casa, moradores de residências com renda superior possivelmente almoçam em restaurantes com maior recorrência. Conforme a Figura 40, no entanto, nos condomínios A e B o consumo de água *per capita* é maior em residências com maior renda *per capita*, oposto ao observado por Marinowski *et al.* (2014b). Fora do contexto de HIS, Hussien, Memon e Savic (2016) observaram uma diferença nos consumos *per capita* de água por grupos de renda *per capita*, sendo maior o consumo para as faixas de renda mais elevadas. Embora a composição dos usos finais de consumo variasse bastante, os autores ressaltaram que os grupos de maior renda consumiam mais água para lavagem de roupas, limpeza da casa (em consequência do tamanho da mesma), preparação de refeições, e para regar jardins (HUSSIEN; MEMON; SAVIC, 2016). Nem todos esses usos

finais são aplicáveis ao contexto dos condomínios A e B, porém o maior consumo de água para a lavagem de roupas e para a preparação de refeições possivelmente podem ser responsáveis pelo aumento do consumo de água fria em relação à renda *per capita* nos condomínios A e B. Ainda fora do contexto de HIS, há também os autores que defendem que o maior consumo de água para grupos de maior renda deve-se ao uso externo, sendo o consumo interno equivalente para os diferentes grupos de renda (SANT'ANA; MAZZEGA, 2018). Porém, Sant'Ana e Mazzega (2018) encontrou consumo *per capita* superior para UHs de alta renda nos usos finais de bacia sanitária, torneira da cozinha, máquina de lavar louças, torneira da lavanderia, vazamentos e perdas. O uso para lavar roupa foi maior na categoria de renda média alta, seguida pela categoria de alta renda, com consumo superior ao das famílias de renda baixa e média baixa.

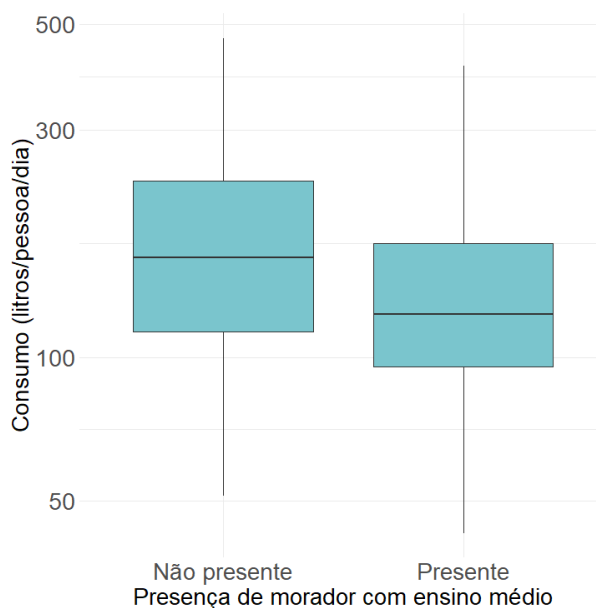
Figura 40 – Comparativo de consumo *per capita* de água fria em relação à renda *per capita*.



Quanto à educação, notou-se que há diferença significativa nas médias de consumo de água total de apartamentos sem e com moradores que ao menos começaram o ensino médio (p-valor teste-t = 0,003556). A Figura 41 apresenta um comparativo de consumo de água entre as unidades habitacionais com e sem moradores com ensino médio. Embora os estudos em HIS não tenham citado relação do consumo de água fria com a educação, estudos fora do contexto de HIS observaram correlação significativa entre educação e o consumo total de água. Alguns estudos, no entanto, excluem a variável educação da análise devido a sua correlação com a renda (BICH-NGOC; TELLER, 2018), que no presente estudo não é significativa. Rajeevan e Mishra (2020) observaram uma correlação positiva entre as variáveis educação e consumo de água total da UH, o que os autores atribuíram a um aumento na renda e a empregos diferentes, relacionados a uma maior frequência de banhos e lavagem de roupas. Makki *et al.* (2013) dividiram os grupos de consumo de água por educação nas categorias ensino superior e ensino técnico, e concluíram que em UHs nas quais os moradores tinham predominantemente ensino superior, o consumo de água referente ao banho e à lavagem de roupas era significativamente maior do que em UHs

nas quais os moradores tinham ensino técnico, considerado um nível inferior de educação pelos autores. Conforme mostrado na seção 4.2, não seria possível fazer um comparativo como no estudo de Makki *et al.* (2013), pois poucos moradores dos condomínios A e B tinham estudado a nível técnico ou superior, enquanto os grupos de educação a nível fundamental e médio eram predominantes.

Figura 41 – Comparativo de consumo *per capita* de água total em relação à presença de morador com ensino médio.

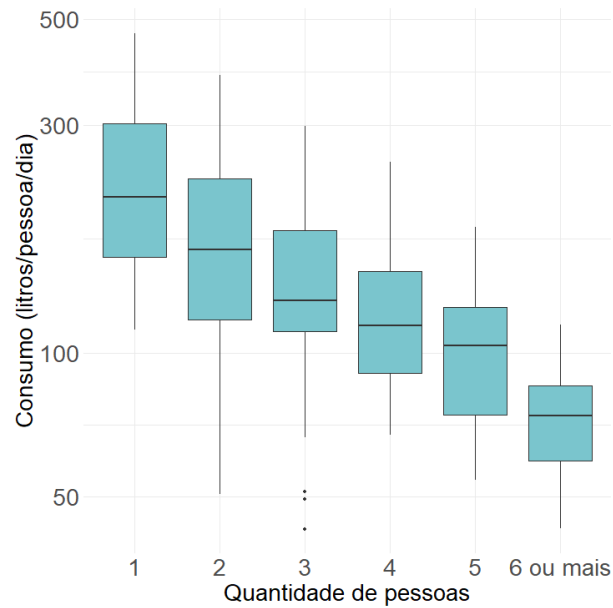


O número de moradores, quando analisado como variável categórica, também classifica o consumo em grupos significativamente diferentes ($p\text{-valor ANOVA} = 9,7 \times 10^{-16}$). A Figura 42 mostra as diferenças no consumo *per capita* de água fria para os diferentes números de moradores. De fato, nos estudos de Garcia (2011) e Gill *et al.* (2011) também foi observada uma redução no consumo associada a um aumento no número de moradores.

O teste de Tukey foi utilizado posteriormente, e com ele foi possível concluir que a maioria dos grupos de número de moradores apresentaram diferença significativa ao nível 0,05. Os resultados do teste indicaram que, para todos os grupos avaliados, o aumento de apenas um morador na UH não altera significativamente o consumo *per capita* de água fria. Isto é, é necessário que haja uma diferença de ao menos dois moradores para alterar significativamente o consumo de água fria.

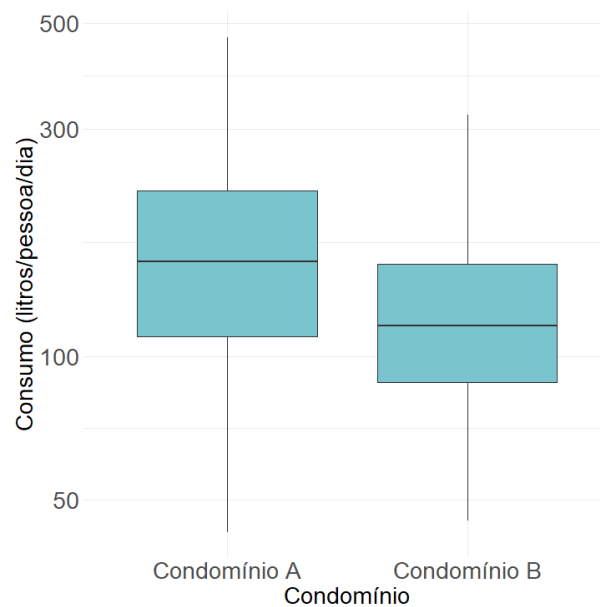
Por fim, por se tratar de uma análise de dois condomínios distintos, foi observado que há diferença significativa entre os grupos de consumo *per capita* de água fria dos Condomínios Residenciais A e B. O teste de Wilcoxon foi utilizado devido à heterogeneidade da variância do consumo de água dos diferentes condomínios. A Figura 43 mostra as diferenças no consumo *per capita* de água fria entre os dois condomínios. É possível concluir que a mediana do consumo é significativamente maior para o Condomínio A em relação ao Condomínio B ($p\text{-valor} = 2,95 \times 10^{-5}$), reforçando a análise da Seção 4.3.1.2. Apenas a água fria, que possui

Figura 42 – Comparativo de consumo *per capita* de água fria em relação ao número de moradores.



sistemas hidráulicos prediais diferentes, apresenta diferença significativa nos grupos de consumo *per capita* de água. Ou seja, os sistemas de armazenamento de água por castelo d'água ou reservatório superior na própria edificação podem ser responsáveis por uma diferença significativa no consumo de água.

Figura 43 – Comparativo de consumo *per capita* de água fria em relação aos condomínios estudados.



4.3.2.4 Modelo de regressão

Para o modelo inicial foram selecionadas 7 variáveis candidatas a regressoras: renda *per capita*, condomínio (A = 1, B = 0), presença de homens, número de moradores, idade máxima entre os ocupantes, percentual de pessoas que trabalham e percentual de adultos. A variável presença de adulto com ensino médio não foi incluída pois não houve resposta a esta questão questionário em alguns apartamentos avaliados, comprometendo o tamanho da amostra. Um total de 193 apartamentos foram inclusos na análise, sendo que todos possuíam informações completas das variáveis candidatas a regressoras.

Os métodos *validation set* e validação cruzada resultaram em um mesmo modelo significativo, no qual todos os coeficientes e variáveis eram significativas e os resíduos atenderam aos critérios de média zero, normalidade e homoscedasticidade. O método de escolha de variáveis *stepwise* resultou em um modelo significativo porém com ao menos um coeficiente e/ou variável não significativa a nível 5% (regressoras presença de adultos com ensino médio e idade máxima). Retirando as variáveis não significativas (ou com coeficientes não significativos) do modelo ajustado com *stepwise*, foi possível obter um modelo igual ao ajustado utilizando *validation set* e validação cruzada. O fato de mais de um método automático de escolha de variáveis levar ao mesmo modelo final é um bom indicador de que o modelo encontrado é a melhor equação de regressão, embora seja necessário reconhecer que sempre pode existir mais de um modelo adequado (ou considerado o “melhor”) (MONTGOMERY; RUNGER, 2014). A Tabela 28 apresenta as estatísticas e coeficientes do modelo final de regressão linear múltipla ajustado para o consumo *per capita* de água fria.

Tabela 28 – Estatísticas e coeficientes do modelo de regressão linear múltipla ajustado para o consumo *per capita* de água fria.

	Estimativa	Erro padrão	t	p-valor	VIF
Intercepto	5,38745	0,07102	75,856	$< 2 \times 10^{-16}$ ***	-
Número de moradores	-0,18592	0,01861	-9,990	$< 2 \times 10^{-16}$ **	1,008179
Condomínio residencial	0,25230	0,05327	4,736	$4,27 \times 10^{-06}$ **	1,008179

Nível de significância 0 ‘***’ 0,001 ‘**’

Erro padrão residual = 0,3663

F = 65,91 p-valor = $< 2 \times 10^{-16}$

$R^2 = 0,4122$ R^2 ajustado = 0,4059.

Os sinais da equação encontrada com regressão linear múltipla estão coerentes com os coeficientes de correlação anteriormente calculados, fato que, observado junto aos baixos valores de VIF, indica a ausência de multicolinearidade no modelo. Os coeficientes encontrados são significativos ao nível 0,001, e os valores de R^2 e R^2 ajustado são próximos, indicando que todas as variáveis são significativas para o modelo (JAMES *et al.*, 2013). O p-valor igual ou menor que 2×10^{-16} indica que o modelo é significativo. A análise completa de validação do modelo pode ser encontrada no Apêndice C. O modelo explica 40,59% do comportamento do consumo *per capita* de água fria nas HIS observadas (R^2 ajustado = 0,4059).

No modelo encontrado, tem-se um intercepto de 5,39 que, devido à transformação logarítmica, equivale a 218,64 L/pessoa/dia, acima da média encontrada para o consumo de água fria (152,51 L/pessoa/dia). Tal resultado pode ser esperado uma vez que o número de moradores (fator que reduz o consumo *per capita* de água fria) é de pelo menos um. Assim sendo, o valor mínimo obtido pela equação é de 181,55 L/pessoa/dia. Nota-se que, com o aumento de um morador na residência, tem-se uma redução de 1,20 vezes no consumo de água. O modelo permite predizer que apartamentos do Condomínio A consomem 1,29 vezes mais água do que apartamentos do Condomínio B.

4.3.3 Consumo *per capita* de água total

Esta subseção analisa o consumo *per capita* de água total com uma organização similar a das subseções 4.3.1 e 4.3.2, comparando ainda os resultados encontrados nessas subseções. Foi possível avaliar o consumo de água total em uma amostra de 220 unidades habitacionais. O termo água total, ou total de água, refere-se aqui à soma do consumo de água fria e de água quente. Não foram feitas medições diretas desta variável, ela foi obtida através dos dados de água fria e quente apresentados anteriormente. A Tabela 29 apresenta as estatísticas descritivas do consumo total de água.

Tabela 29 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água.

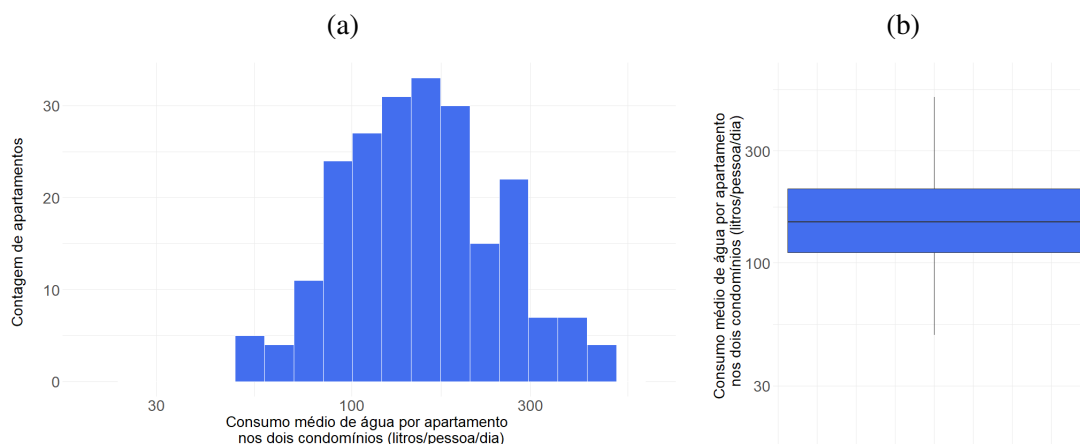
Condomínio	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo	Desvio Padrão
Consumo médio de água por apartamento(L/pessoa/dia)							
A e B	49,27	111,02	149,44	170,87	206,54	508,77	87,41

Assim como nos casos do consumo de água quente e fria, o consumo médio de água total não apresentou distribuição normal segundo o teste de Shapiro-Wilk ($p\text{-valor} = 1.00 \times 10^{-11}$) enquanto o LN do consumo médio de água total atendeu ao critério de normalidade ($p\text{-valor} = 0,44$). As Figuras 44(a) e 44(b) apresentam, respectivamente, o histograma e o *boxplot* do consumo médio de água total por apartamento nos condomínios A e B.

