

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**RAFAEL YAMAMOTO UETA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO  
DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS**

**PATO BRANCO**

**2023**

**RAFAEL YAMAMOTO UETA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO  
DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF WATER  
HEATING SYSTEMS IN RESIDENTIAL BUILDINGS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Cleovir José Milani

**PATO BRANCO**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**RAFAEL YAMAMOTO UETA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO  
DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Civil  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22 de Junho de 2023

---

Cleovir José Milani  
Doutor em Engenharia Civil na Universidade de Passo Fundo  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

---

José Miguel Etchalus  
Mestre em Engenharia Civil na Universidade Feevale  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

---

Volmir Sabbi  
Doutor em Educação na Universidade Estadual de Maringá  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

**PATO BRANCO**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à minha família pelo apoio e por ter me proporcionado a oportunidade de estudo.

À minha namorada Marina Clara Bertamoni por estar presente nas diversas fases da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cleovir José Milani, pela orientação e suporte.

À Profa. Dra. Elizângela Marcelo Siliprandi, que me ajudou bastante durante a elaboração do trabalho.

À todos os professores e amigos que tive durante o curso.

## EPÍGRAFE

*“Uma jornada de mil quilômetros precisa  
começar com um simples passo”*

*(Lao Tzu)*

## RESUMO

O cenário atual de fonte energética tem o chuveiro elétrico como a principal fonte de aquecimento de água nas residências brasileiras, cerca de 73% utilizam esta fonte . O grande motivo para isso se dá pelo baixo custo e simplicidade em adquirir e implantar este sistema. Apesar da infraestrutura da maioria das residências do Brasil estarem preparadas para receber o sistema de aquecimento elétrico, ela não é a mais barata. Em 2021, o Brasil passou por uma das piores secas do século, agravando para uma crise energética e as consequências dessa crise é o aumento de custo da energia elétrica e risco de apagões, como aconteceu em 2001. Este trabalho tem por objetivo definir parâmetros para a tomada de decisão na escolha entre um sistema de aquecimento residencial a gás e elétrico. O trabalho foi feito através de informações de fornecedores, orçamentos e projetos de empresas do ramo, todos com interesse no presente estudo, o que garante a viabilidade desse trabalho. Este estudo comparou o os custos de implantação e consumo dos aquecedores de passagem elétrico e à gás, por meio de um modelo de projeto de uma residência de 4 pessoas, com parâmetros de consumos definidos para ajudar profissionais e consumidores a tomar melhores decisões na hora de escolha do sistema de aquecimento de água residencial.

Palavras chaves: Aquecimento; Banho; Residencial.

## **ABSTRACT**

The current energy source scenario has the electric shower as the main source of water heating in Brazilian houses, about 73% use this source. The main reason for this is the low cost and simplicity of acquiring and implementing this system. Despite the infrastructure of most homes in Brazil being prepared to receive the electric water heating system, it is not the cheapest. In 2021, Brazil went through one of the worst droughts of the century, worsening an energy crisis and the consequences of this crisis are the increase in the cost of electricity and the risk of blackouts, as happened in 2001. This work aims to define parameters for decision-making when choosing between a gas and electric residential heating system. The work will be done through information from suppliers, budgets and projects from companies in the field, all with an interest in this study, which guarantees the viability of this work. This study compares the installation costs and costs of electric and gas heaters, through a desing model of a 4-person residence, with defined consumption parameters to help professionals and consumers to make the best decisions when choosing their residential water heating system.

