



# **Análise das vazões de projeto de água fria em uma residência unifamiliar: comparação entre métodos empíricos e probabilísticos**

***Analysis of cold water design flows in households: comparison among empirical and probabilistic methods***

***Análisis de los flujos de proyectos de agua fría en una residencia unifamiliar: comparación entre métodos empíricos y probabilísticos***

MIRANDA, Kelly Honorato<sup>1</sup>  
CAMPOS, Marcus André Siqueira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, Brasil. [kellymiraanda@gmail.com](mailto:kellymiraanda@gmail.com)  
ORCID: 0000-0002-0879-8622

<sup>2</sup> Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, Brasil.  
[marcusscampos@gmail.com](mailto:marcusscampos@gmail.com)  
ORCID: 0000-0002-2499-9897

Recebido em 15/12/2018 Aceito em 01/03/2019



## Resumo

Diferente da norma vigente de água fria, ABNT NBR 5626 (1998), que aponta o uso de método empírico, o projeto de norma em elaboração recomenda o uso do método probabilístico, que permite a consideração de parâmetros como vazão e duração de uso de cada aparelho sanitário, tornando o cálculo mais preciso. Portanto, a comparação da diferença entre estes métodos se torna importante bem como compará-los com medições reais de vazões e perfis de consumo. Desta forma, realizou-se a comparação das vazões de projeto entre os dois métodos propostos no padrão brasileiro, além de métodos propostos pelo padrão europeu (EN 806-3, 2006) e o projeto de norma portuguesa substituindo o Decreto Regulamentar no. 23/95, de uma residência unifamiliar. Além disso, a partir das vazões instantâneas medidas in loco em uma residência unifamiliar, verificou-se a distribuição das vazões nos trechos do sistema de água fria. Foi possível observar que as vazões de projeto estão normalmente próximas as vazões dos aparelhos, que o método probabilístico apresentou vazões próximas as vazões medidas.

**Palavras-Chave:** Sistemas prediais; suprimento de água; uso final de água em edificações residenciais

## Abstract

*Different from the current cold-water Brazilian Standard NBR 5626 (ABNT, 1998), which indicates the use of empirical method, the draft standard, that is being prepared, recommends the use of probabilistic method, which allows the use of parameters such as flow and duration of use of each device, making the calculation more precise. Therefore, comparing the difference between these methods becomes important as well as comparing them with actual measurements of flow rates and consumption profiles. In this way, the design flow was compared among the two methods proposed in the Brazilian standards, in addition to the methods proposed by the European standard (EN 806-3, 2006) and the draft Portuguese standard replacing the Regulatory Decree no. 23/95, of a single-family residence. In addition, from the instantaneous flows measured in loco in a single-family residence, the flow distribution was verified in the sections of the cold-water system. It was possible to observe that the project flows are usually close to the appliances' flows and that the probabilistic method presented flow rates close to the ones measured.*

**Key-Words:** Plumbing systems; water supply; residential water end use

## Resumen

*La diferencia del estándar actual de agua fría, ABNT NBR 5626 (1998), que apunta al uso de un método empírico, el borrador del estándar que se está desarrollando recomienda el uso del método probabilístico, que permite la consideración de parámetros como el flujo y la duración del uso de cada uno. aparato sanitario, haciendo el cálculo más preciso. Por lo tanto, es importante comparar la diferencia entre estos métodos, así como compararlos con mediciones reales de caudales y perfiles de consumo. De esta manera, se realizó una comparación de los flujos del proyecto entre los dos métodos propuestos en la norma brasileña, además de los métodos propuestos por la norma europea (EN 806-3, 2006) y el proyecto de norma portuguesa que reemplaza el Decreto Normativo no. 23/95, de una residencia unifamiliar. Además, a partir de los flujos instantáneos medidos in loco en una residencia unifamiliar, se verificó la distribución de los flujos en las secciones del sistema de agua fría. Fue posible observar que los flujos de diseño están normalmente cerca de los caudales de los dispositivos, que el método probabilístico presentó flujos cercanos a los flujos medidos.*

**Palabras clave:** sistemas de construcción; suministro de agua; uso final del agua en edificios residenciales

## 1. Introdução

Se tratando dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários (SPHS), espera-se que, além de manter o desempenho mínimo exigido pelas normas e necessidades dos usuários, também sejam econômicos. Estas exigências devem ocorrer desde à concepção do sistema até o seu usuário final.

A garantia da eficiência do sistema inicia-se a partir da normalização específica, que determina critérios e métodos de cálculo a serem seguidos pelos projetistas (BORGES, 2010). Paradoxalmente, as normas técnicas produzidas pelas diversas associações são, na maioria dos casos, bastante conservadoras, no sentido de simplificar os procedimentos de cálculo do sistema em questão. Segundo Gonçalves (1986), a maioria dos modelos de dimensionamentos hidráulicos apresentam procedimentos simplistas, onde na maioria dos casos não representam a complexidade da situação.

Portanto, além do embasamento normativo, vem se exigindo cada vez mais dos projetistas a garantia do funcionamento do sistema. A partir disso, se torna mais importante o conhecimento dos hábitos dos usuários em edificações, aplicando as diversas variáveis que caracterizam os perfis de consumo e a adequada determinação da vazão nos projetos de sistemas prediais de água fria. Segundo Gonçalves (1986), deve-se atender às solicitações dos usuários, e não conceber um sistema em que o mesmo deve adaptar-se.

A norma atual que estabelece critérios de dimensionamentos de sistemas prediais de água fria NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda dois métodos de dimensionamento. Um deles se estabelece a partir de métodos empíricos, onde o dimensionamento se baseia na experiência e observações do proponente. Porém, segundo Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010), este método não considera a particularidade da tipologia do edifício e as características dos usuários específicas de cada edificação como a frequência e duração de utilização dos aparelhos.

O segundo consiste na adoção de metodologias probabilísticas para o dimensionamento de sistemas prediais de água fria (SPAF). Segundo Gonçalves (1986), estes métodos utilizam uma função de distribuição de probabilidades como ferramenta para aplicação dos dados. Nestes métodos, alguns parâmetros são contemplados tais como vazão e duração de uso de cada aparelho sanitário, o que não acontece no outro grupo de métodos. Entretanto, o perfil de utilização dos usuários é necessário para alimentar o modelo, uma vez que depende de inúmeras variáveis, como clima, cultura, hábitos, horários dos usuários, equipamentos, dentre outros. Portanto, para se ter segurança quanto ao desempenho, muitas vezes é necessário simplificar, ampliando a maior margem de segurança, para reduzir as incertezas.

Desta forma, pouco se verifica na literatura comparações entre estes métodos, bem como medições in loco da vazão nos ramais de distribuição, permitindo assim a comparação entre os mesmos. Justamente neste contexto, surge a proposta deste trabalho.

### 1.1. Objetivo geral

Comparar os métodos recomendados pela norma brasileira ABNT NBR 5626 (1998), pela norma europeia EN 806-3 (2006) e o projeto de norma português Decreto Regulamentar nº 23 (SD) de dimensionamentos de SPAF a fim de verificar suas principais diferenças e analisar qual método apresenta melhor ajuste quanto as vazões reais observadas em uma residência unifamiliar.

### 1.2. Objetivos específicos

- a. Comparar as vazões dos aparelhos sanitários recomendados pelas normas ABNT NBR 5626 (1998), EN 806-3 (2006) e Decreto Regulamentar nº 23 (SD) com as vazões reais medidas em uma residência unifamiliar
- b. Analisar a distribuição de vazões reais nos trechos do sistema de água fria de uma residência unifamiliar
- c. Analisar o impacto da utilização dos métodos de dimensionamento estudados nos diâmetros do sistema de água fria.

## 2. Métodos para determinação de vazões de projeto

Existem diversas abordagens na determinação das vazões de projeto nos trechos e componentes do sistema de distribuição de água fria.

Gonçalves (1986), realizou um estudo desses métodos e destacou dois grupos: o dimensionamento a partir de métodos empíricos e de métodos probabilísticos.

## 2.1. Métodos empíricos

Os métodos empíricos têm como principal característica o julgamento e experiência de seus propositores na criação de tabelas, gráficos e expressões matemáticas para a determinação das vazões de sistemas prediais de água fria (Gonçalves, 1978).