O consumo médio total de água encontrado (170,87 L/pessoa/dia) é superior à maioria dos valores médios identificados na literatura referente à HIS. No exterior, tem-se valores de consumo de água que variam de 91 L/pessoa/dia (GILL *et al.*, 2011) a 150,8 L/pessoa/dia (FILIPPI; SIROMBO, 2019). No Brasil, o consumo médio de água relatado na literatura variou de 97,4 L/pessoa/dia (CUNHA, 2013) até 182,9 L/pessoa/dia (RIBEIRO, 2010), faixa que abrange o valor do indicador de consumo médio de água dos condomínios A e B. Possíveis justificativas para esse alto consumo foram mencionadas na Seção 4.3.2.

O consumo de água em habitações multifamiliares de Joinville que não de interesse social é de 145,20 L/pessoa/dia na amostra avaliada por Silva (2018) e de 186 L/pessoa/dia (ou 224 L/pessoa/dia sem considerar prédios com sistemas alternativos) na amostra avaliada por Souza e Kalbusch (2017). Portanto o valor médio encontrado de 170,87 L/pessoa/dia está dentro da faixa de consumo de habitações multifamiliares encontrada em outros estudos em Joinville.

Figura 44 – Histograma (a) e *boxplot* (b) do consumo médio de água total *per capita* por apartamento nos dois condomínios.



Além disso, não é possível concluir se o consumo de água em HIS multifamiliares de Joinville é maior ou menor do que o consumo de água em habitações multifamiliares da cidade que não de interesse social.

4.3.3.1 Distribuição temporal dos dados e correlações climáticas

Assim como para o consumo de água quente, frequentemente são observadas variações sazonais no consumo de água total (GARCIA, 2020; MAURO *et al.*, 2021). Esta subseção apresenta como o indicador de consumo de água total variou no período observado e como isso pode estar relacionada a fatores climáticos. Uma vez que o consumo total é composto pela soma do consumo de água fria e quente, a contribuição destas parcelas de consumo foi avaliada.

A Figura 45 apresenta as variações das médias dos indicadores de consumo de água durante o ano. As curvas de consumo de água quente e fria se comportam de maneira oposta, isto é, enquanto o consumo de água quente aumenta com a redução da temperatura, o consumo de água fria diminui. Na Figura 45, fica evidente que, no decorrer do ano, o aumento do uso da água quente ocorre um pouco antes da redução do consumo de água fria. Deste modo, o maior consumo de água total ocorre entre fevereiro e abril, período em que o consumo de água quente já começou a aumentar e o de água fria ainda não entrou em redução. Todos os coeficientes de correlação avaliados entre consumo de água (seja ela fria, quente ou total), radiação e temperatura apresentadas são significativas ao nível de 0,05.

Na Tabela 30 verifica-se que as médias mensais de consumo *per capita* de água total variam de 184,4 L/pessoa/dia a 198,9 L/pessoa/dia, sendo outubro o mês de menor consumo médio e fevereiro o mês de maior consumo. Os consumos médios de água total de menor valor (135,6 L/pessoa/dia) e de maior valor (220,9 L/pessoa/dia) ocorreram ambos em janeiro, sendo este também o mês com maior desvio padrão. Possivelmente, o mês de janeiro é afetado pelo período de férias, no qual alguns moradores podem ir viajar e outros podem receber visitas, por exemplo. Os meses com maior média de consumo são fevereiro, março e abril, enquanto os de

menor consumo são outubro, dezembro e setembro, respectivamente.

Figura 45 – Médias dos indicadores de consumo de água durante o ano.

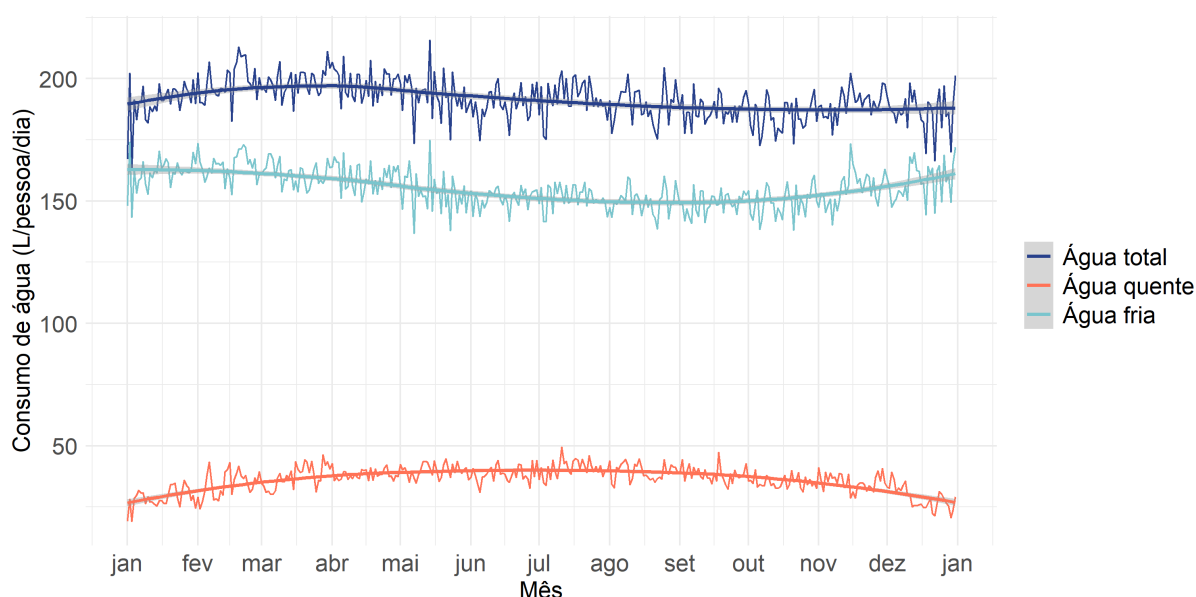


Tabela 30 – Estatísticas descritivas do indicador de consumo de água total por mês e por estação.

Período	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo	Desvio Padrão
Mês	Consumo per capita de água total (L/pessoa/dia)						
Janeiro	135,6	185,4	189,5	190,4	195,4	220,9	11,416041
Fevereiro	157,9	191,3	201,9	198,9	205,6	220,2	11,104440
Março	176,7	194,8	198,2	198,6	203,0	216,7	7,965995
Abril	173,0	191,9	200,6	198,1	203,3	217,2	9,223776
Maio	161,7	187,7	194,8	193,2	200,8	217,4	11,070117
Junho	159,5	183,5	190,2	189,6	196,7	207,9	9,914140
Julho	165,8	186,2	192,8	192,4	197,8	208,2	8,792101
Agosto	158,4	180,9	191,0	189,4	195,6	212,4	11,200486
Setembro	165,8	178,8	185,7	187,1	194,1	216,6	10,837752
Outubro	156,0	177,8	185,3	184,4	190,0	210,7	9,552930
Novembro	174,6	184,6	190,1	189,9	194,2	203,9	7,059085
Dezembro	151,6	181,2	188,4	186,4	195,0	201,9	10,331362
Estação	Consumo per capita de água total (L/pessoa/dia)						
Primavera	156,0	182,1	187,8	187,2	193,4	210,7	8,710213
Verão	135,6	187,7	195,4	194,1	201,7	220,9	11,831365
Outono	159,5	189,4	195,6	194,7	202,1	217,4	10,724616
Inverno	158,4	183,5	191,3	190,0	196,6	216,6	10,509126

A Figura 46 apresenta como as médias do consumo *per capita* de água total, da temperatura e da radiação variam ao longo do ano. Pode-se verificar que não há relação evidente entre o consumo de água total e o clima, resultado esperado uma vez que o consumo de água total é a

soma das medições de água fria e quente para cada apartamento e essas, por sua vez, possuem comportamentos sazonais contrários conforme mostrado nas Seções 4.3.1.1 e 4.3.2.1. A Tabela 31 apresenta as correlações do consumo de água total com as variáveis climáticas.

Figura 46 – Variação da média do consumo *per capita* de água total e da variação da temperatura (a) e radiação (b) ao longo do ano.

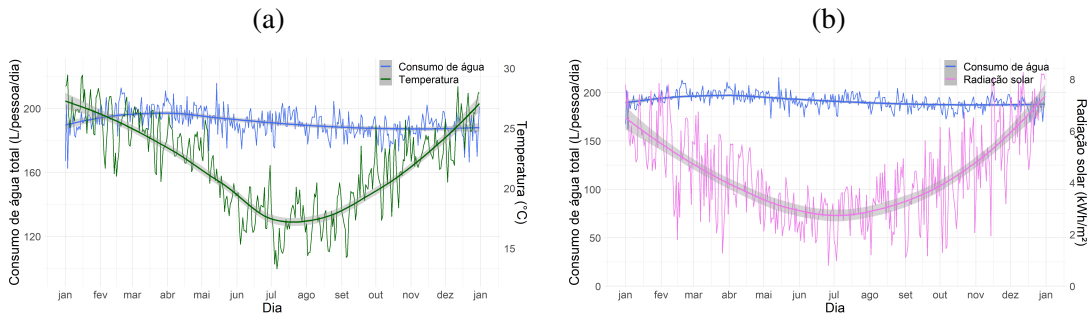


Tabela 31 – Correlações do consumo *per capita* médio de água total por mês e por estação.

Variável	Agrupamento	Coeficiente de correlação	
		Tipo	Valor
Radiação solar	Diário	τ	0,16206
	Mensal	r	-0,04183
	Estação	r	-0,05995
Temperatura ambiente	Diário	τ	0,15698
	Mensal	r	0,29429
	Estação	r	0,32246

τ = coeficiente de correlação de Kendall.
r = coeficiente de correlação de Pearson.

4.3.3.2 Correlações

Semelhantemente e de modo complementar às Subseções 4.3.1.2 e 4.3.2.2, esta subseção analisa a relação do indicador de consumo de água total com as variáveis dependentes. A Tabela 32 apresenta os coeficientes de correlação significativos ao nível de 0,20 para o consumo de água total. Nota-se que, assim como para o consumo de água quente e fria, o número de moradores e a presença de crianças são as variáveis com maior correlação com o consumo de água total em módulo.

É possível observar semelhanças entre as variáveis correlacionadas com o consumo *per capita* de água fria e aquelas correlacionadas com o consumo *per capita* total de água. Também há algumas semelhanças entre as variáveis correlacionadas com o consumo *per capita* de água quente e total. A Tabela 33 apresenta um resumo das correlações apresentadas em relação aos diferentes consumos *per capita* de água.

Tabela 32 – Correlações entre as variáveis independentes de caracterização socioeconômica e de hábitos e o consumo de água total *per capita*.

Variável	Tipo de correlação	Correlação
Presença de crianças	r	-0,41 ^a
Número de moradores	τ	-0,38 ^a
Percentual de crianças	τ	-0,27 ^a
Presença de adolescentes	r	-0,21 ^a
Presença de homens	r	-0,16 ^a
Presença de morador com ensino médio	r	-0,14 ^a
Percentual de adolescentes	τ	-0,13 ^a
Não utilizar o SAS	r	-0,11 ^c
Percentual de idosos	τ	0,10 ^b
Presença de idosos	r	0,11 ^b
Percentual de moradores que trabalham	τ	0,13 ^a
Percentual de adultos	τ	0,16 ^a
Condomínio residencial	r	0,20 ^a
Renda <i>per capita</i>	r	0,21 ^a

^a - A correlação é significativa ao nível de 0,05.

^b - A correlação é significativa ao nível de 0,10.

^c - A correlação é significativa ao nível de 0,20.

Tabela 33 – Resumo das correlações e consumos *per capita* de água.

Variável	Coeficiente de correlação		
	Água quente	Água fria	Água total
Presença de crianças	-0,21	-0,42	-0,41
Número de moradores	-0,19	-0,40	-0,38
Percentual de crianças	-0,13	-0,27	-0,27
Presença de adolescentes	-0,09	-0,25	-0,21
Presença de homens	-0,13	-0,16	-0,16
Presença de morador com ensino médio	*	-0,19	-0,14
Presença de adulto com ensino médio	*	-0,15	*
Percentual de adolescentes	-0,13	-0,16	-0,13
Presença de adultos	-0,11	-0,19	*
Não utilizar o SAS	**	**	-0,11
Percentual de idosos	*	0,16	0,10
Presença de idosos	*	0,14	0,11
Percentual de adultos que trabalham	0,08	0,12	0,13
Percentual de adultos	0,14	0,13	0,16
Condomínio residencial	*	0,27	0,20
Renda <i>per capita</i>	*	0,22	0,21
Faixa de renda	-0,08	*	*

* Sem correlação significativa ao nível 0,20.

** Não se aplica.

O número de moradores, por exemplo, apresenta uma associação negativa com os dife-

rentes tipos de consumo *per capita* de água. O mesmo acontece para as variáveis presença de crianças, percentual de crianças, presença de homens, presença de adolescentes e percentual de adolescentes. A variável presença de adultos, no entanto, não se mostra correlacionada ao consumo *per capita* total de água, embora tenha apresentado correlação negativa tanto com o consumo *per capita* de água quente quanto com o de água fria. O percentual de adultos, por outro lado, mostrou-se correlacionado positivamente com os diferentes tipos de consumo *per capita* de água avaliados, bem como a presença de idosos e o percentual de moradores que trabalham.

A renda maior do que 1 salário mínimo por pessoa, fazer parte do Condomínio A, a presença e percentual de idosos, e a idade máxima dos moradores aumentam apenas o consumo *per capita* de água fria e total. De modo similar, a presença de morador com ensino médio ou de morador que trabalhe no setor alimentício reduz apenas o consumo *per capita* de água fria e total. A média da idade dos moradores é a única variável correlacionada com o consumo *per capita* de água quente e total e não correlacionada com o consumo de água fria. Logo, conclui-se que é mais comum que uma variável seja correlacionada com o consumo *per capita* de água fria e total e não com o consumo *per capita* de água quente do que ter uma variável correlacionada com o consumo *per capita* de água quente e total e não com o consumo *per capita* de água fria. Essa conclusão é bastante coerente uma vez que o consumo de água total é majoritariamente composto pelo consumo de água fria. Assim como para o consumo de água quente e água fria, não foi identificada correlação significativa ao nível de 0,20 referente ao consumo de água total das unidades contempladas ou não pela Tarifa Social.

Não utilizar o SAS está associado a uma redução do consumo de água. Conforme Ribeiro (2010), SAS centralizados podem resultar em uma vazão mais elevada do fornecimento de água, e o aumento da vazão pode estar associado a uma percepção de aumento de conforto, podendo gerar aumento do consumo de água. Adicionalmente, as particularidades do SAS do PMCMV somadas à falta de experiências dos moradores com esse tipo de sistema podem dificultar o uso do sistema e inclusive aumentar o tempo de banho (GIGLIO, 2015). Um aumento no tempo de banho, por sua vez, pode acarretar em um aumento no consumo de água quente (RIBEIRO, 2010), que é uma porção do consumo de água total.