Keywords: Heating; Bath; Residential.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Chuveiro elétrico sem o fluxo de água x chuveiro elétrico com o fluxo de água .....	17
Figura 2: Esquema de funcionamento do chuveiro elétrico.....	18
Figura 3: Curva de vazão x pressão do chuveiro .....	19
Figura 4: Modelo de funcionamento do aquecedor de passagem à gás. ....	21
Figura 5: Aquecedor Rinnai aberto.....	21
Figura 6: Sistema de aquecimento a gás em rede sem a necessidade de pressurização. ....	22
Figura 7: Características técnicas do aquecedor REUE100FEHBN (E10).....	23
Figura 8: Sistema de aquecimento a gás em rede com pressurização. ....	24
Figura 9: Bella Ducha 4T Ultra .....	26
Figura 10: Curva de vazão da Bella Ducha 4T Ultra. ....	27
Figura 11: Características técnicas do chuveiro Bella Ducha 4T Ultra.....	28
Figura 12: Projeto hidráulico para chuveiro elétrico. ....	29
Figura 13: Isométrico do banheiro para chuveiro elétrico.....	30
Figura 14: Aquecedor à gás E10 da Rinnai.....	32
Figura 15: Especificações técnicas do E10 da Rinnai.....	32
Figura 16: Projeto hidráulico para aquecedor de passagem à gás. ....	34
Figura 17: Isométrico do banheiro para aquecedor de passagem à gás.....	35
Figura 18: Terminal T. ....	36
Figura 19: Terminal “tipo chapéu chinês”. ....	37
Figura 20: Condições mínimas para instalação de aquecedores eletrônicos à gás. .	38
Figura 21: Exemplo de instalação de um aquecedor de passagem à gás. ....	39
Figura 22: Gráfico do custo de implantação dos sistemas .....	46
Figura 23: Custos acumulados totais dos sistemas ao longo do tempo.....	48



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Custos do sistema elétrico. ....	42
Tabela 2: Custos do sistema à gás .....	44
Tabela 3: Comparativo de custos de implantação dos sistemas.....	45
Tabela 4: Comparativo de custos entre os sistemas.....	47
Tabela 5: Comparativo de consumo entre os sistemas.....	47

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1	OBJETIVOS .....	13
1.1.1	Objetivo geral .....	13
1.1.2	Objetivos específicos .....	13
1.2	JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
2.1	CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO .....	15
2.1.1	Pelo atendimento .....	15
2.1.2	Pelo método de aquecimento.....	15
2.1.3	Pelo tipo de energia .....	15
2.2	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO ELÉTRICO (SAE) 16	
2.3	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AQUECIMENTO A GÁS.....	19
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>25</b>
3.1	MODELO DO CHUVEIRO ELÉTRICO.....	26
3.1.1	Simulação de um projeto para o sistema elétrico.....	28
3.1.2	Eficiência do sistema elétrico .....	31
3.2	MODELO DO AQUECEDOR À GÁS .....	31
3.2.1	Simulação de um projeto para o Sistema a gás.....	33
3.2.2	Eficiência do sistema à gás.....	39
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISES</b> .....	<b>41</b>
4.1	CUSTO DA INFRAESTRUTURA DO SISTEMA ELÉTRICO .....	41
4.2	CUSTO DO CONSUMO DO SISTEMA ELÉTRICO .....	42
4.3	CUSTO DA INFRAESTRUTURA DO SISTEMA A GÁS. ....	43
4.4	CUSTO DO CONSUMO DO SISTEMA A GÁS.....	45
4.5	COMPARATIVO DE CUSTO POR LITRO DE ÁGUA POR MINUTO .....	45
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>54</b>



## 1 INTRODUÇÃO

É difícil de se saber quem foi o responsável pela criação do primeiro aquecedor de água residencial, mas segundo Montu (pág. 5,2016):

[...]a tese mais divulgada diz que Benjamin Maughan desenvolveu o primeiro aquecedor doméstico a gás em 1868 na Inglaterra, mas o mesmo não era seguro. Apenas em 1889, o norueguês Edwin Ruud aperfeiçoou o invento e tornou viável o uso do mesmo.”

Há estudos que dizem que o inventor do chuveiro elétrico é o brasileiro Francisco Canhos Navarro, que em 1927 fez seu primeiro modelo em Jaú, interior de São Paulo (RIBEIRO, 2017).

O cenário atual de fonte energética tem o chuveiro elétrico como a principal fonte de aquecimento de água nas residências brasileiras, cerca de 73% utilizam esta fonte (PROCEL, 2021). O grande motivo para isso se dá pelo baixo custo e simplicidade em adquirir e implantar este sistema. Além disso, as edificações já estão preparadas para esta instalação, reduzindo assim, o custo de infraestrutura adicional para preparar para outro sistema, como o a gás e solar (RINNAI, 2020).