Dentre os métodos empíricos, o Método da Raiz Quadrada (Alemão) utiliza ‘pesos’ a cada tipo de aparelho sanitário instalado a jusante do trecho analisado. Este método é recomendado pela normalização brasileira NBR 5626 (ABNT, 1998) e segue a Equação 1 para determinar as vazões de projeto em SPAF. A norma estabelece a velocidade máxima do trecho em 3 m/s.

$$Q_p = 0,3 \cdot \sqrt{\sum n_i \cdot P_i} \quad (1)$$

Onde:

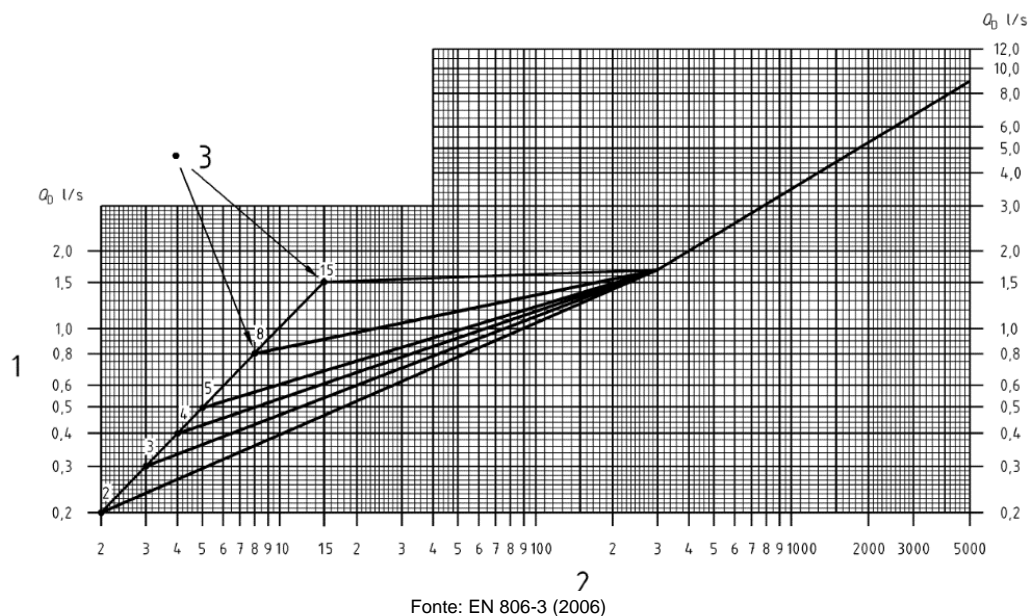
$Q_p$  = Vazão de projeto considerada para a seção (L/s)

$P_i$  = ‘Peso’ relacionado ao aparelho de tipo  $i$ , função da sua vazão unitária  $q_i$ , com relação à vazão

$n_i$  = Número de aparelhos sanitários do tipo  $i$

A norma europeia EN 806-3 (2006) também utiliza um método empírico para dimensionamento dos sistemas prediais de água fria. A mesma adota ‘unidades de carga (LU)’ em cada aparelho sanitário e, para determinar a vazão de projeto em um trecho da rede, utiliza-se do ábaco apresentado na Figura 1. A normativa limita a velocidade máxima dos trechos em 2 m/s para ramais e 4 m/s para subramais.

Figura 1: Vazão de projeto, em função de unidades de carga.



No ábaco apresentado, o valor [1] refere-se a vazão de projeto a ser determinada, [2] representa o somatório das unidades de carga dos aparelhos situados a jusante do trecho e [3] representa o aparelho com maior valor de unidade de carga do trecho.

O projeto de norma portuguesa (Decreto Regulamentar nº23, SD) recomenda a utilização da EN 806-3 (2006) na distribuição predial de água fria em edifícios de até 6 pavimentos, no entanto enfatiza que deve ser verificada a pressão de serviço indicada na norma no dispositivo mais desfavorável. Para sistemas que se enquadram fora dessa regra, a norma recomenda a utilização de uma vazão de cálculo, expressa pela equação 2, que é determinada pela somatória das vazões mínimas presentes em cada trecho do sistema e leva em consideração um fator de simultaneidade. Além disso, a vazão a ser utilizada em projeto deve ser a maior entre a vazão de cálculo e o somatório dos dois dispositivos de maiores vazões do trecho. A velocidade média deve ser menor ou igual a 2 m/s.

$$Q_c = 0,55 \cdot \sum Q_a^{0,52} \quad (2)$$

Onde:

$Q_c$  = Vazão de cálculo considerada para a seção (L/s)

$Q_a$  = Vazão acumulada, representada pelo somatório das vazões recomendadas pela norma para cada aparelho à jusante do trecho (L/s).

A Tabela 1 apresenta os valores de vazões e unidades de carga recomendados pela normativa portuguesa (Decreto Regulamentar nº23, SD), europeia (EN 806-3, 2006) e brasileira (ABNT NBR 5626, 1998) para alguns aparelhos sanitários utilizados em residências.

**Tabela 1:** Vazões, pesos e unidades de carga para aparelhos sanitários.

| Aparelhos                   | Decreto Regulamentar nº23 (SD) | EN806-3 (2006) | ABNT NBR 5626 (1998) |                        |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------|----------------------|------------------------|
|                             | Vazão mínima (L/s)             | LU             | Peso relativo        | Vazão de projeto (L/s) |
| Lavatório                   | 0,07                           | 1              | 0,3                  | 0,15                   |
| Chuveiro                    | 0,15                           | 2              | 0,1                  | 0,1                    |
| Pia lava-louças domésticas  | 0,13                           | 2              | 0,7                  | 0,25                   |
| Bebedouro                   | 0,13*                          | 1*             | 0,1                  | 0,1                    |
| Tanque de lavar roupas      | 0,15                           | 2**            | 0,7                  | 0,25                   |
| Máquina de lavar-roupas     | 0,15                           | 2              | 1                    | 0,3                    |
| Bacia sanitária com válvula | 1                              | 15             | 32                   | 1,7                    |

\* uma vez que o dispositivo não é abordado na norma em questão, foi adotado a menor contribuição de LU/vazão recomendada pela norma

\*\* uma vez que o dispositivo não é abordado na norma em questão, foi adotado a mesma contribuição de LU da máquina de lavar-roupas

Fonte: Decreto Regulamentar nº23 (SD), EN 806-3 (2006) e ABNT NBR 5326 (1998), adaptada pelo autor

## 2.2. Métodos probabilísticos

Segundo Gonçalves (1986), os Métodos probabilísticos utilizam-se de conceitos probabilísticos para a determinação de vazões de projeto.

Gonçalves (1986) estabeleceu um modelo para dimensionamento de vazões de projeto que incorpora fatores de caráter geral, que são as variáveis necessárias e fatores de caráter específico, que possibilita representar características particulares de cada situação de projeto.

Uma vez que a ocorrência das vazões no sistema depende da utilização do usuário realizando suas atividades ligadas ao uso da água, o autor leva em consideração essa interação e estabelece que as variáveis dependem de fatores ligados às atividades e características dos usuários, ao tipo de edificação e a caracterização do conjunto de aparelhos sanitários.

Segundo Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010), o modelo proposto por Gonçalves (1986) é aberto, ou seja, o projetista define os parâmetros estatísticos de entrada de acordo com cada tipologia de projeto e estabelece o fator de falha que achar pertinente.

As combinações dessas características dependem das vazões unitárias de cada tipo de aparelho ( $q$ ) e a frequência de utilização dos aparelhos sanitários, que é representada pelas seguintes variáveis: duração da descarga de um aparelho sanitário ( $t$ ), intervalo de tempo entre as descargas do aparelho ( $T$ ), quantidade de aparelhos sanitários instalados a jusante do trecho analisado ( $n$ ) e a duração do período de pico ( $T_p$ ).

Vale ressaltar que a variável aleatória ( $T$ ) depende de fatores como o número de usos por pessoa do aparelho sanitário durante o período de pico ( $u$ ) e a população atendida pelo aparelho sanitário ( $P$ ).

No Modelo de Gonçalves (1986) as variáveis  $t$  e  $q$  e o número de usos por pessoa são representadas pelas estatísticas de média e variância. Esses dados podem ser obtidos por meio de levantamentos em campo ou pelo método de estimação por três pontos, proposto pelo autor.

O modelo considera como fator de falha global máximo a probabilidade de que a vazão de projeto (nula e não-nula) seja ultrapassada durante o período de pico considerado. Já o fator de falha local máximo representa a probabilidade de que a vazão de projeto seja ultrapassada, considerando apenas

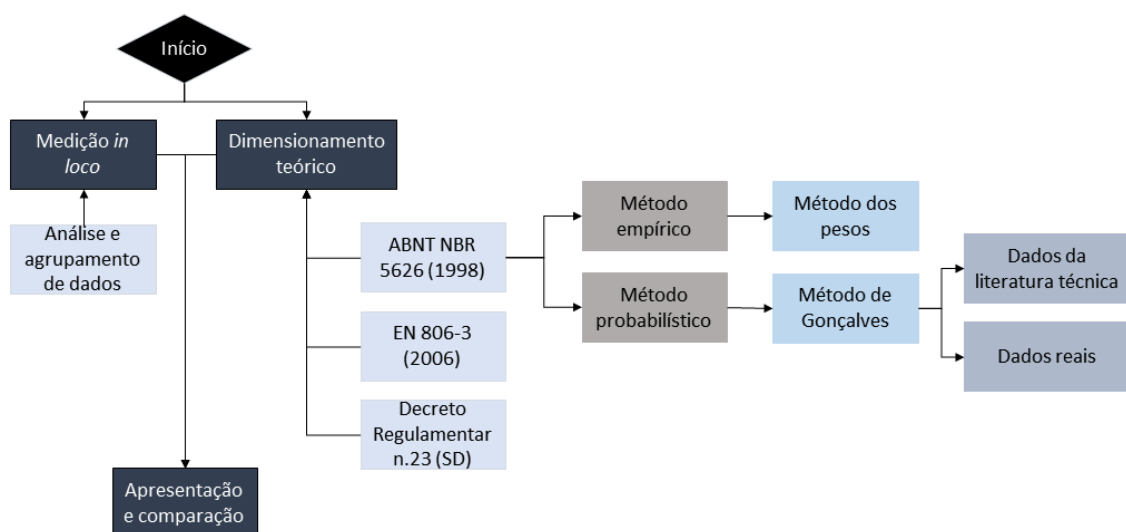
os intervalos de tempo em que ocorrem vazões no sistema, durante o período de pico (Ilha; Oliveira; Gonçalves, 2010).