4.3.3.3 Comparação entre grupos de consumidores

Esta seção analisa as inferências que podem ser feitas sobre diferenças entre grupos de consumo *per capita* de água total, de modo similar ao realizado para água quente e fria. A Tabela 34 apresenta os resultados dos testes de diferença da média ou da mediana de dois ou mais grupos para cada uma das variáveis categóricas com correlação significativa com o consumo *per capita* de água total. Os resultados dos testes indicaram que não havia *outliers* extremos nos grupos de consumo *per capita* de água fria. Assim como observado na Seção 4.3.3.2, podem ser encontradas semelhanças entre as análises do consumo de água total com aquelas do consumo de água fria e quente, conforme esperado.

Assim como para os consumos *per capita* de água fria e quente, foi identificada diferença

Tabela 34 – Resultados e testes comparativos de grupos de consumo *per capita* de água total.

Variável	Resultados dos testes		Teste usado	p-valor	Tamanho da amostra	
	Distribuição normal	Homogeneidade da variância			0 (não)	1 (sim)
Presença de homens	Sim	Sim	Teste-t	0,01453	36	183
Presença de crianças	Sim	Sim	Teste-t	$1,45 \times 10^{-10}$	122	98
Presença de adolescentes	Sim	Sim	Teste-t	0,001517	156	64
Presença de vazamentos	Sim	Sim	Teste-t	0,1158	190	9
Presença de idosos	Sim	Sim	Teste-t	0,09028	173	47
Número de moradores	Não	Não	Kruskal-Wallis	$3,38 \times 10^{-11}$	24-49-73-38-23-13 ^a	
Presença de morador com ensino médio	Sim	Sim	Teste-t	0,03334	60	160
Condomínio residencial	Sim	Sim	Teste-t	0,002585	104	116
Renda <i>per capita</i>	Sim	Sim	Teste-t	0,002627	155	39
Não utilizar o SAS	Sim	Sim	Teste-t	0,1231	137	47
Abrir todo o CE	Sim	Sim	ANOVA	0,387	111-50-42	
Pressão SAS	Ao menos uma categoria não possui dados suficientes.				1-3-133	^c
Funcionamento do SAS	Sim	Sim	ANOVA	0,098	4-29-109	^b

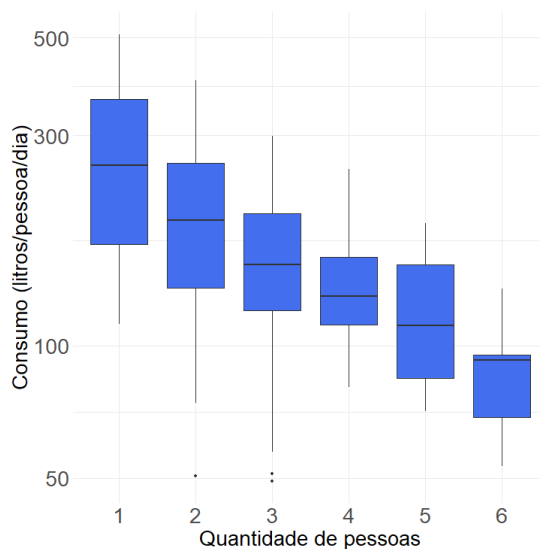
^a - Número de moradores: 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 ou mais.

^b - Grupos de resposta: Nunca - às vezes - sempre.

significativa para as categorias das variáveis número de moradores e presença de criança. Logo, esses resultados estão de acordo com o esperado devido às análises de consumo de água fria e quente. Como uma parte majoritária do consumo de água total é composta pelo consumo de água fria, pode-se esperar que algumas distinções observadas para grupos de consumo de água fria se estendam aos grupos de consumo de água total, mesmo que não sejam observadas para água quente. Os grupos de apartamentos com ou sem adolescentes, com renda *per capita* menor ou maior que 1 salário mínimo mensal, do Condomínio A ou B, com ou sem moradores homens, e com ou sem moradores com ensino médio, que também apresentaram diferença significativa para o consumo *per capita* de água fria, possuem diferença significativa entre os consumos *per capita* de água total. Os *boxplots* comparativos das categorias mencionadas estão no Apêndice F.

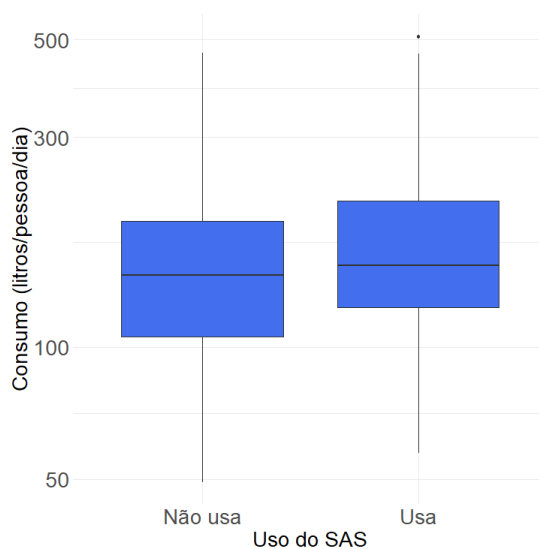
A diferença entre grupos de diferentes números de moradores foi analisada pelo teste de Kruskal-Wallis e, conforme Tabela 34, os consumos são significativamente diferentes entre as categorias. A Figura 47, apresenta o consumo *per capita* de água total para cada um dos grupos. A redução do consumo *per capita* de água total é coerente com o que foi observado para os consumos de água fria e quente por pessoa. Utilizando testes de Wilcoxon para cada par de amostras independentes, observaram-se as diferenças das medianas de consumo *per capita* de água total para os diferentes grupos de número de moradores. As unidades habitacionais com apenas 1 morador apresentam diferença significativa ao nível de 0,05 no consumo *per capita* de água total em relação a todos os demais grupos (2,3,4,5 e 6 ou mais moradores). As unidades habitacionais com 4 moradores não apresentaram diferença significativa de consumo de *per capita* de água total em relação a apartamentos com um morador a mais ou a menos, respectivamente 3 moradores (p-valor=0,05347) ou 5 moradores (p-valor=0,12416). Todos os demais apresentaram diferença significativa em relação aos outros grupos de número de moradores.

Figura 47 – Comparativo de consumo *per capita* de água total em relação ao número de moradores.



Utilizar ou não o SAS não resulta em uma diferença significativa nas médias de consumo *per capita* de água total (p -valor teste- $t = 0,1231$). A Figura 48 apresenta um comparativo entre UHs que utilizam e não utilizam o SAS, sendo que foram levadas em consideração 137 UHs que utilizam o SAS e 47 que não o utilizam. Esse resultado vai contra o que era esperado uma vez que, segundo Ribeiro (2010), o SAS pode melhorar o conforto do banho e assim induzir os moradores a aumentarem seu consumo de água, pela possibilidade de um banho com uma vazão de água mais elevada mantendo a temperatura de conforto. No entanto, é um resultado positivo do ponto de vista ambiental uma vez que não há diferença significativa quanto ao uso do SAS e o consumo de água e, paralelamente, sabe-se que o sistema apresenta benefícios no âmbito energético conforme Giglio (2015).

Figura 48 – Comparativo de consumo *per capita* de água total em relação ao uso do SAS.



4.3.3.4 Modelo de regressão

A fim de ajustar o modelo de regressão para o consumo *per capita* de água total, foram considerados os apartamentos de que se tinha informação tanto sobre o consumo de água fria quanto de água quente, mesmo que este último fosse nulo (caso em que considerou-se que não havia uso do SAS). Foram selecionadas para o modelo inicial as seguintes 11 variáveis: percentual de adultos, percentual de pessoas que trabalham, número de moradores, presença de adolescentes, presença de idosos, presença de homens, presença de crianças, condomínio, renda *per capita*, não usar o SAS, presença de morador com ensino médio. O modelo foi ajustado com base em dados de 170 apartamentos.

Os métodos *stepwise*, validação cruzada e *validation set* ajustaram modelos significativos porém com ao menos um coeficiente e/ou variável não significativa a nível 5%. Retirando as variáveis não significativas ou com coeficientes não significativos para o modelo ajustado em cada um dos métodos de seleção de variável, todos os métodos conduziram ao mesmo modelo. Para os métodos de escolha de variável *stepwise* e validação cruzada, apenas as variáveis presença de crianças e presença de morador com ensino médio não eram significativas e foram removidas. Para o método *validation set* apenas a variável presença de morador com ensino médio precisou ser removida por não ser significativa.

Foi possível ajustar um modelo significativo ($p\text{-valor} < 2,2 \times 10^{-16}$) no qual todos os coeficientes e variáveis fossem significativos e os resíduos atendiam aos critérios de média zero, normalidade e homoscedasticidade. A Tabela 35 apresenta as estatísticas e coeficientes do modelo de regressão linear múltipla ajustado para o consumo *per capita* de água total.

Tabela 35 – Estatísticas e coeficientes do modelo de regressão linear múltipla ajustado para o consumo *per capita* de água total.

	Estimativa	Erro padrão	t	p-valor	VIF
Intercepto	5,45301	0,09401	58,003	$< 2,2 \times 10^{-16}$ ***	-
Condomínio residencial	0,20963	0,05605	3,740	0,000254 **	1,043711
Número de moradores	-0,18531	0,01877	-9,874	$< 2,2 \times 10^{-16}$	1,015655
Não utilizar o SAS	-0,20548	0,06230	-3,298	0,001195 **	1,028096
Percentual de adultos	0,25761	0,08948	2,879	0,004526 **	1,010407

Nível de significância 0 '***' 0,001 '**'

Erro padrão residual = 0,3551

F = 33,33 $p\text{-valor} < 2,2 \times 10^{-16}$

$R^2 = 0,45$ R^2 ajustado = 0,4365.

Uma vez que a quantidade de pessoas estava no modelo de regressão água quente e de água fria com coeficiente negativo, era esperado que esta variável também estivesse presente no modelo de regressão de consumo total de água como ocorrido. Assim como para água fria, o fato de um apartamento fazer parte do Condomínio A leva a um aumento no consumo de água total conforme o modelo, uma consequência bastante lógica uma vez que o consumo total de água é majoritariamente composto pelo consumo de água fria. Duas variáveis que não haviam

aparecido nos modelos de água quente e fria foram o percentual de adultos e o fato de o SAS não ser utilizado no apartamento. O modelo escolhido consegue explicar 43,65% da variável consumo *per capita* de água total, e foi o modelo com maior R^2 ajustado obtido nesse estudo. O Apêndice D apresenta mais detalhes da validação do modelo e seus resíduos.

O intercepto do modelo equivale a um consumo total de 233,46 L/pessoa/dia. No modelo, fazer parte do Condomínio A representa um aumento de 1,23 vezes no consumo. Uma maior quantidade de moradores está associada a uma redução do consumo de 1,20 vezes por pessoa. Não utilizar o SAS faz com que o consumo total de água *per capita* seja reduzido 1,23 vezes. O percentual de adultos, se variado de 0 a 100% (0 a 1), pode conduzir a um aumento de 1,29 vezes no consumo de água (ressalta-se que idosos foram considerados em uma categoria distinta).

4.4 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

Esta seção apresenta uma síntese e discussão dos principais resultados encontrados, comparando-os com a literatura. Os aspectos mais relevantes do consumo *per capita* de água para o presente trabalho foram as estimativas dos valores dos indicadores de consumo, a relação com o clima, a identificação de variáveis socioeconômicas e de hábitos associadas, e o ajuste de um modelo de regressão para cada um dos consumos de água (quente, fria e total). Os resultados encontrados descrevem o consumo *per capita* de água em HIS com SAS na cidade de Joinville, SC. Encontrou-se um consumo *per capita* médio de água quente, fria e total de, respectivamente, 32,50 L/pessoa/dia, 152,51 L/pessoa/dia e 170,87 L/pessoa/dia.

O consumo *per capita* de água quente estimado foi aproximadamente duas vezes maior que o valor do consumo observado por Giglio (2015) em 200 unidades habitacionais de um empreendimento do PMCMV na cidade de Londrina, Paraná (500 km de Joinville) que havia sido de 17 L/pessoa/dia. A média de consumo encontrada por Giglio (2015) durante o inverno (31,5 L/pessoa/dia) foi mais próxima à média de consumo encontrada ao longo do ano no presente trabalho. O resultado encontrado foi mais similar ao observado por Gill *et al.* (2010) (27,1 L/pessoa/dia) em HIS unifamiliars no Reino Unido. Giglio (2015) avaliou apenas o consumo de água quente para banho, em uma localidade relativamente próxima à Joinville se comparada a dos demais estudos na área. Gill *et al.* (2010), por outro lado, não especificou os pontos de consumo de água quente envolvidos na análise e avaliou dados de um país com diferentes características climáticas, que afetam o consumo de água quente. Demais estudos apresentavam valores mais elevados de consumo de água quente, porém não especificavam se o consumo de água quente observado consistia no volume de água misturado ou não, impossibilitando a comparação entre os resultados. A disponibilidade da literatura de consumo de água quente em HIS do PMCMV é limitada, restringindo também as conclusões comparativas.

O consumo *per capita* de água fria é pouco estudado em HIS de maneira isolada do consumo total de água. Ainda assim, os estudos de Sirombo *et al.* (2017), Filippi e Sirombo (2019) e Gill *et al.* (2011), realizados em países europeus, apresentaram valores médios de

consumo de água fria menores. As diferenças climáticas podem ser responsáveis por parte dessa discrepância, uma vez que foi encontrado que, durante o ano, o consumo de água fria é menor nos meses mais frios, e países europeus tendem a ter um clima mais frio que o Brasil. Ainda assim, estudos realizados em HIS brasileiras apresentaram valores de consumo de água total menores, *e.g.* 123 L/pessoa/dia (VIEIRA, 2012) e 111,15 L/pessoa/dia (CUNHA, 2013), sugerindo um consumo de água fria também de menor valor. Pode-se concluir que o consumo de água fria encontrado é elevado em relação à literatura.

Por sua vez, o consumo *per capita* de água total está dentro da faixa de valores reportada na literatura para Joinville, embora seja superior a muitos dos consumos relatados na literatura referente à HIS, tais como Gill *et al.* (2011), Filippi e Sirombo (2019), Cunha (2013), Silva (2018), Ywashima *et al.* (2006), Garcia (2011), Vieira (2012), Marinoski *et al.* (2014a) e Sodagar e Starkey (2016). O valor médio encontrado (170,87 L/pessoa/dia) é inferior apenas ao indicado por Ribeiro (2010) para 16 HIS unifamiliares em Campinas e por Souza e Kalbusch (2017) para habitações de edificações multifamiliares em Joinville (fora do contexto de HIS). Assim sendo, pode-se considerar que o valor encontrado é elevado sem deixar de ser coerente com a literatura. Alguns dos motivos sugeridos para tal são a presença de vazamentos em HIS (VINE; DIAMOND; SZYDLOWSKI, 1987) e a cobrança de consumo por medição coletiva (SILVA, 2018).