Apesar da infraestrutura da maioria das residências do Brasil estarem preparadas para receber o sistema de aquecimento elétrico, ela não é a mais barata, como mostra o estudo do Raimo (2007).

Além de alto custo de infra-estrutura, a energia elétrica é uma energia muito nobre, e requer muito investimento para ser gerada, transmitida e distribuída. Em 2021, o Brasil passou por uma das piores secas do século, agravando para uma crise energética e as consequências dessa crise é o aumento de custo da energia elétrica e risco de apagões, como aconteceu em 2001, já que o sistema de geração e transmissão está operando no limite (SCHREIBER, 2021).

O “Apagão de 2001” foi o nome dado para uma das piores crises energéticas no Brasil. Ele durou cerca 9 meses e a maior medida adotada para conter essa crise foi o racionamento de energia, com cortes programados e multas que chegaram à 50% do valor da conta para quem consumia mais do que um determinado número de kWh mensal (GUITARRARA).

As outras fontes de aquecimento de água, como o a gás solar já existiam no Brasil na década de 1980, mas foi a partir e 2001 que elas ganharam força, já que muitos consumidores buscaram alternativas para o chuveiro elétrico, segundo comerciantes do ramo.

Hoje em dia, as opiniões sobre qual, realmente, é o melhor sistema de aquecimento ainda é dividida. Por este motivo, será feito um estudo de casos para tentar aproximar os consumidores e os profissionais da realidade.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo definir parâmetros para a tomada de decisão na escolha entre um sistema de aquecimento de água residencial a gás e elétrico.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os sistemas de aquecimento residencial elétrico e a gás.
- Elaborar um projeto de uma residência unifamiliar as duas possibilidades de sistemas.
- Descrever os sistemas construtivos.
- Analisar o tempo de retorno de cada um dos investimentos.
- Analisar a eficiência dos sistemas em estudo com relação ao volume de água quente por L/min.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema foi feita, após se perceber a grande dificuldade em se definir um sistema de aquecimento de água, por parte dos usuários e até mesmo dos profissionais, gerando assim, custos desnecessários pela falta de eficiência por erro de dimensionamento. Visto que, segundo dados oficiais da Procel (2005), o banho consome até de 30% da energia elétrica de uma residência, e representa 6% do consumo energético do país, é de grande importância, para a sociedade e para a

engenharia civil, saber escolher um sistema de aquecimento ideal para determinada obra.

No Brasil, o uso chuveiro elétrico é predominante. Tem-se como alternativa o sistema solar ou à gás, gerando menos impactos ambientais, mas são menos utilizados por causa dos sistemas hidráulicos antigos não serem compatíveis à estas opções. Para as novas edificações, os projetistas já preveem a possibilidade de implantação destes sistemas (RINNAI,2020).

Ao escolher um sistema de aquecimento, é comum surgirem várias dúvidas entre qual deles escolher, qual é o mais econômico ou qual proporciona mais conforto. Desta forma, este trabalho tem por objetivo fazer um estudo mostrando as características de cada um, para facilitar a escolha dos clientes, caracterizando a importância do mesmo.

O trabalho será feito através de informações de fornecedores, orçamentos e projetos de empresas do ramo, todos com interesse no presente estudo, o que garante a viabilidade desse trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO

Segundo a Rinnai (2020) os sistemas podem ser classificados por diversas formas. Pelo atendimento, pelo método de aquecimento e pelo tipo de energia.

#### 2.1.1 Pelo atendimento

-Sistema pontual: é aquele onde cada ponto de consumo possui o seu sistema de aquecimento.

-Sistema Central Privativo: é aquele onde a água é aquecida para múltiplos pontos de consumo dentro de uma unidade habitacional.

-Sistema Central Coletivo: é aquele onde a água é aquecida para múltiplas unidades habitacionais.

#### 2.1.2 Pelo método de aquecimento

-Instantâneo (passagem): é aquele que é acionado apenas durante o consumo de água quente, quando o registro é fechado, ele interrompe.

-Acumulação: é aquele onde a água quente é armazenada e um reservatório e mantida aquecida até o consumo.