## 2. Metodologia

Este trabalho é uma continuidade da pesquisa desenvolvida por Paula (2017) na sua dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil (PPG-GECON) da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA-UFG). Desta forma, os dados coletados *in loco* na pesquisa serão utilizados para a realização deste trabalho.

Na Figura 2 é apresentado o delineamento a ser seguido para a realização deste trabalho. O mesmo foi dividido em três etapas: análise das medições realizadas no local, dimensionamento teórico segundo normas escolhidas e comparação entre estes valores indicados. A seguir serão descritos cada etapa desse processo.

**Figura 2:** Delineamento da pesquisa.



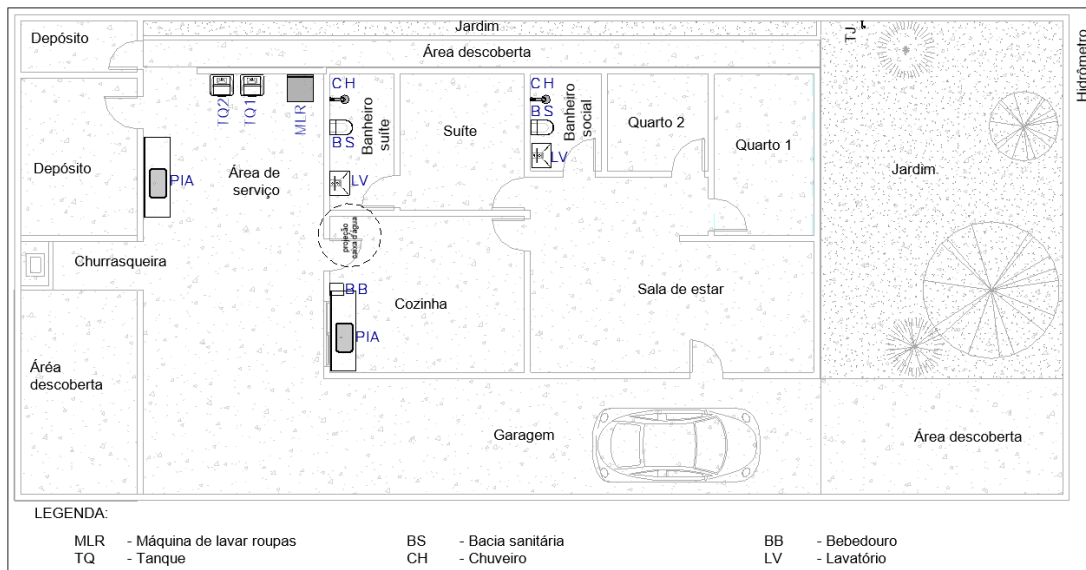
A residência unifamiliar monitorada apresenta a seguinte configuração, conforme a Figura 3: três quartos, sendo uma suíte, banheiro social, cozinha, área de serviço, sala de estar, garagem, dois cômodos de depósito e uma churrasqueira.

Nos ambientes sanitários, foram levantados os seguintes aparelhos:

- a. banheiro (social e suíte): chuveiro elétrico (CH), lavatório (LV) e bacia sanitária com válvula de descarga (BS);
- b. cozinha: pia (PIA) e bebedouro (BB);
- c. área de serviço: máquina de lavar roupas (MLR), dois tanques (TQ1 e TQ2) e uma pia (PIA).

São quatro moradores na residência. O banheiro da suíte é utilizado pelo casal e o banheiro social por duas pessoas, além das visitas que a família recebe.

**Figura 3:** Apresentação da planta baixa da residência (sem escala).



Fonte: Paula (2017)

### 3.1. Medição *in loco*

A coleta de dados foi realizada no local e descrita em Paula (2017). O sistema de monitoramento e coleta de dados utilizado e descrito no trabalho da autora registrou o uso dos aparelhos sanitários da residência unifamiliar objeto deste estudo, com a utilização de um dispositivo sensível ao fluxo de água e instalado no ponto de consumo. A partir do tratamento dos dados coletados, foi possível determinar parâmetros como a vazão média dos aparelhos, tempo médio de uso e frequência de utilização.

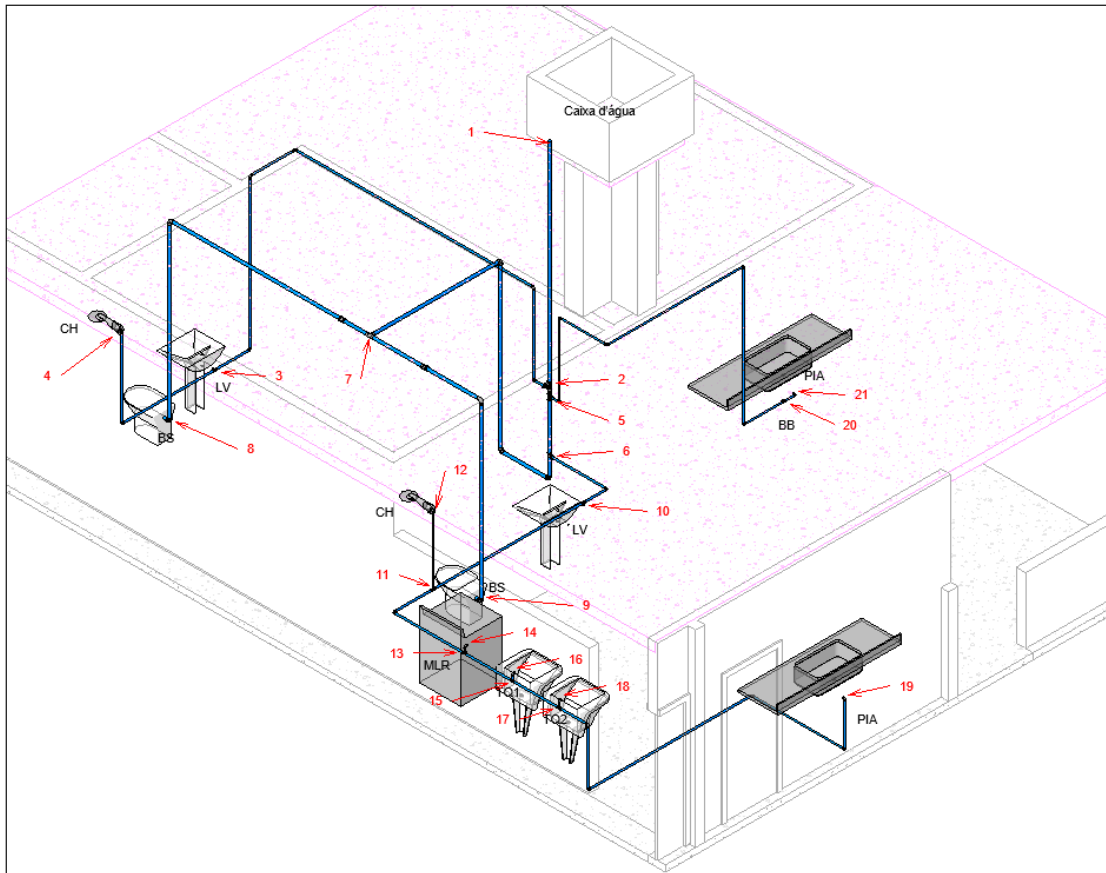
Para este trabalho, foram utilizados os dados registrados pelos sensores entre os dias 5 de fevereiro de 2017 a 31 de junho de 2017 (146 dias).

A estimativa do traçado do sistema de distribuição de água fria foi realizada por Paula (2017) no local, conforme a Figura 4. Os trechos do sistema e os aparelhos que os compõem estão indicados na Tabela 2.

Para a análise dos dados reais medidos por Paula (2017), foram considerados os dados dos 10 dias com maiores volumes de água utilizados para o acionamento dos aparelhos (Tabela 3). Essa consideração deve-se à elevada quantidade de dados a serem processados e por considerarmos as informações geradas superabundantes. Além disso, essa consideração sugere que os dias que apontaram maior consumo estão sujeitos à uma quantidade maior de acionamentos e, consequentemente, maior probabilidade de aparelhos em uso simultâneo.

Para determinar as vazões de cada trecho do sistema, os dados das vazões dos aparelhos foram agrupados por dia de medição. Foram levantados os aparelhos que são atendidos por cada trecho e, posteriormente, cruzaram-se os dados de vazão por segundo desses aparelhos ao longo do dia. Desta forma, nos horários em que os aparelhos apresentaram uso simultâneo, as vazões foram somadas.