Quanto ao clima, os consumos de água fria e quente apresentaram associações opostas. Um aumento na temperatura ambiente e na radiação solar está relacionado a uma redução no consumo de água quente e aumento no consumo de água fria. Como consequência, o consumo total de água apresentou coeficientes de correlação baixos com as variáveis temperatura ambiente e radiação solar. Na literatura, também foi observado comportamento similar para água quente (GIGLIO, 2015; CHAO; UMAPATHI; SAMAN, 2015).

Dos fatores influenciadores nos consumos *per capita* de água, pode-se destacar a presença de crianças e o número de moradores, variáveis correlacionadas também entre si. O percentual de crianças, a presença e o percentual de adolescentes e a presença de homens também apresentaram correlação negativa com todos os consumos *per capita* de água. No estudo de Fuentes, Arce e Salom (2018), a presença de crianças e adolescentes estava associada a um aumento no consumo de água quente da UH, o que é esperado caso estas variáveis estejam também associadas positivamente ao número de moradores.

A renda domiciliar, assim como em outros estudos de HIS, mostrou pouca ou nenhuma associação com os consumos *per capita* de água. As diferenças de consumo *per capita* de água quente entre grupos com faixas de renda domiciliar distintas não se mostraram significativas. Uma possível explicação é a pouca variação entre as rendas domiciliares, também observada por Garcia (2011). No entanto, há diferença significativa de consumo *per capita* de água fria e total entre os grupos com renda *per capita* maior ou menor do que 1 salário mínimo.

O uso do SAS está associado a um aumento no consumo *per capita* de água total, o que foi observado por correlação e pelo modelo de regressão. No entanto não foi encontrada

diferença significativa entre as médias dos grupos de consumidores que usam ou não o SAS. Na literatura, apenas Ribeiro (2010) havia explorado essa diferença. A autora constatou que algumas das unidades habitacionais aumentaram seu consumo de água após a instalação do SAS, e a média de consumo de todas as habitações avaliadas antes e depois da instalação do SAS também aumentou, mas o aumento percebido não era de grande magnitude.

O número de moradores, frequentemente mencionado na literatura como fator determinante, foi a única variável regressora presente em todos os modelos de consumo *per capita* de água. Conforme já esperado, um aumento no número de moradores está sempre associado a uma redução no consumo *per capita* de água, o que pode ser explicado pelos usos comuns de água (GARCIA, 2011; GILL *et al.*, 2011) e também pelo possível conflito de uso dos pontos de consumo de água (GARCIA, 2011). Na literatura, a associação negativa entre o consumo de água e o número de moradores havia sido também observada por Garcia (2011) e Gill *et al.* (2011) para o consumo *per capita* de água total e por Rouleau, Gosselin e Blanchet (2018) para o consumo *per capita* de água quente.

Por fim, o modelo encontrado para o consumo de água quente teve o menor R^2 ajustado (10,43%), indicando que as variáveis regressoras utilizadas explicam mais do consumo de água fria e total do que do consumo de água quente. Na literatura, Fuentes, Arce e Salom (2018) indica que o consumo de água quente é afetado principalmente pelo comportamento do usuário. Adicionalmente, o tempo de banho, um exemplo de variável relacionada ao comportamento do usuário, também não mostrou associação significativa com o consumo de água quente *per capita*. A associação entre o tempo de banho e o consumo de água quente havia sido mencionada por Giglio (2015) e Ribeiro (2010), e o fato de tal associação não ser significativa no presente estudo pode ser devido ao fato de o tempo de banho não ter sido observado, e sim questionado aos moradores.

Finalmente, foi possível obter modelos que explicassem mais de 40% dos consumos de água fria e de água total. Além da variável número de moradores, o condomínio faz parte dos modelos de previsão dos consumos *per capita* de água fria e total. A diferença no consumo de água associada aos condomínios A e B pode estar relacionada ao sistema de reservação de água, dado que nas edificações analisadas, o castelo d'água pode proporcionar maior pressão de água se comparado ao reservatório na laje de cobertura. Ressalta-se que não houve, no entanto, diferença de consumo associado aos diferentes andares dos apartamentos. Pode-se concluir que os consumos *per capita* de água fria e total estão associados a aspectos socioeconômicos e da edificação.

5 CONCLUSÕES

Habitações de interesse social costumam fazer parte de grandes projetos urbanos e, portanto, apresentam grande potencial para implementação de medidas sustentáveis. Monitorar e avaliar o consumo de água quente, fria e total em habitações de interesse social, e identificar quais seus principais fatores determinantes pode contribuir amplamente para a gestão da demanda urbana de água.

Essa dissertação analisou o consumo de água (quente, fria e total) em edificações residenciais multifamiliares de interesse social em Joinville e seus fatores determinantes. Mais especificamente, foram avaliados os condomínios residenciais do Programa Minha Casa, Minha Vida que tinham sistema de aquecimento solar de água e estão localizados em Joinville. Devido à grande quantidade de dados, primeiramente foi realizado um tratamento de dados. Então, foram avaliadas as dispersões dos dados no período de análise, suas estatísticas descritivas e as relações com variáveis climáticas. Técnicas de análise uni (correlações e diferenças entre grupos) e multivariada (modelo de regressão linear múltipla) foram empregadas e permitiram identificar os fatores determinantes dos consumos de água.

Obteve-se êxito no contato com os moradores, que se deu de modo presencial e foi possível graças à permissão e instrução das síndicas dos condomínios. Dos apartamentos alvo da análise, obteve-se resposta ao questionário para quase metade (271) deles. Os dados de consumo, fornecidos pela CAJ, foram uma fonte de informação essencial. Por se tratarem de medições horárias, foi necessário realizar uma análise prévia e tratamento dos dados. Foram identificados e removidos dados de apartamentos com poucas medições ou incongruentes, bem como os valores extremos.

Os valores de consumo *per capita* médio de água quente, fria e total, bem como as demais estatísticas descritivas, foram estimados e permitiram comparar os indicadores àqueles da literatura. A análise da distribuição dos dados no tempo possibilitou o reconhecimento de possíveis associações com o clima, que se mostraram presentes. A análise de correlações permitiu confirmar a relação entre os consumos de água e o clima.

Buscou-se identificar os fatores associados aos consumos de água (quente, fria e total). Correlações entre o consumo e as variáveis independentes, e comparações entre grupos de consumo foram as análises univariadas utilizadas. Oito variáveis estão associadas aos três consumos de água, sendo que seis delas são inversamente proporcionais aos consumos e duas são diretamente proporcionais aos consumos. A presença de crianças, o número de moradores, o percentual de crianças, a presença de adolescentes, a presença de homens, o percentual de adolescentes e a presença de adultos apresentaram relação negativa com os consumos ao nível de 0,20, enquanto o percentual de adultos que trabalham e o percentual de adultos apresentaram relação positiva com os consumos.

Grupos de consumo que mencionaram vazamentos apresentaram um consumo de água significativamente maior do que os demais. Isso, com o apoio da literatura, reforça a necessidade

de intervir e reduzir vazamentos em habitações de interesse social, nas quais os moradores muitas vezes não possuem condições financeiras ou autonomia para resolução desse tipo de problema. Outro resultado importante encontrado refere-se à utilização do SAS, que não está associada a uma diferença significativa no consumo *per capita* residencial de água. Este é um resultado positivo para o alinhamento de interesses na conservação de água e energia em prol da sustentabilidade.

Foram utilizados métodos automáticos de escolha de variáveis, sendo que para os modelos de água fria e total mais de um método convergiu para ajuste de um mesmo modelo. Foi possível ajustar um modelo de regressão linear múltipla que explicasse cada um dos consumos de água (quente, fria e total). A única variável independente presente em todos os modelos de consumo foi o número de moradores, cujo aumento tende a reduzir o consumo *per capita* de água. O modelo ajustado para o consumo de água quente indica também que o conhecimento da relação do SAS com o clima, indicado pela menção espontânea de variáveis climáticas por parte do entrevistado, que se reflete em um aumento no consumo de água quente. Para o consumo de água fria, o modelo obtido sugere que um aumento do número de moradores tende a reduzir o consumo de água fria *per capita*, enquanto apartamentos do Condomínio A apresentam maior consumo de água fria *per capita*. No Condomínio A a reservação de água fria é realizada em castelo d'água, enquanto no Condomínio B usam-se reservatórios superiores localizados sobre a laje de cobertura de cada bloco de apartamentos. O modelo do indicador de consumo total de água era composto pelas duas variáveis regressoras do modelo do indicador de consumo de água fria (número de moradores e condomínio residencial A ou B), além das variáveis percentual de adultos (-) e não utilização do SAS (+).

Há muito a ser feito no âmbito da sustentabilidade em habitações de interesse social, principalmente quanto ao controle e conscientização sobre o consumo de água. As informações obtidas com esse trabalho permitem conhecer melhor a demanda de água de uma grande parcela da população urbana, que são os moradores de habitações de interesse social. Os resultados encontrados podem ser usados como base para conscientização da população sobre seu consumo de água, aprimoramento da gestão da demanda e implementação de políticas públicas.

5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho apresenta algumas limitações, dentre as quais pode-se ressaltar o não conhecimento do consumo de água quente para volumes de água aquecidos por outra tecnologia que não o SAS. Ou seja, não se sabe qual o consumo de água quente misturado consumido (em temperatura de consumo, após mistura com a água fria) ou qual o volume de água aquecido pelo chuveiro elétrico. Tampouco é conhecida a temperatura de fornecimento de água. Também não foi investigada a presença de torneiras elétricas, máquinas de lavar roupas que utilizem água quente, ou outros equipamentos que aqueçam água para outro uso final que não o banho. Outra limitação, que diz respeito à modelagem estatística dos indicadores de consumo, é que apenas

foram utilizados modelos de regressão linear múltipla.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante a realização deste trabalho foram observadas as seguintes oportunidades para trabalhos futuros:

- (i) analisar as perdas nos sistemas internos de distribuição de água dos condomínios, com a finalidade de identificar a presença de vazamentos;
- (ii) comparar o impacto da diferença de vazão devido aos sistemas de aquecimento utilizados (sistema de aquecimento solar de água e chuveiro elétrico) e aos desníveis relativos ao andar do apartamento (análise multivariada);
- (iii) estabelecer metodologias para o tratamento de dados horários de consumo de água;
- (iv) avaliar se houve alteração no consumo de água do Condomínio Residencial A após a mudança para cobrança por medição individualizada e desligamento dos sistemas de aquecimento solares de água;
- (v) caracterizar o consumo de água quente, fria e total por unidade habitacional, identificar fatores influenciadores e ajustar modelos de regressão;
- (vi) ajustar um modelo de regressão para os consumos *per capita* de água quente e fria considerando a sazonalidade;
- (vii) avaliar as diferenças entre os dois condomínios residenciais por meio do teste multivariado T^2 de Hotelling;
- (viii) aplicar outros modelos de regressão como Ridge, Lasso e Componentes Principais para melhorar a acurácia da predição dos modelos sem remover variáveis;
- (ix) avaliar o impacto e possibilidade do uso de fontes alternativas de água, tais como água pluvial;
- (x) verificar a relação entre tempo de permanência em casa e consumo de água em HIS.

REFERÊNCIAS

- ATIKOL, Uğur. A simple peak shifting dsm (demand-side management) strategy for residential water heaters. **Energy**, Elsevier, v. 62, p. 435–440, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544213008189>>. Acesso em: 25 jan. 2021.
- BARBETTA, Pedro Alberto; REIS, Marcelo Menezes; BORNIA, Antonio Cezar. **Estatística para cursos de Engenharia e Informática**. 3. ed. [S.l.]: Atlas, 2010. 416 p.
- BICH-NGOC, Nguyen; TELLER, Jacques. A review of residential water consumption determinants. In: SPRINGER. **International Conference on Computational Science and Its Applications**. [S.l.], 2018. p. 685–696.
- BOSCOLI, Maria Alessandra Bacaro. **Usuários de habitação de interesse social e adoção de sistemas de aquecimento solar de água - estudo de caso em Londrina - PR**. 111 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento) — Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010. Disponível em: <www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000163257>. Acesso em: 03 out. 2020.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 02 jan. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990 (Estatuto da Criança e do Adolescente)**. 1990. 13563 p. Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8069.htm>. Acesso em: 05 abr. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003 (Estatuto do Idoso)**. 2003. 1 p. Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.741.htm>. Acesso em: 05 abr. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005**. 2005. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11124.htm>. Acesso em: 31 out. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009**. 2009. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm>. Acesso em: 05 abr. 2020.
- BRASIL. **Portaria nº 267, de 22 de março de 2017**. 2017a. 111 p. Edição 58 Seção 1. Disponível em: <www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20122376/do1-2017-03-24-portaria-n-267-de-22-de-marco-de-2017-20122225>. Acesso em: 26 abr. 2020.
- BREUSCH, Trevor S; PAGAN, Adrian R. A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, JSTOR, p. 1287–1294, 1979. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/1911963>>. Acesso em: 04 jan. 2021.
- BROD, Michael; LAURENT, José Guillermo Cedeño; KANE, John; COLTON, Meryl D.; GABEL, Charlotte; ADAMKIEWICZ, Gary. Greener and leaner: Lower energy and water consumption, and reduced work orders, in newly constructed boston public housing. **atmosphere**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 15, n. 329, 2020. Disponível em: <[doi:10.3390/atmos11040329](https://doi.org/10.3390/atmos11040329)>. Acesso em: 04 out. 2020.

BUONFIGLIO, Leda Velloso. Housing of social interest. **Mercator (Fortaleza)**, SciELO Brasil, v. 17, 2018. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-22012018000100204&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 02 abr. 2020.

CAMPANIÇO, Hugo Miguel Gil. **Sistemas solares térmicos centralizados: aplicação em habitação social**. 113 p. Tese (Doutorado) — Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: <hdl.handle.net/10451/5438>. Acesso em: 04 out. 2020.

CELESC vai beneficiar 29 mil famílias com novas edições dos Projetos de Eficiência Energética. 2019. Disponível em: <<https://www.celesc.com.br/listagem-noticias/celesc-vai-beneficiar-29-mil-familias-com-novas-edicoes-dos-projetos-de-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 05 abr. 2020.

CHANG, Heejun; PRASKIEVICZ, Sarah; PARANDVASH, Hossein. Sensitivity of urban water consumption to weather and climate variability at multiple temporal scales: The case of portland, oregon. **International Journal of Geospatial and Environmental Research**, v. 1, n. 1, p. 7, 2014. Disponível em: <<https://dc.uwm.edu/ijger/vol1/iss1/7>>. Acesso em: 04 mar. 2021.

CHAO, Pei Ru; UMAPATHI, Shivanita; SAMAN, Wasim. Water consumption characteristics at a sustainable residential development with rainwater-sourced hot water supply. **Journal of Cleaner Production**, Elsevier, v. 109, p. 190–202, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.091>>. Acesso em: 04 nov. 2020.