#### 2.1.3 Pelo tipo de energia

É classificado pela fonte energética que será transformada em energia térmica. Podem ser de diversos tipos como: elétrica, a gás, solar, carvão, lenha.

(fonte: RINNAI)

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO ELÉTRICO (SAE)

O sistema elétrico de passagem é sistema de aquecimento mais utilizado no país. Ele é pontual e instantâneo. Segundo a PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), o chuveiro elétrico é responsável, em média, por 14,97% do consumo de energia elétrica em uma residência.

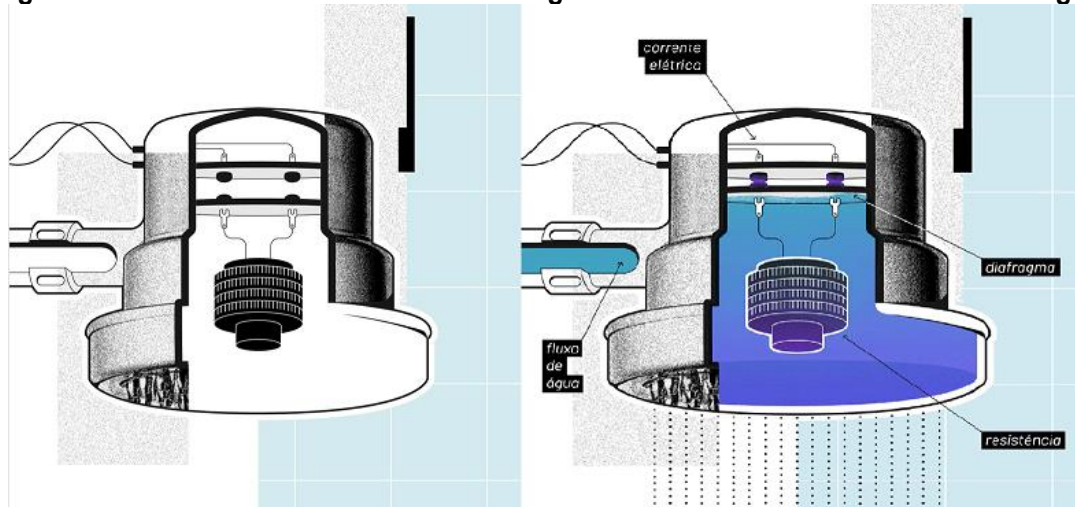
O chuveiro elétrico foi desenvolvido no Brasil na década de 1930. Ele é composto por, dois resistores feitos de materiais condutores e um diafragma de borracha. Seu funcionamento é bastante simples. Ao abrir o registro, a água chega na caixa do chuveiro, aumentando a sua pressão e acionando o diafragma. Uma vez acionado, o diafragma fecha o circuito elétrico, transformando energia elétrica em energia térmica e aquecendo os resistores. Esses resistores transferem o calor para a água proporcionando o aquecimento do banho. Ao fechar o registro, o sistema interrompe (MATTEDE).

Segundo Oliveira (2016), o funcionamento do chuveiro se deve ao efeito Joule. A energia elétrica se transforma em energia térmica, devido à colisão dos elétrons, que se movimentam através de um fio condutor, gerando o aumento do estado de agitação e conseqüentemente o aumento da temperatura.

Na Figura 1 pode-se notar o chuveiro inicialmente sem o fluxo de água, com o diafragma sem contato, mantendo o circuito aberto. Com a pressão do fluxo de água o diafragma fecha o circuito, transmitindo uma corrente elétrica para a resistência que, através do efeito Joule, aquece a água do reservatório.



Figura 1: Chuveiro elétrico sem o fluxo de água x chuveiro elétrico com o fluxo de água