**Figura 4:** Representação isométrica do traçado da tubulação de distribuição de água fria (sem escala).



### 3.2. Dimensionamento teórico

O dimensionamento teórico do sistema foi realizado com base nos requisitos recomendados por quatro métodos de dimensionamento:

- a. Norma brasileira – Método dos pesos relativos (ABNT NBR 5626, 1998);
- b. Norma brasileira – Método probabilístico (ABNT NBR 5626, 1998) utilizando o método de Gonçalves (1986);
- c. Norma europeia (EN 806-3, 2006);
- d. Norma portuguesa (Decreto Regulamentar nº23, SD).

O dimensionamento pelo método dos pesos relativos seguirá as recomendações da ABNT NBR 5626 (1998). O peso relativo de cada aparelho sanitário está indicado na Tabela 1.

No método probabilístico foi utilizado o método proposto por Gonçalves (1986). Para isto, utilizou-se o ProAcqua, que segundo Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010), é um programa computacional utilizado nos cursos de capacitação de profissionais para projeto, execução, uso e operação de sistemas com medição individualizada. O programa utiliza como dados de entrada as vazões unitárias dos aparelhos, a duração da descarga e o número de usos, por pessoa, de cada tipo de aparelho no período de pico. Além disso, também são inseridos o número de pessoas atendidas pelos ambientes sanitários onde se encontram os aparelhos a serem abastecidos e os fatores de falha local e global.



**Tabela 2:** Indicação dos trechos do sistema de água fria da residência e a descrição dos aparelhos sanitários apresentados à jusante de cada trecho.

| <b>Trecho</b> | <b>Tipo de elemento</b> | <b>Aparelhos</b>               |
|---------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1-2           | Coluna de distribuição  | Banho social: LV, CH, BS       |
|               |                         | Banho suíte: LV, CH, BS        |
| 2-5           | Ramal - 5 ambientes     | Cozinha: PIA, BB               |
|               |                         | Á. Serviço: MLR, TQ1, TQ2, PIA |
|               |                         | Banho social: BS               |
| 2-3           | Ramal - 1 ambiente      | Banho suíte: LV, CH, BS        |
|               |                         | Á. Serviço: MLR, TQ1, TQ2, PIA |
| 2-3           | Ramal - 1 ambiente      | Cozinha: PIA, BB               |
| 3-4           | Sub-ramal               | Banho social: LV, CH           |
| 3-4           | Sub-ramal               | Banho social: CH               |
| 5-6           | Ramal - 3 ambientes     | Banho social: BS               |
|               |                         | Banho suíte: LV, CH, BS        |
|               |                         | Á. Serviço: MLR, TQ1, TQ2, PIA |
| 5-20          | Ramal - 1 ambiente      | Cozinha: PIA, BB               |
| 6-10          | Ramal - 2 ambientes     | Banho suíte: LV, CH            |
|               |                         | Á. Serviço: MLR, TQ1, TQ2, PIA |
| 6-7           | Ramal - 2 ambientes     | Banho social: BS               |
|               |                         | Banho suíte: BS                |
| 7-8           | Sub-ramal               | Banho social: BS               |
| 7-9           | Sub-ramal               | Banho suíte: BS                |
| 10-11         | Ramal - 2 ambientes     | Banho social: BS               |
|               |                         | Banho suíte: CH                |
| 11-12         | Sub-ramal               | Á. Serviço: MLR, TQ1, TQ2, PIA |
|               |                         | Banho suíte: CH                |
| 11-13         | Ramal - 1 ambiente      | Á. Serviço: MLR, TQ1, TQ2, PIA |
| 13-14         | Sub-ramal               | Á. Serviço: MLR                |
| 13-15         | Ramal - 1 ambiente      | Á. Serviço: TQ1, TQ2, PIA      |
| 15-16         | Sub-ramal               | Á. Serviço: TQ1                |
| 15-17         | Ramal - 1 ambiente      | Á. Serviço: TQ2, PIA           |
| 17-18         | Sub-ramal               | Á. Serviço: TQ2                |
| 17-19         | Sub-ramal               | Á. Serviço: PIA                |
| 20-21         | Sub-ramal               | Cozinha: PIA                   |

CH: chuveiro; LV: lavatório; BS: bacia sanitária com válvula; PIA: pia lava-louças; BB: bebedouro; MLR: máquina de lavar roupas; TQ: tanque lava-roupas.

Foram utilizados dois conjuntos de dados de entrada para o dimensionamento das vazões de projeto utilizando o ProAcqua:

- a. Dados obtidos a partir de pesquisas na literatura técnica brasileira sobre o consumo dos aparelhos sanitários, conforme Tabela 4.
- b. Dados das medições reais da residência coletadas por Paula (2017), conforme Tabela 5.

**Tabela 3:** Volume dos dias de maior consumo medidos na residência durante o período considerado, em ordem cronológica.

| <b>Dias</b> | <b>Volume (L)</b> |
|-------------|-------------------|
| 08/02/2017  | 991,5             |
| 15/02/2017  | 962,0             |
| 10/03/2017  | 874,1             |
| 15/03/2017  | 866,4             |
| 10/04/2017  | 892,3             |
| 03/05/2017  | 989,9             |
| 17/05/2017  | 930,0             |
| 30/05/2017  | 963,0             |
| 08/06/2017  | 850,4             |
| 28/06/2017  | 1013,3            |

O programa solicita que sejam indicados três valores (mínimo, mais provável e máximo) para os dados de vazão unitária, duração da descarga e número de usos/pessoa no período de pico para cada tipo de aparelho sanitário. O parâmetro utilizado no programa, utilizando os dados da literatura técnica, foi a média entre os valores das pesquisas verificadas.

Para o dimensionamento pelo método probabilístico com a utilização dos dados reais, os parâmetros utilizados a partir da medição realizada por Paula (2017) foram a média e a variância das vazões instantâneas dos aparelhos, duração da descarga e número de usos/pessoa/dia durante o período de pico.

Tanto para o dimensionamento a partir do embasamento teórico quanto para a utilização dos dados reais, as simulações foram feitas com duas variações do horário de pico: 1 e 2 horas. Para o dimensionamento com os dados reais, foi utilizado o número de usos do horário com maior utilização dos aparelhos sanitários, segundo a distribuição horária apresentada por Paula (2017), que foi às 11 hrs. Desta forma, foram filtrados o número de usos dos aparelhos durante esse horário.

O fator de falha global e local foram considerados os valores propostos por Gonçalves (1986), sendo 1% e 5%, respectivamente.

As vazões de projeto dos trechos do SPAF da residência também foram dimensionadas pelos métodos dispostos na EN 806-3 (2006) e o Decreto Regulamentar nº 23 (SD). As vazões unitárias e unidades de carga de cada aparelho sanitário utilizados para o dimensionamento estão especificados na Tabela 1.

**Tabela 4:** Parâmetros de consumo dos aparelhos sanitários, com base na literatura disponível.

| <b>Literatura técnica</b>         | <b>Vazão (l/s)</b> |                  | <b>Duração (s)</b> |            |                  | <b>usos/pessoa/dia</b> |            |                  |            |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------|------------------|------------------------|------------|------------------|------------|
|                                   | <b>Mín</b>         | <b>Mais prov</b> | <b>Máx</b>         | <b>Mín</b> | <b>Mais prov</b> | <b>Máx</b>             | <b>Mín</b> | <b>Mais prov</b> | <b>Máx</b> |
|                                   |                    |                  |                    |            |                  |                        |            |                  |            |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010) | 0,050              | 0,090            | 0,120              | 300,0      | 480,0            | 900,0                  | 0,0        | 1,0              | 1,0        |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2008) | 0,062*             | 0,080            | 0,097**            | 412,0*     | 608,0            | 804,0**                | 07*        | 1,0              | 1,3**      |
| Marinosk et al. (2014)            | 0,040*             | 0,070            | 0,100**            | -          | -                | -                      | -          | -                | -          |
| Sant'ana (2012)                   | -                  | 0,095            | -                  | -          | -                | -                      | -          | -                | -          |
| <b>Média</b>                      | 0,051              | 0,084            | 0,106              | 356        | 544              | 852                    | 0          | 1                | 1          |

### BACIA SANITÁRIA COM VÁLVULA DE DESCARGA

| Literatura técnica                | Vazão (l/s) |           |       | Duração (s) |           |        | usos/pessoa/dia |           |     |
|-----------------------------------|-------------|-----------|-------|-------------|-----------|--------|-----------------|-----------|-----|
|                                   | Mín         | Mais prov | Máx   | Mín         | Mais prov | Máx    | Mín             | Mais prov | Máx |
| Barreto (2008)                    | -           | 1,570     | -     | -           | 5,9       | -      |                 |           |     |
| Catálogo Docol (2018)*****        | 1,583       | 1,625     | 1,667 | -           | 6,0       | -      |                 |           |     |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2008) |             |           |       |             |           |        | 0,5             | 1,5       | 2,4 |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010) |             |           |       |             |           |        | 0,0             | 1,0       | 1,0 |
| Dado coletado da residência       |             |           |       | 3,9***      | 6,0***    | 8,3*** |                 |           |     |
| Média                             | 1,583       | 1,598     | 1,667 | 4           | 6         | 8      | 0               | 1         | 2   |

### MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS

| Literatura técnica                | Vazão (l/s) |           |        | Duração (s) |           |       | usos/pessoa/dia |           |       |
|-----------------------------------|-------------|-----------|--------|-------------|-----------|-------|-----------------|-----------|-------|
|                                   | Mín         | Mais prov | Máx    | Mín         | Mais prov | Máx   | Mín             | Mais prov | Máx   |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010) | 0,100       | 0,130     | 0,190  | 480,0       | 720,0     | 960,0 | 0,0             | 1,0       | 2,0   |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2008) | 0,13*       | 0,140     | 0,15** | 624*        | 720,0     | 816** | 0,6*            | 1,0       | 1,4** |
| Média                             | 0,115       | 0,135     | 0,170  | 552         | 720       | 888   | 0               | 1         | 2     |

### PIA

| Literatura técnica                | Vazão (l/s) |           |        | Duração (s) |           |        | usos/pessoa/dia |           |       |
|-----------------------------------|-------------|-----------|--------|-------------|-----------|--------|-----------------|-----------|-------|
|                                   | Mín         | Mais prov | Máx    | Mín         | Mais prov | Máx    | Mín             | Mais prov | Máx   |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010) | 0,100       | 0,120     | 0,200  | 15,0        | 30,0      | 60,0   | 3,0             | 4,0       | 6,0   |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2008) | 0,11*       | 0,130     | 0,15** | 24*         | 33,0      | 42,0** | 3,6*            | 4,2       | 4,8** |
| Marinosk et al. (2014)            | 0,04*       | 0,090     | 0,14** |             |           |        |                 |           |       |
| Sant'ana (2012)                   |             | 0,113     |        |             |           |        |                 |           |       |
| Barreto (2008)                    |             | 0,120     |        |             | 6,100     |        |                 |           |       |
| Média                             | 0,083       | 0,115     | 0,163  | 20          | 23        | 51     | 3               | 4         | 5     |

### LAVATÓRIO

| Literatura técnica                | Vazão (l/s) |           |         | Duração (s) |           |        | usos/pessoa/dia |           |       |
|-----------------------------------|-------------|-----------|---------|-------------|-----------|--------|-----------------|-----------|-------|
|                                   | Mín         | Mais prov | Máx     | Mín         | Mais prov | Máx    | Mín             | Mais prov | Máx   |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010) | 0,050       | 0,070     | 0,100   | 15,0        | 25,0      | 30,0   | 1,0             | 1,0       | 2,0   |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2008) | 0,01*       | 0,090     | 0,188** | ****        | 50,0      | 99,1** | 1,0*            | 1,8       | 2,5** |
| Marinosk et al. (2014)            | 0,04*       | 0,080     | 0,120** |             |           |        |                 |           |       |
| Sant'ana (2012)                   |             | 0,112     |         |             |           |        |                 |           |       |
| Barreto (2008)                    |             | 0,060     |         |             | 11,100    |        |                 |           |       |
| Média                             | 0,033       | 0,082     | 0,136   | 15          | 29        | 65     | 1               | 1         | 2     |

### TANQUE

| Literatura técnica                | Vazão (l/s) |           |         | Duração (s) |           |        | usos/pessoa/dia |           |       |
|-----------------------------------|-------------|-----------|---------|-------------|-----------|--------|-----------------|-----------|-------|
|                                   | Mín         | Mais prov | Máx     | Mín         | Mais prov | Máx    | Mín             | Mais prov | Máx   |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010) | 0,100       | 0,150     | 0,200   | 20,0        | 30,0      | 40,0   | 0,0             | 1,0       | 1,0   |
| Ilha, Oliveira e Gonçalves (2008) | 0,130*      | 0,150     | 0,170** | 26,0*       | 30,0      | 34,0** | 0,6*            | 0,8       | 1,0** |
| Marinosk et al. (2014)            | ****        | 0,130     | 0,260** |             |           |        |                 |           |       |
| Sant'Ana (2012)                   |             | 0,280     |         |             |           |        |                 |           |       |

|                |       |       |       |    |      |    |   |   |   |
|----------------|-------|-------|-------|----|------|----|---|---|---|
| Barreto (2008) |       | 0,190 |       |    | 25,5 |    |   |   |   |
| Média          | 0,115 | 0,180 | 0,210 | 23 | 29   | 37 | 0 | 1 | 1 |

**BEBEDOURO**

| Literatura técnica             | Vazão (l/s) |           |       | Duração (s) |           |      | usos/pessoa/dia |           |     |
|--------------------------------|-------------|-----------|-------|-------------|-----------|------|-----------------|-----------|-----|
|                                | Mín         | Mais prov | Máx   | Mín         | Mais prov | Máx  | Mín             | Mais prov | Máx |
| Dado coletado da residência*** | 0,014       | 0,018     | 0,023 | 2,0         | 10        | 22,8 | 2,4             | 4,4       | 6,3 |
| Média                          | 0,014       | 0,018     | 0,023 | 2           | 10        | 23   | 2               | 4         | 6   |

\*o valor foi obtido com base na subtração da média pelo desvio padrão informado na literatura em questão

\*\* o valor foi obtido com base na somatória da média e desvio padrão informado na literatura em questão

\*\*\* uma vez que não foi encontrado e nem possível estimar os valores, foram considerados os dados coletados da residência

\*\*\*\*valores iguais a 0 nestes campos foram desconsiderados

\*\*\*\*\*valor obtido através do gráfico disponibilizado pelo fabricante com a representação da curva de vazão (L/min) em relação à pressão estática de instalação (m.c.a). Uma vez que trata-se de uma residência unifamiliar com caixa d'água elevada, foi adotada a faixa de pressão entre 2 m.c.a (mínima pressão indicada pelo fabricante) e 3 m.c.a. Para estas classes de pressão e pela análise do gráfico, a curva de vazão indica as vazões entre 95 L/min e 100L/min.

**Tabela 5:** Dados de entrada para o método probabilístico com base nas medições reais da residência

| Aparelhos sanitários | Número de usos por pessoa/dia |           | Vazão (L/s) |           | Duração da descarga (s) |             | Qtd. de pessoas |
|----------------------|-------------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------------------|-------------|-----------------|
|                      | Média                         | Variância | Média       | Variância | Média                   | Variância   |                 |
| CH social            | 0,5000                        | 1,0E-06   | 0,0679      | 0,00023   | 334,6056                | 132173,9405 | 2               |
| LV social            | 0,8803                        | 0,2747    | 0,0476      | 0,00017   | 15,5531                 | 245,1923    | 2               |
| BS social            | 0,6406                        | 0,0513    | 0,9597      | 0,01317   | 6,0543                  | 4,0607      | 2               |
| CH suíte             | 0,5000                        | 0,0001    | 0,0740      | 0,00048   | 288,3492                | 45234,8403  | 2               |
| LV suíte             | 0,7273                        | 0,1372    | 0,0652      | 0,00041   | 12,4953                 | 102,1365    | 2               |
| BS suíte             | 0,5946                        | 0,0394    | 0,8959      | 0,00892   | 6,2132                  | 5,6372      | 2               |
| PIA cozinha          | 13,8923                       | 37,1976   | 0,0462      | 9,26E-05  | 15,9197                 | 278,7906    | 1               |
| BB                   | 0,3750                        | 0,0328    | 0,0182      | 2,00E-05  | 10,3431                 | 156,0991    | 4               |
| TQ 1                 | 2,4066                        | 3,7106    | 0,0823      | 0,0008    | 22,9610                 | 865,0265    | 1               |
| TQ 2                 | 1,8200                        | 1,3751    | 0,0859      | 0,0007    | 24,1070                 | 871,1044    | 1               |
| MLR                  | 1,0000                        | 0,0001    | 0,1125      | 2,57E-05  | 2036,5000               | 165632,4237 | 1               |
| PIA churrasqueira    | 1,9063                        | 1,9587    | 0,0805      | 0,0010    | 14,6919                 | 305,0178    | 1               |

### 3.3. Análise de resultados

A análise dos resultados abordou três aspectos:

- a. Vazões nos sub-ramais
- b. Distribuição e análise das frequências das vazões reais
- c. Impacto da utilização dos métodos

Uma vez que não ocorre interferência da simultaneidade de uso dos aparelhos sanitários nas vazões nos sub-ramais, foi realizado uma análise comparativa das vazões de projeto dos aparelhos sanitários informados pelas normativas e as vazões coletadas nos pontos de consumo da residência.

Outra avaliação realizada foi, a partir dos dados coletados da residência, a ocorrência da distribuição de vazão nos trechos do sistema de água fria e a frequência dos dados comparados as vazões de

projeto dos métodos.