CHIN, R; LEE, BY. Chapter 15 - analysis of data. In: _____. **Principles and Practice of Clinical Trial Medicine**. New York: Academic Press, 2008. p. 325–359. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373695-6.00015-6>>. Acesso em: 02 nov. 2020.

CORBELLA, Hug March; PUJOL, David Saurí i. What lies behind domestic water use?: a review essay on the drivers of domestic water consumption. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, Asociación Española de Geografía, n. 50, p. 297–314, 2009. Disponível em: <<https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1129>>. Acesso em: 08 mar. 2021.

CRUZ, Arturo Ojeda de la; ALVAREZ-CHAVEZ, Clara Rosalia; RAMOS-CORELLA, Marco A; SOTO-HERNANDEZ, Fernando. Determinants of domestic water consumption in hermosillo, sonora, mexico. **Journal of cleaner production**, Elsevier, v. 142, p. 1901–1910, 2017. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616319394>. Acesso em: 16 abr. 2020.

CUI, Zhe; BADAM, Sriram Karthik; YALÇIN, M Adil; ELMQVIST, Niklas. Datasite: Proactive visual data exploration with computation of insight-based recommendations. **Information Visualization**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 18, n. 2, p. 251–267, 2019. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1473871618806555>>. Acesso em: 27 jan. 2021.

CUNHA, Keylla Fernandes. **Caracterização e Monitoramento do Consumo de Água em Habitações de Interesse Social**. 95 p. — Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013. Disponível em: <www.ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/caracterizacao_e_monitoramento_do_consumo_de_agua_em_habitacoes_de_interesse_social_-_keylla_cunha.pdf>. Acesso em: 03 out. 2020.

DELACRE, Marie; LAKENS, Daniel; LEYS, Christophe. Why psychologists should by default use welch's t-test instead of student's t-test. **International Review of Social Psychology**, Ubiquity Press, v. 30, n. 1, 2017. Disponível em: <<http://doi.org/10.5334/irsp.198>>. Acesso em: 04 jan. 2021.

DELACRE, Marie; LEYS, Christophe; MORA, Youri L; LAKENS, Daniël. Taking parametric assumptions seriously: Arguments for the use of welch's f-test instead of the classical f-test in one-way anova. **International Review of Social Psychology**, Ubiquity Press, v. 32, n. 1, 2019. Disponível em: <<http://doi.org/10.5334/irsp.198>>. Acesso em: 04 jan. 2021.

DIAS, Talita Flores. **Fatores influenciadores do consumo de água em edifícios de Joinville**. 112 p. Dissertação (Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil) — Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2017. Disponível em: <docplayer.com.br/66800687-Talita-flores-dias-fatores-influenciadores-do-consumo-de-agua-em-edificios-de-joinville.html>. Acesso em: 06 jun. 2019.

DIAS, Talita Flores; KALBUSCH, Andreza; HENNING, Elisa. Factors influencing water consumption in buildings in southern brazil. **Journal of Cleaner Production**, Elsevier, v. 184, p. 160–167, 2018. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618304050>. Acesso em: 06 jun. 2019.

DILLER, Kenneth R. Adapting adult scald safety standards to children. **Journal of burn care & research**, Oxford University Press, v. 27, n. 3, p. 314–322, 2006. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jbcr/article/27/3/314/4605391>>. Acesso em: 08 mar. 2021.

DODGE, Yadolah. Q-q plot (quantile to quantile plot). In: _____. **The Concise Encyclopedia of Statistics**. New York, NY: Springer New York, 2008. p. 437–439. ISBN 978-0-387-32833-1. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-32833-1_331>.

DURBIN, James; WATSON, Geoffrey S. Testing for serial correlation in least squares regression: I. **Biometrika**, JSTOR, v. 37, n. 3/4, p. 409–428, 1950. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/biomet/37.3-4.409>>. Acesso em: 04 jan. 2021.

DURBIN, James; WATSON, Geoffrey S. Testing for serial correlation in least squares regression: Ii. **Biometrika**, JSTOR, v. 38, n. 1/2, p. 159–178, 1951. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/biomet/38.1-2.159>>. Acesso em: 04 jan. 2021.

EPE. **Nota Técnica DEA 12/16. Avaliação da eficiência energética e geração distribuída para os próximos 10 anos (2015-2024)**. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-264/DEA%2012-16%20-%20Ef%20energetica%202015-2024%5B1%5D.pdf>. Acesso em: 10 out. 2020.

ESLAMIAN, S. Alireza; LI, S. Samuel; HAGHIGHAT, Fariborz. A new multiple regression model for predictions of urban water use. **Sustainable Cities and Society**, v. 27, p. 419–429, 2016. ISSN 2210-6707. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670716301949>>. Acesso em: 04 jan. 2021.

FAIREY, Philip; PARKER, Danny. A review of hot water draw profiles used in performance analysis of residential domestic hot water systems. **Florida Solar Energy Center**, v. 2, 2004.

FAN, Liangxin; GAI, Lingtong; TONG, Yan; LI, Ruihua. Urban water consumption and its influencing factors in china: Evidence from 286 cities. **Journal of Cleaner Production**, Elsevier, v. 166, p. 124–133, 2017. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617317602?via%3Dihub>. Acesso em: 13 abr. 2020.

FERREIRA, Geniana Gazotto; CALMON, Paulo; FERNANDES, Antônio Sérgio Araújo; ARAÚJO, Suely Mara Vaz Guimarães de. Política habitacional no brasil: uma análise das coalizões de defesa do sistema nacional de habitação de interesse social versus o programa minha casa, minha vida. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, SciELO Brasil, v. 11, 2019. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2175-33692019000100202&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 02 abr. 2020.

FILIPPI, Marco; SIROMBO, Elisa. Energy and water monitoring for a large social housing intervention in northern italy. **Frontiers in Energy Research**, Frontiers, v. 7, p. 126, 2019. Disponível em: <www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2019.00126/full>. Acesso em: 02 abr. 2020.

FUENTES, E; ARCE, L; SALOM, J. A review of domestic hot water consumption profiles for application in systems and buildings energy performance analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, v. 81, p. 1530–1547, 2018. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117308614>. Acesso em: 06 jun. 2019.

GARCIA, Ana Paula Arruda de Almeida. **Fatores associados ao consumo de água em residências de baixa renda**. 123 p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial) — Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, Salvador, 2011. Disponível em: <repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/18711>. Acesso em: 03 out. 2020.

GARCIA, Janine. **Determinação dos fatores influentes no consumo de água em residências unifamiliares de Joinville**. 160 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2020. Disponível em: <https://www.udesc.br/arquivos/cct/id_cpmenu/706/2020_07_24_Janine_Garcia_16020234225632_706.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2021.

GEORGE, Dane; PEARRE, Nathaniel S; SWAN, Lukas G. High resolution measured domestic hot water consumption of canadian homes. **Energy and buildings**, Elsevier, v. 109, p. 304–315, 2015. Disponível em: <18abr.2019>. Acesso em: [dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.067](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.067).

GIGLIO, Thalita; LAMBERTS, Roberto. Savings related to solar water heating system: A case study of low-income families in brazil. **Energy and Buildings**, Elsevier, v. 130, p. 434–442, 2016.

GIGLIO, Thalita; LAMBERTS, Roberto; BARBOSA, Miriam; URBANO, Mariana. A procedure for analysing energy savings in multiple small solar water heaters installed in low-income housing in brazil. **Energy Policy**, Elsevier, v. 72, p. 43–55, 2014.

GIGLIO, Thalita Gorban Ferreira. **Influência do usuário na economia de energia obtida por meio do uso de sistema de aquecimento solar de água em habitações de interesse social**. 259 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/169347>>. Acesso em: 03 out. 2020.

GILL, Zachary M; TIERNEY, Michael J; PEGG, Ian M; ALLAN, Neil. Low-energy dwellings: the contribution of behaviours to actual performance. **Building Research & Information**, Routledge, Taylor & Francis Group, v. 38, n. 5, p. 491–508, 2010. Disponível em: <doi.org/10.1080/09613218.2010.505371>. Acesso em: 04 out. 2020.

GILL, Zachary M; TIERNEY, Michael J; PEGG, Ian M; ALLAN, Neil. Measured energy and water performance of an aspiring low energy/carbon affordable housing site in the uk. **Energy and Buildings**, Elsevier, v. 43, n. 1, p. 117–125, 2011.

GRAVETTER, Frederick J.; WALLNAU, Larry B. **Statistics for the behavioral sciences**. Cengage Learning, 2009. Disponível em: <books.google.com.br/books?id=wWFmkwxSUfUC&lpg=PA548&dq=point%20biseria%20correlation&pg=PR4#v=onepage&q=point%20biseria%20correlation&f=false>.

HAQUE, Md Mahmudul; EGODAWATTA, Prasanna; RAHMAN, Ataur; GOONETILLEKE, Ashantha. Assessing the significance of climate and community factors on urban water demand. **International Journal of Sustainable Built Environment**, Elsevier, v. 4, n. 2, p. 222–230, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609015000382>. Acesso em: 04 mar. 2021.

HAYLES, Carolyn S.; DEAN, Moira. Social housing tenants, climate change and sustainable living: a study of awareness, behaviours and willingness to adapt. **Sustainable Cities and Society**, Elsevier, v. 17, p. 35–45, 2015. Disponível em: <dx.doi.org/10.1016/j.scs.2015.03.007>. Acesso em: 04 out. 2020.

HAZRA, Avijit; GOGTAY, Nithya. Biostatistics series module 3: comparing groups: numerical variables. **Indian journal of dermatology**, Wolters Kluwer–Medknow Publications, v. 61, n. 3, p. 251, 2016. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.4103%2F0019-5154.182416>. Acesso em: 03 jan. 2021.

HINKLE, Dennis E; WIERSMA, William; JURS, Stephen G. **Applied statistics for the behavioral sciences**. 5. ed. Boston: Houghton Mifflin College Division, 2003. v. 663.

HOHNE, PA; KUSAKANA, K; NUMBI, BP. A review of water heating technologies: An application to the south african context. **Energy Reports**, Elsevier, v. 5, p. 1–19, 2019. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484718301495?via%3Dihub>. Acesso em: 08 abr. 2020.

HUSSIEN, Wael; MEMON, Fayyaz; SAVIC, Dragan. Assessing and modelling the influence of household characteristics on per capita water consumption. **Water Resources Management**, Springer, v. 30, n. 9, p. 2931–2955, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-016-1314-x>. Acesso em: 14 mar. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados preliminares do universo do censo demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/>. Acesso em: 31 out. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados preliminares do universo do censo demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/LivroIDB/2edrev/b05.pdf>. Acesso em: 31 out. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama das cidades e estados do Brasil. Versão 4.3.8.1.** Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/joinville/panorama>>. Acesso em: 31 out. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Regiões de influência das cidades 2018.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/GEOCIENCIAS/ORGANIZACAO-DO-TERRITORIO/REDES-E-FLUXOS-GEOGRAFICOS/15798-REGIOES-DE-INFLUENCIA-DAS-CIDADES.HTML?=&T=ACESSO-AO-PRODUTO&t=o-que-e>>. Acesso em: 31 out. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados preliminares do universo do censo demográfico 2010.** 2020. 72-99 p. Seção 1 - ISSN 1677-7042. Nº 165 . Portaria nº PR-254, de 25 de agosto de 2020: Anexo População Residente Segundo as Unidades da Federação e Municípios. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=27/08/2020&jornal=515&pagina=72&totalArquivos=195>>. Acesso em: 31 out. 2020.

ILHA, Marina S de Oliveira; RIBEIRO, Marília Ferraz. Adoption of technology by the low-income population segment: the low-cost hot water heater case. **Habitat International**, Elsevier, v. 36, n. 1, p. 185–191, 2012.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **O que é? Índice de Gini.** 2004. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2048:catid=28>. Acesso em: 31 out. 2020.

ISLAM, Tanweer Ul. Ranking of normality tests: An appraisal through skewed alternative space. **Symmetry**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 11, n. 7, p. 872, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-8994/11/7/872/htm>>. Acesso em: 01 nov. 2020.

JAMES, Gareth; WITTEN, Daniela; HASTIE, Trevor; TIBSHIRANI, Robert. **An introduction to statistical learning with applications in R.** Springer, 2013. v. 112. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7>>. Acesso em: 03 jan. 2021.

KUMMU, Matti; GUILLAUME, Joseph HA; MOEL, Hans de; EISNER, Stephanie; FLÖRKE, Martina; PORKKA, Miina; SIEBERT, Stefan; VELDKAMP, TIE; WARD, PJ. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. **Scientific reports**, Nature Publishing Group, v. 6, n. 1, p. 1–16, 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5146931/pdf/srep38495.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2021.

KWON, Hyosun; FISCHER, Joel E; FLINTHAM, Martin; COLLEY, James. The connected shower: Studying intimate data in everyday life. **Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies**, ACM New York, NY, USA, v. 2, n. 4, p. 1–22, 2018. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3287054>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

LI, Weizhi; MO, Weirong; ZHANG, Xu; SQUIERS, John J; LU, Yang; SELLKE, Eric W; FAN, Wensheng; DIMAIO, J Michael; THATCHER, Jeffrey E. Outlier detection and removal improves accuracy of machine learning approach to multispectral burn diagnostic imaging. **Journal of biomedical optics**, International Society for Optics and Photonics, v. 20, n. 12, p.

121305, 2015. Disponível em: <www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26305321>. Acesso em: 08 abr. 2020.

LIAO, Hongjing; LI, Yanju; BROOKS, Gordon. Outlier impact and accommodation methods: Multiple comparisons of type i error rates. **Journal of Modern Applied Statistical Methods**, v. 15, n. 1, p. 23, 2016. Disponível em: <digitalcommons.wayne.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1926&context=jmasm>. Acesso em: 08 abr. 2020.

LUMLEY, Thomas. **Package Leaps**. [S.l.], 2020. Versão 3.1 – 16 jan. 2020. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/leaps/leaps.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2021.

MAGGIONI, Elena. Water demand management in times of drought: What matters for water conservation. **Water Resources Research**, Wiley Online Library, v. 51, n. 1, p. 125–139, 2015. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2014WR016301>>. Acesso em: 25 jan. 2021.

MAKKI, Anas A; STEWART, Rodney A; PANUWATWANICH, Kriengsak; BEAL, Cara. Revealing the determinants of shower water end use consumption: enabling better targeted urban water conservation strategies. **Journal of Cleaner Production**, Elsevier, v. 60, p. 129–146, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611003076?via%3Dihub>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

MALA-JETMAROVA, Helena; BARTON, Andrew; BAGIROV, Adil. A history of water distribution systems and their optimisation. **Water Science and Technology: Water Supply**, IWA Publishing, v. 15, n. 2, p. 224–235, 2015. doi:<https://doi.org/10.2166/ws.2014.115>. Disponível em: <<https://iwaponline.com/ws/article/15/2/224/27437/A-history-of-water-distribution-systems-and-their>>. Acesso em: 24 jan. 2021.