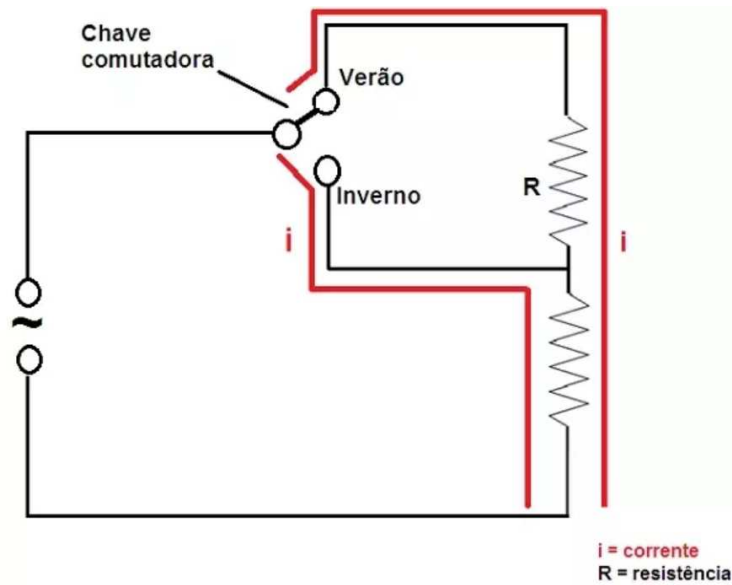


Fonte: LARA, 2019.

O chuveiro possui opções de temperatura, popularmente chamados de modo inverno (água mais quente) e modo verão (água mais fria). Existem várias outras formas de regulação de temperatura, como por exemplo, as graduais, em que a temperatura da água é trocada gradualmente, até que o usuário escolha a temperatura de banho que deseja.

Apesar de existir diversas formas de regulação de temperatura de um chuveiro, o mecanismo para essa regulação é o mesmo. Ele é fundamentado da primeira lei de Ohm, que diz que em uma mesma diferença de potencial, quanto menor for sua resistência, maior será a corrente elétrica conduzida por ele. Portanto, ao escolher o “modo verão” o circuito de maior resistência elétrica é fechado, conseqüentemente, a corrente elétrica que passará pelos condutores será menor e o aumento de temperatura será menor. De forma análoga, no “modo inverno” o circuito com menor resistência elétrica é fechado, fornecendo uma maior corrente elétrica ao sistema e uma maior elevação de temperatura, conforme o esquema ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Esquema de funcionamento do chuveiro elétrico.



Fonte: MATTEDE.

De acordo Botelho e Junior (2014), quando se dimensiona uma instalação para receber duchas e chuveiros, alimentados por misturadores de água quente e fria, deve-se prever uma vazão de projeto de 0,2 litros por segundo para a água fria e 0,2 litros por segundo para a água quente, totalizando 0,4 litros por segundo (24 litros por minuto). Para os chuveiros elétricos, essa mesma fonte recomenda uma vazão de projeto de 6 litros por minuto

Na figura 3, a curva de vazão mostra a quantidade de água que sai pelo chuveiro elétrico, mas isso não significa que essa água sai em temperatura constante. Para entender este fato, basta ligar um chuveiro elétrico no mesmo modo (verão ou inverno) e ir abrindo mais o registro, quanto mais água sair, menor será a temperatura da água que sai.

Figura 3: Curva de vazão x pressão do chuveiro



Fonte: Lorenzetti, 2021.

Raimo (2007) aponta que o aquecimento elétrico é o recurso mais utilizado no Brasil devido ao seu baixo custo de aquisição e a facilidade de instalação e manutenção. E acrescenta que o uso simultâneo do chuveiro exige uma maior capacidade de uma infraestrutura para horários de ponta, e que em cidades mais frias do país pode-se ter a necessidade de investir maior recursos financeiros para esse fim.

As instalações do chuveiro elétrico deve seguir as exigências da NBR 05410- Instalações Elétricas de Baixa Tensão (ABNT, 2004), que tem por objetivo garantir que as instalações elétricas tenham o funcionamento adequado, com segurança de pessoas, animais e bens.