Verificou-se também o impacto da utilização dos métodos de dimensionamento nos diâmetros dos trechos da residência. O diâmetro foi determinado a partir das vazões de projeto obtidas pelos métodos de dimensionamento, considerando o comprimento estimado dos trechos da tubulação de água fria, desníveis e as perdas de carga distribuídas e localizadas da residência. Levou-se em consideração 2 critérios estabelecidos pela NBR 5626 (ABNT, 1998): a velocidade máxima de 3 m/s e as seguintes pressões dinâmicas mínimas:

- 10 kPa nos pontos de consumo (exceto válvula de descarga para bacia sanitária)
- 15 kPa em válvulas de descarga para bacia sanitária
- 5 kPa em qualquer ponto da rede de distribuição

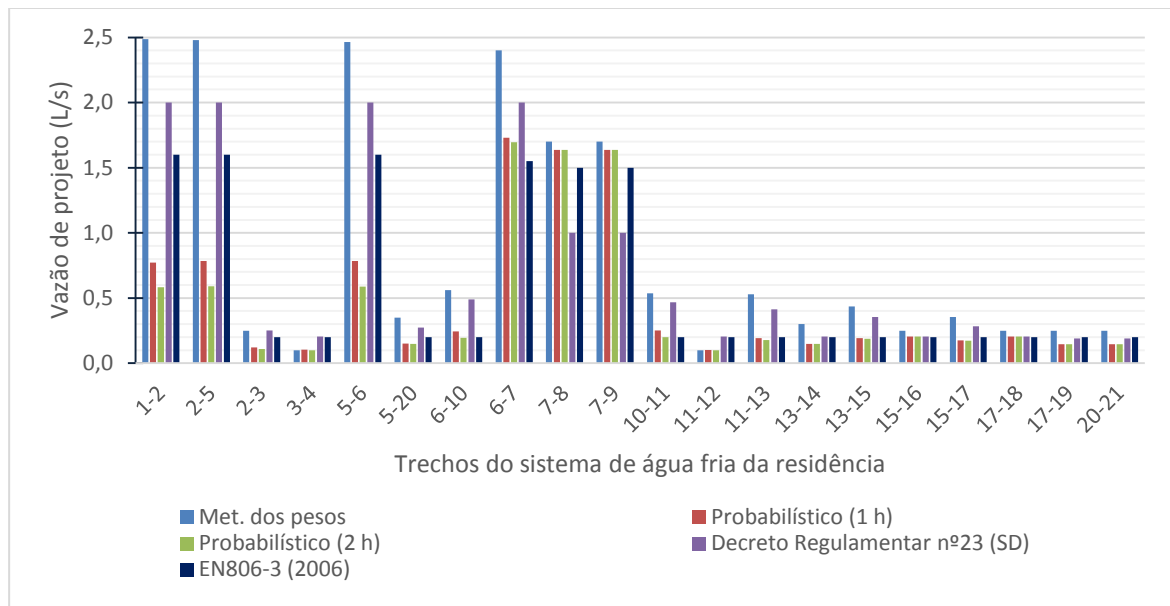
#### 4. Resultados e discussão

As vazões de projeto dos trechos da residência, em L/s, obtidas pelos métodos de dimensionamento e pelas simulações no ProAcqua utilizando a literatura técnica estão apresentados na Tabela 6. As colunas de 'frequência (%)' apontam o percentual que a vazão de projeto do trecho representa dos dados de vazões não-nulas dos trechos com base nas medições reais.

Já a Figura 5 representa a variabilidade das vazões de projeto do sistema de água fria da residência, utilizando o método dos pesos, método probabilístico utilizando os dados da literatura, Decreto Regulamentar nº 23 (SD) e a EN 806-3 (2006).

**Tabela 6:** Vazões de projeto dos trechos obtidos pelos métodos recomendados pela ABNT NBR 5626 (1998), Decreto Regulamentar nº23 (SD), EN806-3 (2006) e pelo método probabilístico utilizando os dados reais

**Figura 5:** Variabilidade das vazões de projeto dos trechos do sistema de água fria da residência





| Trecho | ABNT NBR 5626 (1998) |                |                      |                |                      |                | Decreto Regulamentar nº23 (SD) | EN806-3 (2006) |       | Aplicação do mét. probabilístico com os dados reais |                |             |                |             |
|--------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|--------------------------------|----------------|-------|---|----------------|-------------|----------------|-------------|
|        | Met. dos pesos       |                | Probabilístico (1 h) |                | Probabilístico (2 h) |                |                                | 1 h            | 2 h   | 1 h   |                | 2 h         |                |             |
|        | Vazão (L/s)          | Frequência (%) | Vazão (L/s)          | Frequência (%) | Vazão (L/s)          | Frequência (%) |                                |                |       | Vazão (L/s)   | Frequência (%) | Vazão (L/s) | Frequência (%) | Vazão (L/s) |
| 1-2    | 2,487                | 100,00%        | 0,772                | 98,54%         | 0,583                | 98,48%         | 2,000                          | 100,00%        | 1,600 | 100,00%   | 0,342          | 98,48%      | 0,290          | 98,41%      |
| 2-5    | 2,479                | 100,00%        | 0,785                | 98,31%         | 0,591                | 98,22%         | 2,000                          | 100,00%        | 1,600 | 100,00%   | 0,334          | 98,22%      | 0,287          | 98,15%      |
| 2-3    | 0,250                | 100,00%        | 0,121                | 100,00%        | 0,109                | 99,77%         | 0,250                          | 100,00%        | 0,200 | 100,00%   | 0,094          | 98,75%      | 0,093          | 98,75%      |
| 3-4    | 0,100                | 100,00%        | 0,103                | 100,00%        | 0,100                | 100,00%        | 0,205                          | 100,00%        | 0,200 | 100,00%   | 0,093          | 98,55%      | 0,093          | 98,55%      |
| 5-6    | 2,465                | 100,00%        | 0,785                | 97,76%         | 0,587                | 97,64%         | 2,000                          | 100,00%        | 1,600 | 100,00%   | 0,330          | 97,64%      | 0,285          | 97,54%      |
| 5-20   | 0,350                | 100,00%        | 0,151                | 100,00%        | 0,149                | 100,00%        | 0,273                          | 100,00%        | 0,200 | 100,00%   | 0,063          | 99,86%      | 0,063          | 99,86%      |
| 6-10   | 0,561                | 100,00%        | 0,245                | 99,90%         | 0,195                | 99,29%         | 0,490                          | 100,00%        | 0,200 | 99,29%  | 0,170          | 98,55%      | 0,154          | 98,18%      |
| 6-7    | 2,400                | 100,00%        | 1,731                | 100,00%        | 1,697                | 100,00%        | 2,000                          | 100,00%        | 1,550 | 100,00%   | 1,116          | 97,80%      | 1,113          | 96,63%      |
| 7-8    | 1,700                | 100,00%        | 1,636                | 100,00%        | 1,636                | 100,00%        | 1,000                          | 62,80%         | 1,500 | 100,00%   | 1,148          | 98,90%      | 1,148          | 98,90%      |
| 7-9    | 1,700                | 100,00%        | 1,636                | 100,00%        | 1,636                | 100,00%        | 1,000                          | 91,80%         | 1,500 | 100,00%   | 1,051          | 100,00%     | 1,051          | 100,00%     |
| 10-11  | 0,537                | 100,00%        | 0,252                | 99,90%         | 0,199                | 99,31%         | 0,467                          | 100,00%        | 0,200 | 99,33%  | 0,171          | 98,55%      | 0,155          | 98,20%      |
| 11-12  | 0,100                | 90,94%         | 0,101                | 90,94%         | 0,100                | 90,94%         | 0,205                          | 100,00%        | 0,200 | 100,00%   | 0,113          | 100,00%     | 0,113          | 90,94%      |
| 11-13  | 0,528                | 100,00%        | 0,194                | 99,12%         | 0,178                | 98,92%         | 0,414                          | 100,00%        | 0,200 | 99,18%  | 0,145          | 96,94%      | 0,137          | 96,82%      |
| 13-14  | 0,300                | 100,00%        | 0,149                | 98,47%         | 0,149                | 98,47%         | 0,205                          | 100,00%        | 0,200 | 100,00%   | 0,122          | 98,47%      | 0,121          | 98,47%      |
| 13-15  | 0,435                | 100,00%        | 0,192                | 100,00%        | 0,188                | 100,00%        | 0,355                          | 100,00%        | 0,200 | 100,00%   | 0,138          | 98,33%      | 0,137          | 98,33%      |
| 15-16  | 0,250                | 100,00%        | 0,204                | 100,00%        | 0,204                | 100,00%        | 0,205                          | 100,00%        | 0,200 | 100,00%   | 0,132          | 97,67%      | 0,132          | 97,67%      |
| 15-17  | 0,355                | 100,00%        | 0,176                | 100,00%        | 0,174                | 100,00%        | 0,284                          | 100,00%        | 0,200 | 100,00%   | 0,138          | 97,38%      | 0,138          | 96,76%      |
| 17-18  | 0,250                | 100,00%        | 0,204                | 100,00%        | 0,204                | 100,00%        | 0,205                          | 100,00%        | 0,200 | 100,00%   | 0,135          | 97,83%      | 0,135          | 97,83%      |
| 17-19  | 0,250                | 100,00%        | 0,145                | 100,00%        | 0,145                | 100,00%        | 0,190                          | 100,00%        | 0,200 | 100,00%   | 0,140          | 82,69%      | 0,140          | 82,69%      |
| 20-21  | 0,250                | 100,00%        | 0,145                | 100,00%        | 0,145                | 100,00%        | 0,190                          | 100,00%        | 0,200 | 100,00%   | 0,062          | 99,99%      | 0,062          | 99,99%      |

A Tabela 7 apresenta um resumo das vazões reais de cada trecho, durante os 10 dias de maior consumo da residência.