MARINOSKI, Ana Kelly; SILVA, Arthur Santos; VIEIRA, Abel Silva; GHISI, Eneidir. Usos finais de água em habitações de interesse social no sul do brasil. **Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 15, p. 2720–2729, 2014. Disponível em: <[10.3390/w6071985](https://doi.org/10.3390/w6071985)>. Acesso em: 04 out. 2020.

MARINOSKI, Ana Kelly; VIEIRA, Abel Silva; SILVA, Arthur Santos; GHISI, Eneidir. Water end-uses in low-income houses in southern brazil. **Water**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 6, n. 7, p. 1985–1999, 2014.

MATOS, C; BENTES, I; PEREIRA, S; GONÇALVES, AM; FARIA, D; BRIGA-SÁ, A. Which are the factors that may explain the differences in water and energy consumptions in urban and rural environments? **Science of the total environment**, Elsevier, v. 642, p. 421–435, 2018. Disponível em: <doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.062>. Acesso em: 06 jun. 2019.

MAURO, Anna Di; COMINOLA, Andrea; CASTELLETTI, Andrea; NARDO, Armando Di. Urban water consumption at multiple spatial and temporal scales. a review of existing datasets. **Water**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 1, p. 36, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/13/1/36>>. Acesso em: 04 mar. 2021.

MCCABE, Annie; POJANI, Dorina; GROENOU, Anthony Broese van. The application of renewable energy to social housing: A systematic review. **Energy policy**, Elsevier, v. 114, p. 549–557, 2018. Disponível em: <doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.031>. Acesso em: 31 out. 2020.

MCCABE, Annie; POJANI, Dorina; GROENOU, Anthony Broese van. Social housing and renewable energy: Community energy in a supporting role. **Energy Research & Social Science**, Elsevier, v. 38, p. 110–113, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.02.005>>. Acesso em: 02 jan. 2021.

MONKS, Ian; STEWART, Rodney A; SAHIN, Oz; KELLER, Robert. Revealing unreported benefits of digital water metering: Literature review and expert opinions. **Water**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 11, n. 4, p. 838, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w11040838>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

MONTEIRO, Adriana Roseno; VERAS, Antonio Tolrino de Rezende; MONTEIRO, AR; VERAS, AT de R. The housing issue in brazil. **Mercator**, v. 16, p. e16015, 2017. Disponível em: <doi.org/10.4215/rm2017.e16015>. Acesso em: 31 out. 2020.

MONTGOMERY, Douglas C; RUNGER, George C. **Applied statistics and probability for engineers**. 6. ed. [S.l.]: John Wiley and Sons, 2014.

MOORE, Natalie; HAINES, Victoria; LILLEY, Debra. Improving the installation of renewable heating technology in uk social housing properties through user centred design. **Indoor and Built Environment**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 24, n. 7, p. 970–985, 2015.

MOSTAFAVI, Nariman; GÁNDARA, Fernanda; HOQUE, Simi. Predicting water consumption from energy data: Modeling the residential energy and water nexus in the integrated urban metabolism analysis tool (iumat). **Energy and Buildings**, Elsevier, v. 158, p. 1683–1693, 2018. Disponível em: <doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.12.005>. Acesso em: 06 jun. 2019.

MOSTAFAVI, Nariman; SHOJAEI, Hamid Reza; BEHESHTIAN, Arash; HOQUE, Simi. Residential water consumption modeling in the integrated urban metabolism analysis tool (iumat). **Resources, Conservation and Recycling**, Elsevier, v. 131, p. 64–74, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.019>>. Acesso em: 02 jan. 2021.

MURAKAWA, Saburo; KOSHIKAWA, Yasuo; TAKATA, Hiroshi; TANAKA, Atsushi. Calculation for the cold and hot water demands in the guest rooms of city hotel. In: **Proceedings of the 33rd International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings**. [s.n.], 2007. p. 73–85. Disponível em: <<https://www.irb.fraunhofer.de/CIBlibrary/search-quick-result-list.jsp?A&idSuche=CIB+DC6842>>. Acesso em: 24 jan. 2021.

NASCIMENTO, Rosa Maria de. Um olhar sobre o processamento estatístico de dados a partir do enfoque da análise exploratória de dados (aed). **Revista Órbita Pedagógica**. ISSN 2409-0131, v. 5, n. 3, p. 31–46, 2018. Disponível em: <<https://doaj.org/article/8d9c0ff534624d6c8fd7c2351e93d95e>>. Acesso em: 27 jan. 2021.

NASPOLINI, Helena F; MILITÃO, HSG; RÜTHER, R. The role and benefits of solar water heating in the energy demands of low-income dwellings in brazil. **Energy Conversion and Management**, Elsevier, v. 51, n. 12, p. 2835–2845, 2010. Disponível em: <doi.org/10.1016/j.enconman.2010.06.021>. Acesso em: 31 out. 2020.

NASPOLINI, Helena F; RÜTHER, Ricardo. Assessing the technical and economic viability of low-cost domestic solar hot water systems (dshws) in low-income residential dwellings in brazil. **Renewable energy**, Elsevier, v. 48, p. 92–99, 2012. Disponível em: <doi.org/10.1016/j.renene.2012.04.046>. Acesso em: 01 nov. 2020.

PAGANO, Robert R. **Understanding statistics in the behavioral sciences**. 9. ed. [S.l.]: Wadsworth Cengage Learning, 2009.

PAN, Yongting; ZENG, Wen; GUAN, Qingfeng; YAO, Yao; LIANG, Xun; YUE, Hanqiu; ZHAI, Yaqian; WANG, Junyi. Spatiotemporal dynamics and the contributing factors of residential vacancy at a fine scale: A perspective from municipal water consumption. **Cities**, Elsevier, v. 103, p. 102745, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102745>>. Acesso em: 04 jan. 2021.

PAPAKOSTAS, KT; PAPAGEORGIOU, NE; SOTIROPOULOS, BA. Residential hot water use patterns in greece. **Solar Energy**, Elsevier, v. 54, n. 6, p. 369–374, 1995. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0038092X9500014I>>. Acesso em: 25 jan. 2021.

PARKER, Danny S; MAZZARA, Maria D; SHERWIN, John R. Monitored energy use patterns in low-income housing in a hot and humid climate. Energy Systems Laboratory, 1996.

POLLET, Thomas V; MEIJ, Leander van der. To remove or not to remove: the impact of outlier handling on significance testing in testosterone data. **Adaptive Human Behavior and Physiology**, Springer, v. 3, n. 1, p. 43–60, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40750-016-0050-z>>. Acesso em: 04 jan. 2021.

PREFEITURA DE JOINVILLE. **Prefeitura entrega 320 apartamentos no Residencial Irmã Maria da Graça Braz**. 2014a. Disponível em: <www.wold.joinville.sc.gov.br/noticia/8466-Prefeitura+entrega+320+apartamentos+no+Residencial+Irm%20C3%20A3+Maria+da+Gra%20C3%20A7a+Braz.html>. Acesso em: 23 maio 2019.

PREFEITURA DE JOINVILLE. **Prefeitura de Joinville e Caixa entregam mais 280 unidades habitacionais**. 2014b. Disponível em: <www.wold.joinville.sc.gov.br/noticia/8297-Prefeitura+de+Joinville+e+Caixa+entregam+mais+280+unidades+habitacionais.html>. Acesso em: 23 maio 2019.

PRETLOVE, Stephen; KADE, Sidonie. Post occupancy evaluation of social housing designed and built to code for sustainable homes levels 3, 4 and 5. **Energy and Buildings**, Elsevier, v. 110, p. 120–134, 2016.

PUTH, Marie-Therese; NEUHÄUSER, Markus; RUXTON, Graeme D. Effective use of spearman's and kendall's correlation coefficients for association between two measured traits. **Animal Behaviour**, Elsevier, v. 102, p. 77–84, 2015. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003347215000196>. Acesso em: 22 abr. 2020.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 04 jan. 2021.

RAJEEVAN, Usitha; MISHRA, Binaya Kumar. Sustainable management of the groundwater resource of jaffna, sri lanka with the participation of households: Insights from a study on household water consumption and management. **Groundwater for Sustainable Development**, Elsevier, v. 10, p. 100280, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352801X1930116X>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

RAMSEY, Elizabeth; BERGLUND, Emily Zechman; GOYAL, Rohit. The impact of demographic factors, beliefs, and social influences on residential water consumption and implications for non-price policies in urban india. **Water**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 9, n. 11, p. 844, 2017. Disponível em: <doi.org/10.3390/w9110844>. Acesso em: 04 out. 2020.

RIBEIRO, Marília Ferraz. **Inclusão social dos usuários de baixa renda por meio do sistema de aquecimento solar**. 217 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. Disponível em: <repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/257706>. Acesso em: 04 out. 2020.

RIPLEY, Brian; VENABLES, Bill; BATES, Douglas M.; HORNIK, Kurt; GEBHARDT, Albrecht; FIRTH, David. **Package MASS**. [S.l.], 2020. Versão 7.3-53 – 06 jan. 2020. Disponível em: <http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>. Acesso em: 04 jan. 2021.

RITCHIE, Hannah; ROSER, Max. **Water Use and Stress**. 2015. Disponível em: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>. Acesso em: 24 jan. 2021.

RONDINEL-OVIEDO, Daniel R; SARMIENTO-PASTOR, Jaime M. Water: consumption, usage patterns, and residential infrastructure. a comparative analysis of three regions in the lima metropolitan area. **Water International**, Taylor & Francis, v. 45, n. 7-8, p. 824–846, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02508060.2020.1830360>. Acesso em: 13 fev. 2021.

ROULEAU, Jean; GOSSELIN, Louis; BLANCHET, Pierre. Understanding energy consumption in high-performance social housing buildings: A case study from canada. **Energy**, Elsevier, v. 145, p. 677–690, 2018.

ROULEAU, Jean; RAMALLO-GONZÁLEZ, Alfonso P; GOSSELIN, Louis; BLANCHET, Pierre; NATARAJAN, Sukumar. A unified probabilistic model for predicting occupancy, domestic hot water use and electricity use in residential buildings. **Energy and Buildings**, Elsevier, v. 202, p. 109375, 2019.

ROYSTON, Patrick. Remark as r94: A remark on algorithm as 181: The w-test for normality. **Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)**, JSTOR, v. 44, n. 4, p. 547–551, 1995. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2986146?origin=crossref>. Acesso em: 01 nov. 2020.

RP5. Weather archive in joinville - lauro carneiro de loyola (airport). 2020. Disponível em: <https://rp5.ru/Weather_archive_in_Joinville-Lauro_Carneiro_de_Loyola_(airport),_METAR>. Acesso em: 04 mar. 2021.

SANT'ANA, Daniel; MAZZEGA, Pierre. Socioeconomic analysis of domestic water end-use consumption in the federal district, brazil. **Sustainable Water Resources Management**, Springer, v. 4, n. 4, p. 921–936, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40899-017-0186-4>. Acesso em: 14 mar. 2021.

SANTIAGO, Juan de; RODRIGUEZ-VILLALÓN, Osvaldo; SICRE, Benoit. The generation of domestic hot water load profiles in swiss residential buildings through statistical predictions. **Energy and Buildings**, Elsevier, v. 141, p. 341–348, 2017. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778817305911>. Acesso em: 02 abr. 2020.

SATUR, Paul; LINDSAY, Jo. Social inequality and water use in australian cities: the social gradient in domestic water use. **Local Environment**, Taylor & Francis, v. 25, n. 5, p. 351–364, 2020. Disponível em: <doi.org/10.1080/13549839.2020.174741>. Acesso em: 11 out. 2020.

SEHAB - SECRETARIA DE HABITAÇÃO. **Lista de Pretendentes Inscritos Programas Habitacionais, 27/05/2020**. 2020. Disponível em: <www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2020/05/Lista-de-Pretendentes-Inscritos-Programas-Habitacionais-27052020.pdf>. Acesso em: 31 out. 2020.

SEPUD - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO URBANO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Joinville Cidade em Dados 2017**. 2017. 76 p. Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável - Prefeitura Municipal de Joinville. Disponível em: <<https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2016/01/Joinville-Cidade-em-Dados-2017.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2020.

SEPUD - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO URBANO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Joinville Cidade em Dados 2018**. 2018. 297 p. Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável - Prefeitura Municipal de Joinville. Disponível em: <<https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2018/09/Joinville-Cidade-em-Dados-2018-Ambiente-Constru%C3%ADdo.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2020.

SHAN, Yixing; YANG, Lili; PERREN, Kim; ZHANG, Yanmin. Household water consumption: insight from a survey in greece and poland. **Procedia Engineering**, Elsevier, v. 119, p. 1409–1418, 2015. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815026715>. Acesso em: 13 abr. 2020.

SHAPIRO, Samuel Sanford; WILK, Martin B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, JSTOR, v. 52, n. 3/4, p. 591–611, 1965. Disponível em: <www.jstor.org/stable/2333709?seq=1>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SHEVLYAKOV, Georgy L; OJA, Hannu. **Robust correlation: Theory and applications**. John Wiley & Sons, 2016. v. 3. Disponível em: <books.google.com.br/books?id=1_VcCgAAQBAJ&lpg=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SHIMBO, Lúcia Zanin. **Habitação Social, Habitação de Mercado: a confluência entre Estado, empresas construtoras e capital financeiro**. Tese (Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18142/tde-04082010-100137/pt-br.php>. Acesso em: 02 abr. 2020.

SILVA, Izadora C Corrêa; CARVALHO, Aline Werneck Barbosa de; TIBÚRCIO, Túlio M de Salles; TIBIRIÇÁ, Antônio Cleber G. Uso do sistema de aquecimento solar de água na habitação de interesse social: estudo de caso do programa lares habitação popular da cohab-mg em itatiaiuçu. In: **SBQP 2011-Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**. [S.l.: s.n.], 2011.

SILVA, Kairo Pereira Teodoro da. **Modelos de previsão de consumo em edifícios multifamiliares**. 126 p. — Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2018.

SIROMBO, Elisa; FILIPPI, Marco; CATALANO, Antonio; SICA, Andrea. Building monitoring system in a large social housing intervention in northern italy. **Energy Procedia**, Elsevier, v. 140, p. 386–397, 2017.

SODAGAR, Behzad; STARKEY, Diane. The monitored performance of four social houses certified to the code for sustainable homes level 5. **Energy and Buildings**, Elsevier, v. 110, p. 245–256, 2016.

SOUZA, Camilla de; KALBUSCH, Andreza. Estimation of water consumption in multifamily residential buildings. **Acta Scientiarum Technology**, Universidade Estadual de Maringá, v. 39, n. 2, p. 161–168, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/26100>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

STEWART, Rodney A; WILLIS, Rachelle; GIURCO, Damien; PANUWATWANICH, Kriengsak; CAPATI, Guillermo. Web-based knowledge management system: linking smart metering to the future of urban water planning. **Australian Planner**, Taylor & Francis, v. 47, n. 2, p. 66–74, 2010. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07293681003767769>>. Acesso em: 25 jan. 2021.