## 2.3 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AQUECIMENTO A GÁS

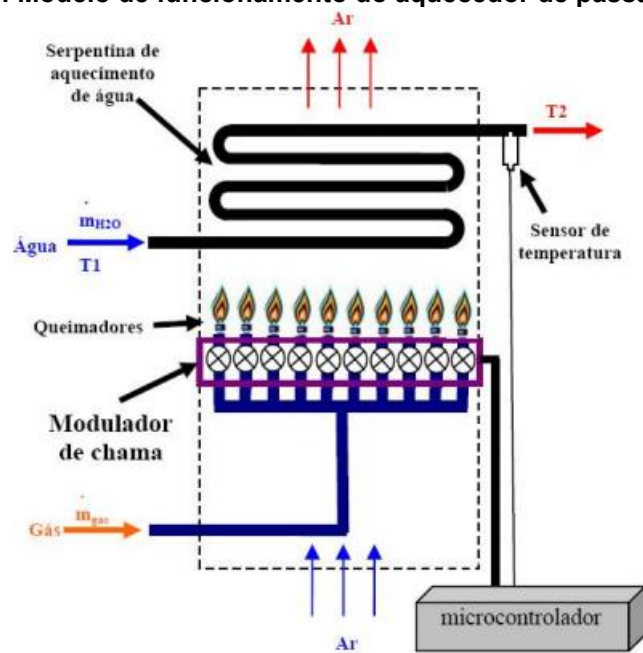
Os aquecedores de passagem a gás utilizam o calor gerado pela combustão de um gás para aquecer a água (RINNAI, 2021). No Brasil, existe uma grande variedade de aquecedores a gás disponíveis no mercado e eles podem ser classificados por quantos litros ele aquece, pelo tipo de sistema (mecânico ou digital) ou pelo tipo do gás que será utilizado.

Em relação ao tipo de sistema, o mecânico se caracteriza por ter uma chama constante, tem a vantagem de ter um menor custo de aquisição, e seu sistema pode funcionar a pilha. O aquecedor digital, possui controle de temperatura, ou seja, pode-se alterar a potência dele, diminuindo ou aumentando a chama, ele tem maior vida útil e maior garantia, é mais eficiente, tem exaustão forçada, possui display digital que exibe temperatura e indica códigos de erro e são os mais utilizados atualmente (OPENCLIMA, 2020).

Os aquecedores podem ser de gás natural (GN), e gás liquefeito de petróleo (GLP). Basicamente, a escolha entre esses dois tipos deve ser feita a partir do tipo de gás que tem disponível na obra, se tiver gás encanado, será o GN, se for o gás popularmente chamado de gás de botijão, será o GLP. O custo dos aparelhos não costuma variar para estes dois tipos. Os aquecedores vêm com as opções de 110V, e 220V, pode ser ligado em ambas as potências, porém deve-se mudar a chave para qual deseja usar.

A Figura 4 ilustra um modelo de funcionamento do aquecedor de passagem à gás. Seu funcionamento é acionado com entrada da água fria em uma serpentina de cobre, que ativa as chamas na câmara de combustão alimentada pelo gás, aquecendo a água ao longo dessa serpentina, até que no final dela a água esteja na temperatura estabelecida pelo painel de controle do equipamento.

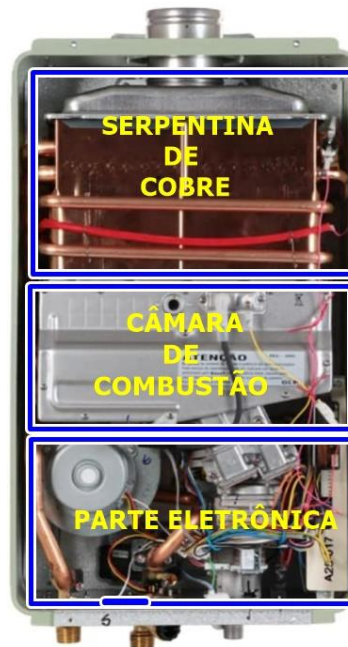
Figura 4: Modelo de funcionamento do aquecedor de passagem à gás.



Fonte: Laboratório de Mecatrônica e Controle – UFRGS 2015

Na figura 5, é apresentada uma imagem real de um aquecedor da Rinnai sem a tampa:

Figura 5: Aquecedor Rinnai aberto.



Fonte: Rinnai, 2023.

Após a água ser aquecida, ela cai na rede de água quente até o registro de água quente do ponto de uso, onde se mistura com a água fria que chega no registro de água fria, como mostra a figura a seguir:

**Figura 6: Sistema de aquecimento a gás em rede sem a necessidade de pressurização.**



**Fonte: Autoria própria.**

O esquema da figura 6 representa um sistema de quando a água da rede já possui a pressurização ideal para o funcionamento do aquecedor, entre 15 a 40 m.c.a., conforme mostra a ficha técnica do equipamento (figura 7).