**Tabela 7:** Resumo das vazões reais dos trechos da residência.

| Trecho | Vazão mínima (L/s) | Vazão máxima (L/s) | Vazão média (L/s) | Variância (L/s) <sup>2</sup> | Desvio padrão (L/s) | Vazão que representa aprox. 95% da amostra (L/s) |
|--------|--------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|---------------------|--|
| 1-2    | 0,012              | 1,362              | 0,102             | 0,0127                       | 0,113               | 0,149  |
| 2-5    | 0,016              | 1,362              | 0,118             | 0,0145                       | 0,120               | 0,150  |
| 2-3    | 0,019              | 0,120              | 0,063             | 0,0003                       | 0,016               | 0,089  |
| 3-4    | 0,048              | 0,095              | 0,070             | 0,0002                       | 0,012               | 0,089  |
| 5-6    | 0,032              | 1,362              | 0,130             | 0,0175                       | 0,132               | 0,149  |
| 5-20   | 0,013              | 0,108              | 0,048             | 0,0001                       | 0,012               | 0,059  |
| 6-10   | 0,041              | 0,294              | 0,115             | 0,0006                       | 0,025               | 0,116  |
| 6-7    | 0,687              | 1,362              | 0,944             | 0,0104                       | 0,102               | 1,099  |
| 7-8    | 0,687              | 1,184              | 0,969             | 0,0102                       | 0,101               | 1,110  |
| 8-9    | 0,439              | 1,049              | 0,898             | 0,0082                       | 0,090               | 1,020  |
| 10-11  | 0,032              | 0,294              | 0,103             | 0,0006                       | 0,025               | 0,116  |
| 11-12  | 0,050              | 0,110              | 0,069             | 0,0003                       | 0,016               | 0,110  |
| 11-13  | 0,114              | 0,294              | 0,122             | 0,0003                       | 0,017               | 0,116  |
| 13-14  | 0,114              | 0,150              | 0,117             | 4,4E-05                      | 0,007               | 0,115  |
| 13-15  | 0,025              | 0,180              | 0,086             | 0,0007                       | 0,027               | 0,128  |
| 15-16  | 0,030              | 0,133              | 0,084             | 0,0006                       | 0,025               | 0,123  |
| 15-17  | 0,025              | 0,144              | 0,088             | 0,0008                       | 0,028               | 0,134  |
| 17-18  | 0,025              | 0,135              | 0,087             | 0,0007                       | 0,027               | 0,127  |
| 17-19  | 0,031              | 0,144              | 0,096             | 0,0012                       | 0,034               | 0,144  |
| 20-21  | 0,047              | 0,108              | 0,054             | 0,0001                       | 0,008               | 0,059  |

#### 4.1. Vazões dos sub-ramais

Nos sub-ramais, as vazões de projeto dimensionadas pelo método probabilístico se mantiveram praticamente constante independente o horário de pico. Ressalta-se que, por se tratar de uma edificação unifamiliar, não há variações de pressões que impactem diretamente nas variações de vazão.

##### a. Chuveiro

As vazões reais nos sub-ramais do chuveiro (trechos 3-4 e 11-12) mostraram-se bem próximas às vazões de projeto recomendadas pela NBR 5626 (ABNT, 1998), método dos pesos e método probabilísticos utilizando a literatura técnica. Em contrapartida, o método disposto na EN 806-3 e Regulamento Geral Português apresentaram vazões quase superiores ao dobro da máxima vazão real medida in loco. Isto pode estar ocorrendo por conta do modelo do aparelho utilizado nos países europeus, que, na maioria dos casos, utilizam duchas com misturadores de água fria e quente ao invés do chuveiro elétrico com registro de pressão, que é utilizado na residência monitorada.

##### b. Bacia sanitária

A vazão de projeto recomendada Decreto Regulamentar nº 23/SD nos sub-ramais da bacia sanitária (trechos 7-8 e 8-9) mostrou-se próxima as vazões verificadas na residência. Os demais métodos de dimensionamento obtiveram vazões cerca de 50% maiores que as reais da edificação.

Os dimensionamentos pelo método probabilístico apresentaram vazões de projeto para a coluna de

distribuição (trecho 1-2) menores comparadas aos sub-ramais que alimentam apenas as bacias sanitárias (trechos 7-8 e 8-9). Isso pode estar relacionado ao fato de que a instalação hidráulica da residência não está conforme a norma, uma vez que a ABNT NBR 5626 (1998) recomenda utilização de uma prumada exclusiva para as bacias sanitárias com válvula de descarga, em função da grande diferença de vazão da válvula de descarga em relação aos demais aparelhos sanitários. Desta forma, as vazões menores para a coluna de distribuição sugerem que os dados de vazões de acionamento da válvula de descarga foram desconsiderados devido aos fatores de falha local e global admitidos.

### c. Máquina de lavar roupas

As vazões reais do sub-ramal da máquina de lavar roupas (trecho 13-14) apresentaram baixa variabilidade uma vez que a vazão é praticamente constante durante o ciclo de utilização da máquina. As vazões coletadas mostraram-se próximas às vazões obtidas pelo método probabilístico utilizando os dados da literatura técnica. A diferença das vazões reais para as vazões de projeto nos demais métodos pode estar relacionada ao modelo do aparelho utilizado na residência e o fato de que os métodos procuram englobar todas as possíveis variações relacionadas ao modelo dos aparelhos.

### d. Tanque de lavar roupas

As vazões de projeto para os tanques 1 e 2 (trechos 15-16 e 17-18) mostraram-se cerca de 50% acima das vazões médias reais da residência.

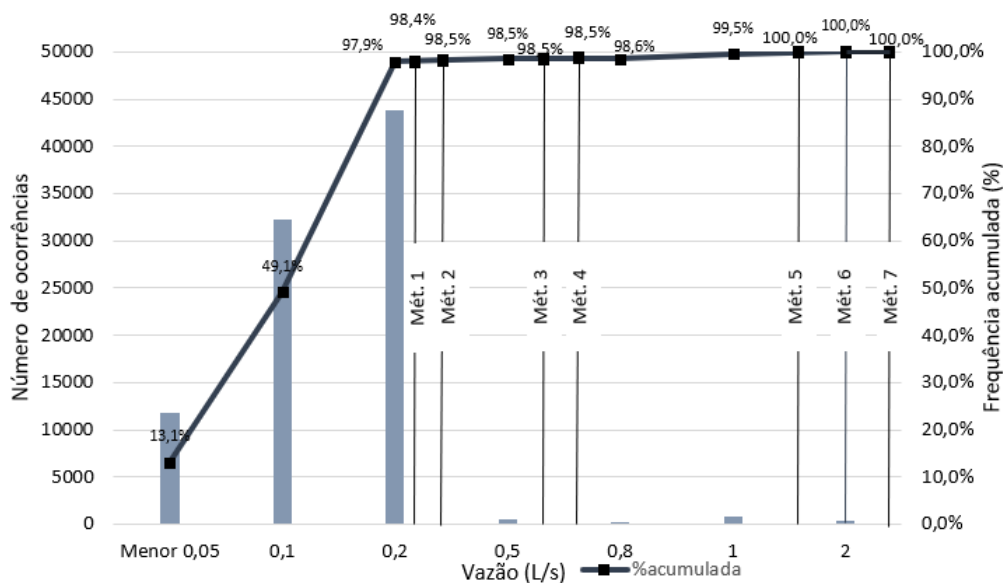
### e. Pia

A pia da cozinha, apesar da grande quantidade de usos, as vazões instantâneas coletadas do aparelho foram baixas. O mesmo acontece com a pia da churrasqueira. Com isso, as vazões máximas identificadas estavam abaixo da metade das vazões de projeto.

## 4.2. Distribuição das vazões reais

Buscou-se analisar como ocorreu a variabilidade das vazões da coluna de distribuição. A Figura 6 exemplifica como ocorreram as vazões da coluna de distribuição durante os dez dias analisados para o trecho 1-2, que alimenta toda a edificação. Nesta figura, observa-se a relação 'vazão x nº de ocorrências' da coluna de distribuição durante os dez dias analisados.

Figura 6: Gráfico Vazão x Nº de ocorrências da coluna de distribuição (Trecho 1-2).





**Método 1:** Método probabilístico (NBR 5626 - 2h de pico) utilizando os dados reais; **Método 2:** Método probabilístico (NBR 5626 - 1h de pico) utilizando os dados reais; **Método 3:** Método probabilístico (2h de pico) utilizando os dados da literatura técnica; **Método 4:** Método probabilístico (2h de pico) utilizando os dados da literatura técnica; **Método 5:** Método europeu (EN 806-3, 2006); **Método 6:** Método português (Decreto Regulamentar nº23/SD); **Método 7:** Método dos pesos (NBR 5626/1998).