TAMBORINI, Christopher R; KIM, ChangHwan; SAKAMOTO, Arthur. Education and lifetime earnings in the united states. **Demography**, Springer, v. 52, n. 4, p. 1383–1407, 2015. Disponível em: <[10.1007/s13524-015-0407-0](https://doi.org/10.1007/s13524-015-0407-0)>. Acesso em: 01 nov. 2020.

TARIFA Social. Joinville, SC: [s.n.], 2020. Disponível em: <<https://www.aguasdejoinville.com.br/?servico=tarifa-social>>. Acesso em: 24 jan. 2021.

TELI, Despoina; DIMITRIOU, Theodoros; JAMES, PAB; BAHAI, AS; ELLISON, Louise; WAGGOTT, A. Fuel poverty-induced ‘prebound effect’ in achieving the anticipated carbon savings from social housing retrofit. **Building Services Engineering Research and Technology**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 37, n. 2, p. 176–193, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0143624415621028>>. Acesso em: 02 jan. 2020.

TUTIA, Marcelo Hiroshi. Utilização de procedimentos multivariados no consumo de água e energia elétrica em habitações sociais com sistema de aquecimento solar. Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2015. Disponível em: <www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq1261.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2020.

URMEE, Tania; THOO, Sid; KILLICK, Winnie. Energy efficiency status of the community housing in australia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, v. 16, n. 4, p. 1916–1925, 2012. Disponível em: <doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.034>. Acesso em: 04 out. 2020.

UTTLEY, J. Power analysis, sample size, and assessment of statistical assumptions—improving the evidential value of lighting research. **Leukos**, Taylor & Francis, v. 15, n. 2-3, p. 143–162, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15502724.2018.1533851>>. Acesso em: 01 nov. 2020.

VIEIRA, Abel Silva. **Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina**. 190 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/100475>. Acesso em: 04 out. 2020.

VINE, Edward; DIAMOND, Rick; SZYDLOWSKI, Rich. Domestic hot water consumption in four low-income apartment buildings. **Energy**, Elsevier, v. 12, n. 6, p. 459–467, 1987. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0360544287900053>. Acesso em: 02 abr. 2020.

VOGT, Georg; DASHJA, Eriona; KORTE, Werner B. **Balanced European Conservation Approach - Period covered from 01.01.2011 to 31.12.2013**. 2014. Disponível em: <doi.org/10.13140/rg.2.2.34228.65925>. Acesso em: 03 out. 2020.

WONG, Ling-tim; MUI, Kwok-wai; ZHOU, Yang. Carbon dioxide reduction targets of hot water showers for people in hong kong. **Water**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 9, n. 8, p. 576, 2017. Disponível em: <www.mdpi.com/2073-4441/9/8/576>. Acesso em: 02 abr. 2020.

YANG, Lili; YANG, Shuang-Hua; MAGIERA, Ewa; FROELICH, Wojciech; JACH, Tomasz; LASPIDOU, Chrysi. Domestic water consumption monitoring and behaviour intervention by employing the internet of things technologies. **Procedia computer science**, Elsevier, v. 111, p. 367–375, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.06.036>. Acesso em: 04 nov. 2020.

YAZICI, Berna; YOLACAN, Senay. A comparison of various tests of normality. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, Taylor & Francis, v. 77, n. 2, p. 175–183, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10629360600678310>. Acesso em: 01 nov. 2020.

YOUNG, Kan Hua; YOUNG, Lin Ying. Estimation of regressions involving logarithmic transformation of zero values in the dependent variable. **The American Statistician**, Taylor & Francis, v. 29, n. 3, p. 118–120, 1975. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2683436?seq=1#metadata_info_tab_contents>. Acesso em: 13 fev. 2021.

YWASHIMA, Laís A; CAMPOS, Marcus A Siqueira; PIAIA, Emerson; LUCA, Denise MP de; MARINA, S de O. Caracterização do uso de água em residências de interesse social em paulínia. **Encontro nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 11, p. 3470–3479, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237420632_CHARACTERIZACAO_DO_USO_DE_AGUA_EM_RESIDENCIAIS_DE_INTERESSE_SOCIAL_EM_PAULINIA>. Acesso em: 04 out. 2020.

ZHANG, Zhongheng. Variable selection with stepwise and best subset approaches. **Annals of translational medicine**, AME Publications, v. 4, n. 7, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21037/atm.2016.03.35>. Acesso em: 11 out. 2020.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Apartamento n° _____

1. Quantas pessoas moram no apartamento? _____
2. Para cada pessoa que mora no apartamento, escreva idade, sexo, escolaridade, se trabalha; se essa pessoa trabalha descreva o local e o tipo de local de trabalho.

Idade	Gênero	Escolaridade	Trabalha	Local	Tipo
	F ou M	EF para Ensino Fundamental EM para ensino médio, ou ES para ensino superior	Sim ou não	Em casa (C) ou fora (F)	Fábrica, comércio, escritório ou outro

Observações: _____

3. Qual a renda da família? () até R\$ 998,00 () de R\$ 998,00 a R\$ 1800,00 () outro: _____
4. Possui algum meio de transporte? () CARRO () MOTO () BICICLETA () NENHUM
5. Existe máquina de lavar roupa instalada no apartamento? () SIM () NÃO
6. Existe máquina de lavar louça instalada no apartamento? () SIM () NÃO
7. Qual o número de refeições em casa por semana? Escreva a quantidade de refeições em cada categoria.
() Café da manhã () Almoço () Café da tarde () Janta

Observações: _____

8. Qual o tempo médio de banho dos usuários?
() Até 5 min. () Entre 5 e 10 min. () Entre 10 e 20 min. () Mais que 20 min.
9. Qual o tipo de aquecimento de água de chuveiro utilizado?
() Aquecimento solar () Chuveiro elétrico () Ambos
10. Caso não utilize o sistema solar de aquecimento.

a) Por que você não utiliza o sistema solar de aquecimento de água?

☐ Não aquece a água o suficiente. ☐ Não sei utilizar.

☐ Não sabia da possibilidade. ☐ Não vejo vantagem em utilizar.

Outro: _____

b) Você acha que o chuveiro elétrico (assinale uma ou mais alternativas):

☐ Oferece um banho confortável. ☐ Sempre funciona bem.

☐ Às vezes funciona bem. ☐ Não funciona bem.

☐ Gasta muita energia (é caro). ☐ Não afeta a fatura de energia.

Outro: _____

c) Ao utilizar o chuveiro, você (assinale uma coluna em cada linha):

Afirmação	Sempre	Às vezes	Nunca
Abre pouco o registro.			
Abre todo o registro.			
Já teve problemas de queda de energia.			
Nunca teve problemas de queda de energia.			
Encontra a temperatura ideal.			
Encontra a pressão ideal.			

11. Caso utilize o sistema solar de aquecimento

a) Assinale uma ou mais alternativas em relação ao que você pensa do sistema:

☐ Oferece um banho confortável. ☐ Reduz a fatura de energia (é barato).

☐ Não afeta a fatura de energia. ☐ É bom para o meio ambiente.

☐ Sempre funciona bem. ☐ Às vezes funciona bem.

☐ Não funciona bem. Observação: _____

b) Você utiliza o chuveiro elétrico para complementar o aquecimento?

☐ SEMPRE ☐ ÀS VEZES ☐ NUNCA

c) Ao utilizar o chuveiro, você (assinale uma coluna em cada linha):

Afirmação	Sempre	Às vezes	Nunca
Abre pouco o registro.			
Abre todo o registro.			
Encontra a temperatura ideal.			
Encontra a pressão ideal.			

APÊNDICE B – VALIDAÇÃO DO MODELO DE ÁGUA QUENTE

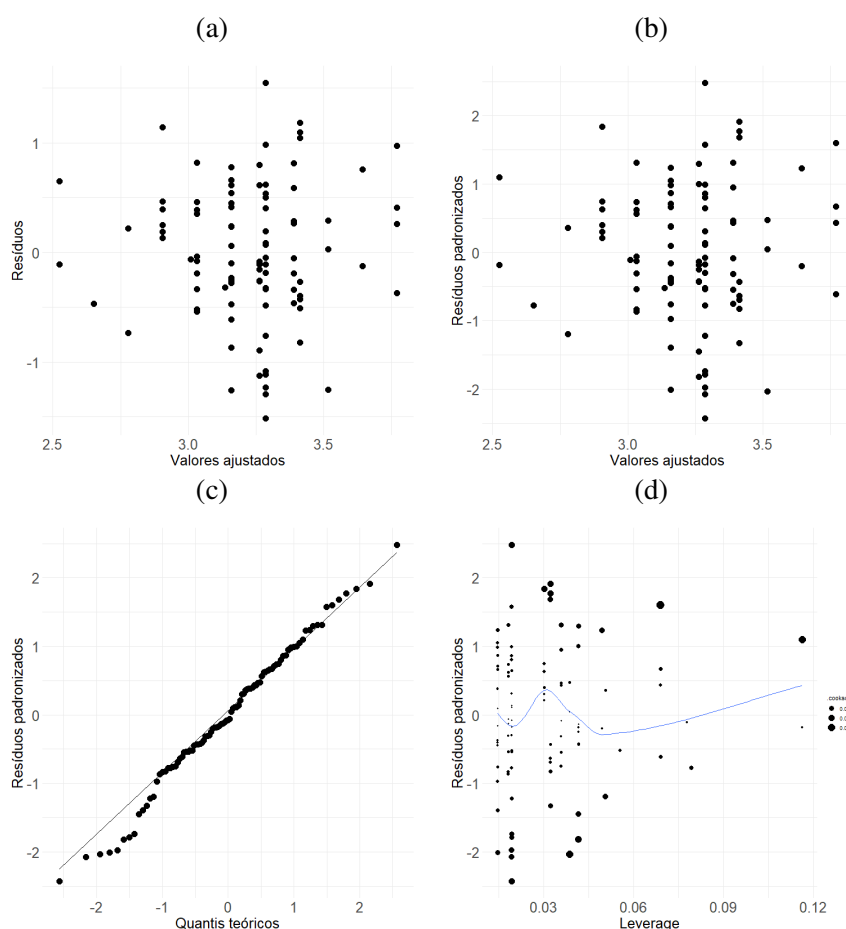
Este apêndice apresenta a validação do modelo ajustado para o consumo *per capita* de água quente resumido na Tabela 22. Os resíduos do modelo apresentaram distribuição normal (p-valor do teste de Shapiro-Wilk = 0,6995) e a homoscedasticidade da variância foi comprovada pelo teste de Breusch-Pagan (p-valor = 0,21696). O teste de Durbin-Watson indicou que não há autocorrelação no modelo (p-valor = 0,9316). Os gráficos referentes às análises de resíduos estão apresentados na Figura 49. Adicionalmente, a significância das variáveis foi verificada com ANOVA. Os resultados da ANOVA para o modelo final são exibidos na Tabela 36.

Tabela 36 – Tabela de Análise da Variância - ANOVA do modelo do consumo *per capita* de água quente.

Variável	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Estatística F	p-valor
Ocupação	2,785	2,78454	7,0247	0,009433 **
Clima	2,439	2,43933	6,1538	0,014891 *
Resíduos	37,261	0,39639	-	-

Nível de significância 0,001 ‘***’ 0,01 ‘*’

Figura 49 – Resíduos do modelo de predição do consumo *per capita* de água quente.



APÊNDICE C – VALIDAÇÃO DO MODELO DE ÁGUA FRIA

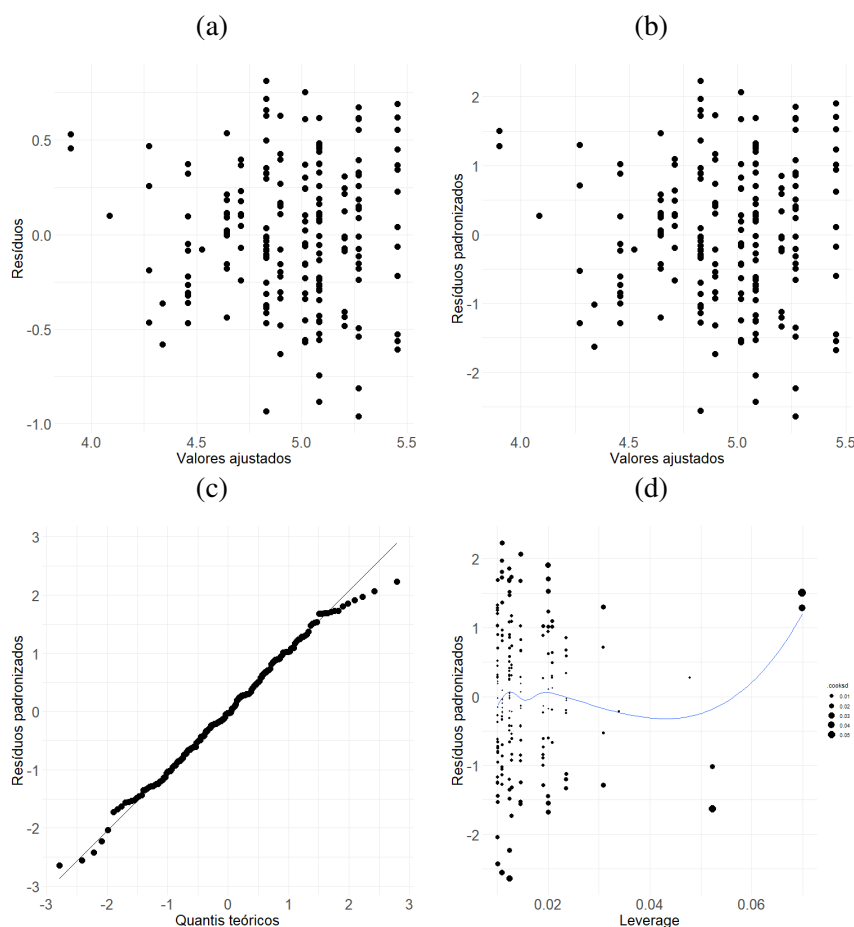
Este apêndice apresenta a validação do modelo ajustado para o consumo *per capita* de água fria resumido na Tabela 28. Os resíduos do modelo apresentaram distribuição normal (p-valor do teste de Shapiro-Wilk = 0,4273) e a homoscedasticidade da variância foi comprovada pelo teste de Breusch-Pagan (p-valor = 0,10409). O teste de Durbin-Watson indicou que não há autocorrelação no modelo (p-valor = 0,9071). Os gráficos referentes às análises de resíduos estão apresentados na Figura 50. Adicionalmente, a significância das variáveis foi verificada com ANOVA. Os resultados da ANOVA para o modelo final são exibidos na Tabela 37.

Tabela 37 – Tabela de Análise da Variância - ANOVA do modelo do consumo *per capita* de água fria.

Variável	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Estatística F	p-valor
Ocupação	14,6812	14,6812	109,391	$< 2,2 \times 10^{-16}$ ***
Condomínio A	3,0108	3,0108	22,434	4.275×10^{-06} ***
Resíduos	25,2310	0,1342	-	-

Nível de significância 0 ‘***’

Figura 50 – Resíduos do modelo de predição do consumo *per capita* de água fria.