**Figura 7: Características técnicas do aquecedor REUE100FEHBN (E10).**

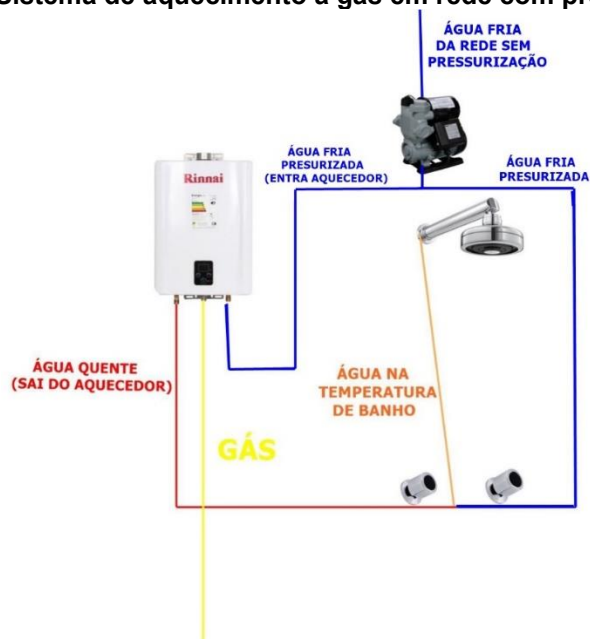
MODELO	REUE100FEHBN	REUE100FEHBL
Tipo de Gás	GN	GLP
Pressão de gás (PG) na entrada do aquecedor permissível $\pm 25\%$ (Dinâmica, estático limite PG+25%) – (em mmca)	200	280
Vazão aproximada de água com elevação de temperatura à $\Delta t$ 20°C (com misturador)	10 l/min.	
Rendimento	86 %	
Consumo Máximo de Gás	1,52 m <sup>3</sup> /h	1,22 kg/h
Consumo Elétrico em Stand-by	1,3 W	
Consumo Elétrico Máximo	24 W	
Dimensões (A x L x P)	488 x 299 x 170	
Peso	7,5 kg	
Potência (kW)	16,9	
Potência nominal - kcal/h	14.500	
Tensão Elétrica (AC)	AC 127~220V (50-60Hz)*	
Pressão Mínima / Máxima de Água para Utilização	7 ~ 60 m.c.a. (68-588 kPa )	
Pressão Mínima de Água para Acionamento	1 m.c.a. (10 kPa)	
Vazão Mínima de Água para Acionamento	2,4 l/min	
Pressão Ideal para Funcionamento	<b>15-40 m.c.a.</b>	
Temperatura limite de entrada de água fria	60°C	
Diâmetro da Chaminé	60 mm	
Entrada de Gás	G ½ "	
Entrada de Água Fria	G ½ "	
Saída de Água Quente		

**Fonte: Rinnai, 2023.**

Essa situação acontece principalmente em apartamentos, onde a caixa d'água fica há uma altura elevada (15m à 40m de altura do ponto de uso).

Caso a rede não possua essa pressão, é necessário o uso de bombas pressurizadoras, que elevam a pressão da rede. A bomba deve ser instalada de forma que pressurize tanto a prumada que chega no aquecedor, quanto a prumada que chega ao registro de água fria do ponto de uso. Conforme mostra o esquema abaixo (figura 8):

**Figura 8: Sistema de aquecimento a gás em rede com pressurização.**



**Fonte: Autoria própria.**

As instalações do aquecedor a gás deve seguir as exigências da NBR 13103- Instalações de aparelhos a gás para uso residencial- Requisitos (2013), que estabelece os requisitos de projeto, construção, ampliação, reforma e vistoria dos locais onde se localizam aparelhos a gás para uso residencial.



### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho realiza uma comparação de custos entre os sistemas de aquecimento de água a gás e o elétrico. Foram utilizados os critérios de custo de aquisição dos aparelhos, custo de instalação, custos de manutenção e custos de consumo energético.