Observou-se que a grande maioria das vazões foram inferiores a 0,2 L/s, totalizando 97,9% dos eventos. As vazões superiores a este valor foram oriundas do acionamento de dois ou mais aparelhos sanitários simultâneos ou da bacia sanitária.

A Tabela 8 apresenta a quantidade máxima de aparelhos em uso simultâneo observadas no trecho 1-2 no período considerado da residência

**Tabela 8:** Quantidade máxima de aparelhos em utilização simultânea durante o período considerado da residência.

| Dia        | Qtd. Máxima de aparelhos em uso simultâneo (aparelhos/s) | Duração acumulada dos acionamentos em que a quantidade máxima de aparelhos em uso simultâneo foi observada (s) |
|------------|--|--|
| 08/02/2017 | 3  | 8  |
| 15/02/2017 | 3  | 36   |
| 10/03/2017 | 2  | 204  |
| 15/03/2017 | 2  | 305  |
| 10/04/2017 | 2  | 339  |
| 03/05/2017 | 3  | 12   |
| 17/05/2017 | 3  | 133  |
| 30/05/2017 | 3  | 8  |
| 08/06/2017 | 3  | 294  |
| 28/06/2017 | 3  | 2  |

Verificou-se que a quantidade máxima de aparelhos em uso simultâneo deste trecho é 3. Uma vez que o dia 17/05/2017 apresentou a maior duração acumulada de acionamento dos aparelhos em utilização simultânea, verificou-se que o conjunto de aparelhos mais utilizados simultaneamente neste dia foi a pia da cozinha, máquina de lavar roupas e chuveiro suíte, no período acumulado de 90 segundos, com vazão máxima de 0,239 L/s. O segundo conjunto de aparelhos em utilização simultânea é representado pelo tanque 1, máquina de lavar roupas e chuveiro suíte, no período contínuo de 43 segundos, com vazão de 0,294 L/s. Ambos acionamentos ocorreram entre os horários de 9:40 e 9:50 da manhã.

Uma vez que a residência não utiliza prumada exclusiva para a bacia sanitária com válvula de descarga, as vazões dos conjuntos de 3 aparelhos em utilização simultânea da coluna de distribuição são menores que a vazão apenas da bacia sanitária.

### 4.3. Impacto no uso dos métodos

Observou-se o impacto da diferença das vazões de projeto nos diâmetros das tubulações, conforme Tabela 8.

Observou-se que o método probabilístico com 2 horas de pico utilizando os dados da literatura técnica e o método probabilístico utilizando os dados reais apresentaram menores diâmetros para o sistema. Comparativamente, quase todos os diâmetros apresentados pelos métodos probabilísticos foram inferiores aos diâmetros do método dos pesos.

**Tabela 9:** Diâmetros da coluna de distribuição, ramais e sub-ramais do sistema de água fria da residência obtidos pelos métodos de dimensionamento.

| Trecho | Diâmetro (mm)        |                      |                      |                                |                |   |     |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------|---|-----|
|        | ABNT NBR 5626 (1998) |                      |                      | Decreto Regulamentar nº23 (SD) | EN806-3 (2006) | Aplicação do mét. probabilístico com os dados reais |     |
|        | Met. dos pesos       | Probabilístico (1 h) | Probabilístico (2 h) |                                |                | 1 h   | 2 h |
| 1-2    | 60                   | 50                   | 40                   | 50                             | 50             | 40  | 40  |
| 2-5    | 60                   | 50                   | 40                   | 50                             | 50             | 40  | 40  |
| 2-3    | 25                   | 20                   | 20                   | 25                             | 20             | 20  | 20  |
| 3-4    | 25                   | 20                   | 20                   | 20                             | 20             | 20  | 20  |
| 5-6    | 60                   | 50                   | 40                   | 50                             | 50             | 40  | 40  |
| 5-20   | 25                   | 20                   | 20                   | 20                             | 20             | 20  | 20  |
| 6-10   | 25                   | 20                   | 20                   | 25                             | 20             | 20  | 20  |
| 6-7    | 50                   | 50                   | 40                   | 50                             | 50             | 40  | 40  |
| 7-8    | 50                   | 40                   | 40                   | 50                             | 40             | 40  | 40  |
| 7-9    | 50                   | 40                   | 40                   | 50                             | 40             | 40  | 40  |
| 10-11  | 25                   | 20                   | 20                   | 25                             | 20             | 20  | 20  |
| 11-12  | 25                   | 20                   | 20                   | 20                             | 20             | 20  | 20  |
| 11-13  | 25                   | 20                   | 20                   | 25                             | 20             | 20  | 20  |
| 13-14  | 25                   | 20                   | 20                   | 20                             | 20             | 20  | 20  |
| 13-15  | 25                   | 20                   | 20                   | 20                             | 20             | 20  | 20  |
| 15-16  | 25                   | 20                   | 20                   | 20                             | 20             | 20  | 20  |
| 15-17  | 25                   | 20                   | 20                   | 20                             | 20             | 20  | 20  |
| 17-18  | 25                   | 20                   | 20                   | 20                             | 20             | 20  | 20  |
| 17-19  | 25                   | 20                   | 20                   | 20                             | 20             | 20  | 20  |
| 20-21  | 25                   | 20                   | 20                   | 20                             | 20             | 20  | 20  |

## 5. Conclusões

Uma vez que os métodos de dimensionamento tratam da mesma forma edificações com características diferentes, era esperado que as vazões de projeto dos métodos normativos resultassem em vazões de projeto maiores que as medidas na residência unifamiliar. Porém, mesmo utilizando o método probabilístico com os dados da literatura técnica, as vazões de projeto de mostraram próximas às vazões coletadas. Esse fato sugere a importância de pesquisas relacionadas à coleta de dados de diferentes tipologias de edificações para a adequabilidade do dimensionamento de vazões de água fria.

Mesmo se tratando de uma residência unifamiliar, na qual não agrupava a solicitação de diversas unidades familiares, houve impacto no diâmetro devido a diferença dos métodos na determinação das vazões. O método probabilístico de Gonçalves mostrou-se mais próximo as vazões reais da residência e os menores diâmetros dentre os demais métodos. Com o projeto de norma de água fria incentivando o uso do modelo probabilístico, espera-se que pesquisas utilizando dados reais possam ocorrer com mais frequências, fornecendo diversos tipos de informação para a utilização deste modelo.

O estudo da simultaneidade de usos também é fundamental para o dimensionamento de instalações hidráulicas, uma vez que em residências multifamiliares a superestimação das vazões tende a ser maior. Desta forma, pesquisas que propiciem a obtenção desta informação podem gerar um acréscimo de conhecimento sobre o tema, principalmente em edificações verticais multifamiliares.

Uma vez que o período de pico varia para cada aparelho sanitário, outra sugestão para trabalhos futuros seria a análise das vazões a partir das variações dos períodos de pico analisados ao longo do dia.

## 6. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998, 41 p.

BARRETO, D. **Perfil do consumo residencial e usos finais da água**. Ambiente Construído, v. 8, n. 2, p. 23–40, 2008.

BORGES, W. L. B. **Estudo da influência de parâmetros hidráulicos e metodologias no dimensionamento de sistemas prediais de água fria**. 2010. 111f. Dissertação (Mestrado Minter/CEFET-MG) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2010.

DOCOL. Catálogo Válvula de Descarga 1 ½” BP: Válvula de descarga Docol com entrada vertical para instalação em parede com acionamento hidromecânico. Disponível em: <<https://www.docol.com.br/uploads/product/939db47be0b3c71c596bf73666ce121346a34a43.pdf>> Acesso em: 30 de mai. 2018, 23:12:00.

**EN 806-3:2006**. Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption – Part 3: Pipe sizing – Simplified method, CEN, Bruxelas, 2006.

GONÇALVES, O. M. **Formulação de modelo para o estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria**. 1986. 388 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1986.

GONÇALVES, O. M. **Influência do uso simultâneo de aparelhos sanitários no dimensionamento de instalações prediais de água fria**. 1978. 164 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1978.

ILHA, M. S. O.; OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. Sistemas de medição individualizada de água: como determinar as vazões de projeto para a especificação dos hidrômetros? **Eng Sanit Ambient**, v. 15, n. 2, p. 177–186, 2010.

ILHA, M. S. O.; OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. Design flow rate simulation of cold water supply in residential buildings by means of open open probabilistic model. In: **THE 34<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062**, 2008, Hong Kong. Anais... Hong Kong: Department of Building Services Engineering Faculty of Construction and Land Use, 2008.

MARINOSKI, A. K.; SILVA, A. S.; VIEIRA, A. S.; GHISI, E. Water End-Uses in Low-Income Houses in Southern Brazil. **Water**, 8 jul. 2014. v. 6, n. 7, p. 1985–1999.

PAULA, R. F. **Uso de água potável em edificações residenciais: um estudo de caso na cidade de Goiânia**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

SANT'ANA, D. Domestic water end-uses and water conservation in multi-storey buildings in the federal



district, Brazil. In: **PLEA 2012: 28TH CONFERENCE, OPPORTUNITIES, LIMITS & NEEDS TOWARDS AN ENVIRONMENTALLY RESPONSIBLE ARCHITECTURE**, 2012. Lima, Perú. Anais... Lima, Perú, 2012.