APÊNDICE D – VALIDAÇÃO DO MODELO DE ÁGUA TOTAL

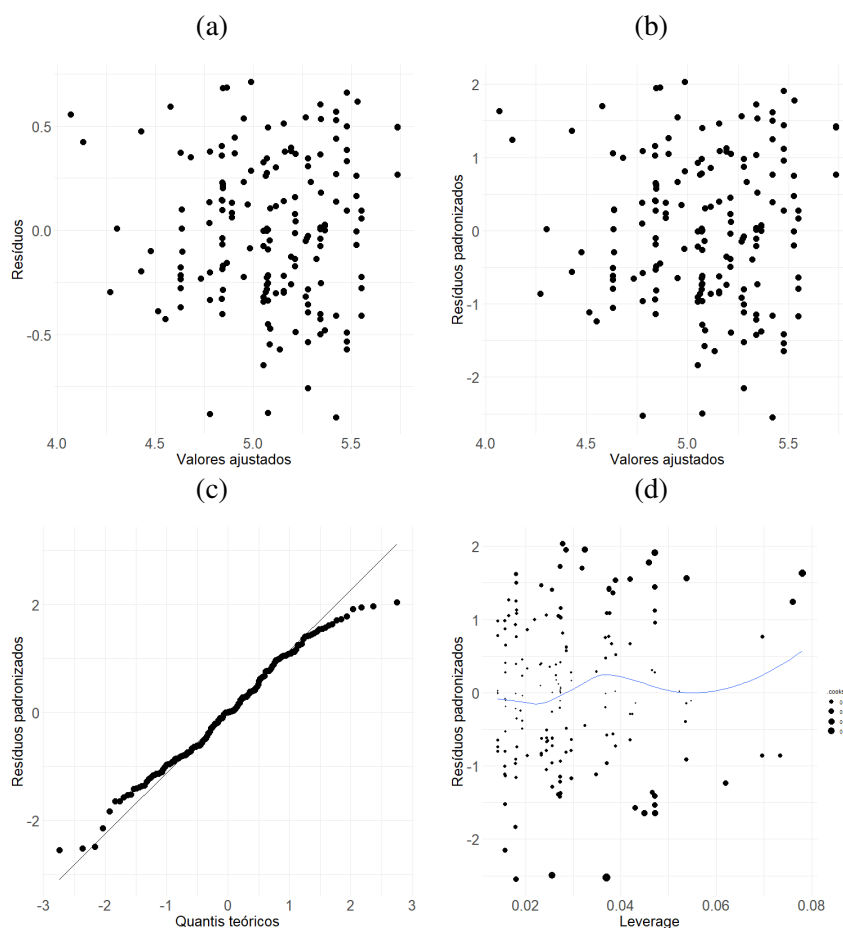
Este apêndice apresenta a validação do modelo ajustado para o consumo *per capita* de água total resumido na Tabela 35. Os resíduos do modelo apresentaram distribuição normal (p-valor do teste de Shapiro-Wilk = 0,09609) e a homoscedasticidade da variância foi comprovada pelo teste de Breusch-Pagan (p-valor = 0,3746). O teste de Durbin-Watson indicou que não há autocorrelação no modelo (p-valor = 0,7257). Os gráficos referentes às análises de resíduos estão apresentados na Figura 51. Adicionalmente, a significância das variáveis foi verificada com ANOVA. Os resultados da ANOVA para o modelo final são exibidos na Tabela 38.

Tabela 38 – Tabela de Análise da Variância - ANOVA do modelo do consumo *per capita* de água total.

Variável	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Estatística F	p-valor
Ocupação	13,2257	13,2257	104,8700	$< 2,2 \times 10^{-16}$ ***
Condomínio A	1,1504	1,1504	9,1217	0,002933 **
Não usar o SAS	1,3948	1,3948	11,0599	0,001090 **
Percentual de adultos	1,0452	1,0452	8,2880	0,004526 **
Resíduos	20,5568	0,1261	-	-

Nível de significância 0 *** 0,001 **

Figura 51 – Resíduos do modelo de predição do consumo *per capita* de água total.



APÊNDICE E – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA TEMPERATURA E RADIAÇÃO EM 2018 E 2019 EM JOINVILLE

Tabela 39 – Estatísticas descritivas da temperatura nos anos de 2018 e 2019 em Joinville.

Período Mês	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo	Desvio Padrão
Temperatura ambiente (°C)							
Janeiro	21,44	25,25	26,64	26,91	28,50	32,75	2,413096
Fevereiro	19,79	22,73	25,00	24,84	26,45	30,71	2,450431
Março	19,33	23,18	24,71	24,64	26,24	29,25	2,106544
Abril	20,36	22,59	23,86	23,65	24,80	28,00	1,721233
Maio	14,36	19,50	20,78	20,89	22,12	26,12	2,412487
Junho	10,82	16,62	18,54	18,08	20,01	24,83	2,826748
Julho	9,61	15,41	17,15	16,89	18,93	21,40	2,706979
Agosto	10,59	15,20	17,63	17,13	19,03	22,44	2,553222
Setembro	12,36	17,42	19,25	19,23	21,00	24,24	2,736921
Outubro	17,00	20,16	21,91	21,66	23,32	28,00	2,667674
Novembro	19,21	21,86	22,79	23,02	24,06	28,80	1,744512
Dezembro	19,31	23,00	25,57	25,15	27,28	29,50	2,676851
Estação							
Temperatura ambiente (°C)							
Primavera	16,94	21,14	22,56	22,69	24,24	29,50	2,679293
Verão	19,79	24,46	25,94	25,90	27,29	32,75	2,351888
Outono	10,82	19,72	21,74	21,42	23,84	28,00	3,221651
Inverno	9,61	15,97	17,87	17,55	19,38	24,83	2,690646

Tabela 40 – Estatísticas descritivas da radiação solar nos anos de 2018 e 2019 em Joinville.

Período Mês	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo	Desvio Padrão
Radiação solar (kWh/m²)							
Janeiro	1,920	4,230	6,420	5,894	7,480	8,420	11,416041
Fevereiro	0,750	3,960	5,030	5,137	6,760	7,910	11,104440
Março	0,950	2,590	4,360	4,302	5,980	7,220	7,965995
Abril	0,590	3,752	4,805	4,241	5,332	5,880	9,223776
Maio	0,390	2,228	2,945	2,895	3,745	4,560	11,070117
Junho	0,510	2,240	2,765	2,657	3,535	4,010	9,914140
Julho	0,450	1,978	3,280	2,789	3,680	4,080	8,792101
Agosto	0,350	2,188	3,450	3,354	4,475	5,330	11,200486
Setembro	0,410	1,970	3,560	3,398	4,790	5,970	10,837752
Outubro	0,960	2,250	4,140	4,124	5,960	7,050	9,552930
Novembro	0,810	3,700	5,340	5,187	6,650	8,260	7,059085
Dezembro	1,13	6,07	7,45	6,69	8,24	8,67	10,331362
Estação							
Radiação solar (kWh/m²)							
Primavera	0,810	3,190	5,130	4,989	6,600	8,670	2,154671
Verão	0,750	4,185	5,860	5,581	7,335	8,520	1,939199
Outono	0,390	2,365	3,465	3,361	4,353	6,300	1,423579
Inverno	0,350	1,925	3,290	3,045	3,945	5,630	1,312278

APÊNDICE F – *BOXPLOTS* COMPARATIVOS DE GRUPOS DE CONSUMO *PER CAPITA* DE ÁGUA QUENTE, FRIA OU TOTAL

Figura 52 – Comparativo de consumo *per capita* de água quente em relação à renda.

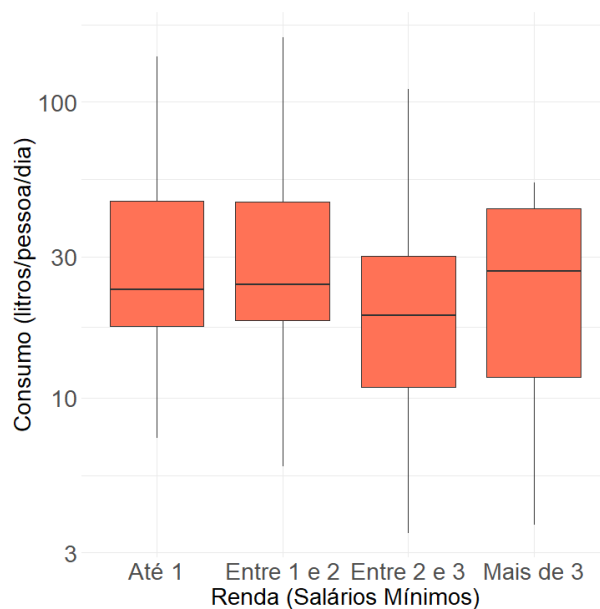


Figura 53 – Comparativo de consumo *per capita* de água total em relação à presença de morador do sexo masculino.

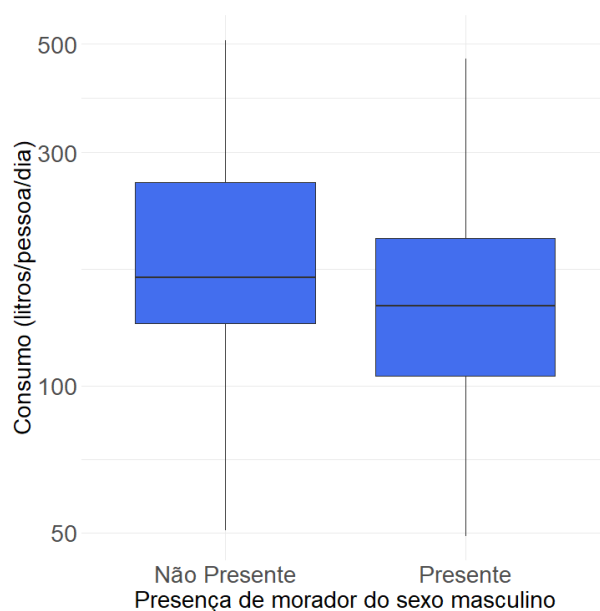


Figura 54 – Comparativo de consumo *per capita* de água total em relação à presença de criança.

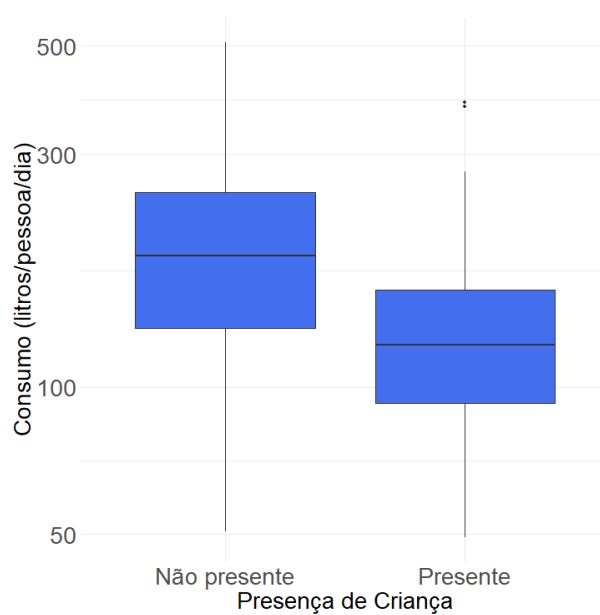


Figura 55 – Comparativo de consumo *per capita* de água total em relação à presença de adolescentes.

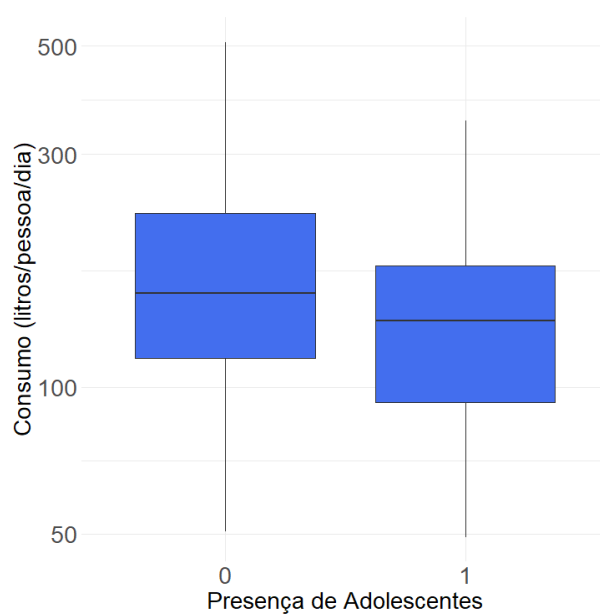


Figura 56 – Comparativo de consumo *per capita* de água total em relação à renda *per capita*.

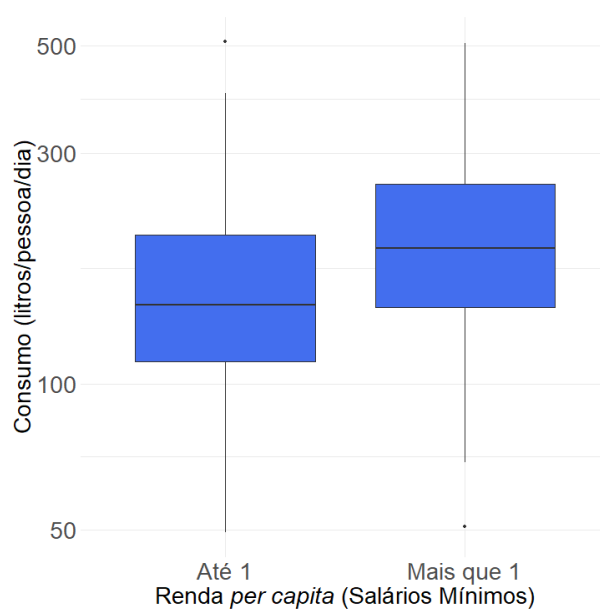


Figura 57 – Comparativo de consumo *per capita* de água total em relação ao condomínio (A ou B).

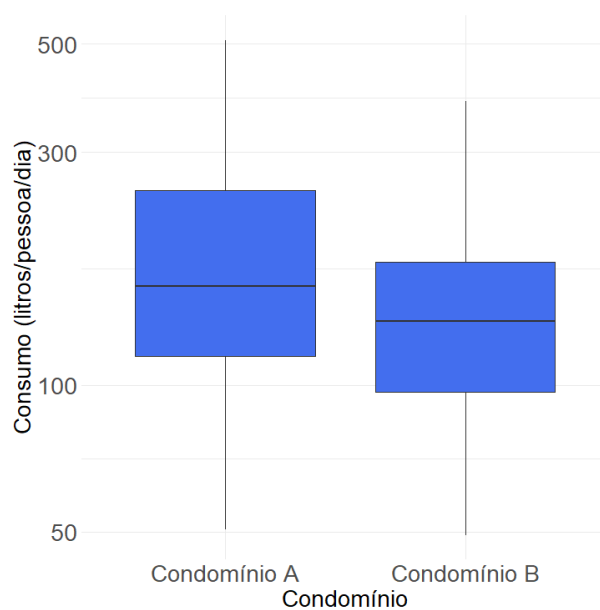


Figura 58 – Comparativo de consumo *per capita* de água total em relação à presença de morador com ensino médio.