Para essa comparação, foi feito um estudo de caso quantitativo, através de um projeto de uma residência, considerando quatro pessoas na residência, para cada tipo de sistema de aquecimento, na cidade de São Paulo, considerando que cada pessoa tome 2 banhos de 20 minutos por dia (SOLETROL, 2023).

Visto que a temperatura de banho é muito pessoal, será considerado uma variação de temperatura de  $(\Delta t)15^{\circ}\text{C}$ , pois segundo Barros (2017), a temperatura ideal do banho é entre  $29^{\circ}\text{C}$  e  $38^{\circ}\text{C}$  e segundo o Instituto Nacional de Meteorologia a temperatura média de São Paulo em 2023 foi  $23^{\circ}\text{C}$ . Portanto, um  $\Delta t$  de  $15^{\circ}\text{C}$  seria o suficiente para o estudo em questão.

### 3.1 MODELO DO CHUVEIRO ELÉTRICO

O chuveiro elétrico escolhido para o estudo foi a Bella Ducha 4T Ultra (figura 9) por conta de sua potência ser uma das mais altas da marca Lorenzetti, podendo aquecer a maior quantidade de água e se aproximar da vazão de um aquecedor a gás fornece.

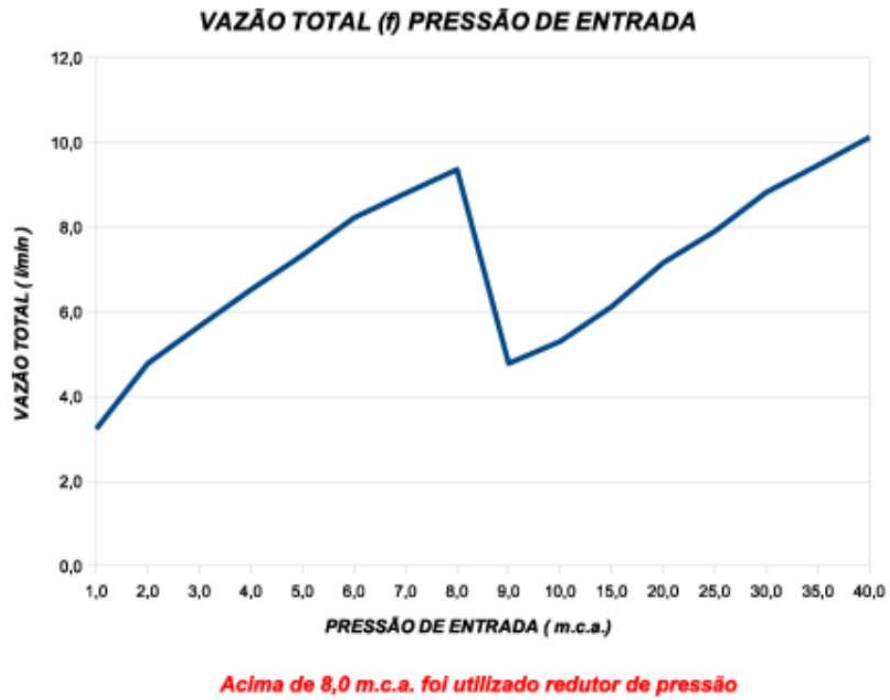
**Figura 9: Bella Ducha 4T Ultra**



**Fonte: Lorenzetti, 2023.**

A Bella Ducha 4T Ultra possui um limitador de vazão, que são usados para que não se perca muita temperatura com abertura dos registros. Esse dispositivo limita a vazão em 10L/min, como mostra a figura 10.

Figura 10: Curva de vazão da Bella Ducha 4T Ultra.



Fonte: Lorenzetti, 2023.

Sua pressão de funcionamento é de 1 a 40 mca, e sua potência máxima é de 6800 Watts. Como mostra a figura 11.

**Figura 11: Características técnicas do chuveiro Bella Ducha 4T Ultra.**

Características Técnicas	
Pressão de Funcionamento	10 a 400kPa(1 a 40mca <sup>***</sup> )
Grau de Proteção	IP 24
Sistema de Aterramento	Sim
Compatível com "DR" <sup>**</sup>	Sim
Mangueira com Ducha Manual	Sim
Compatível com Aquecimento Solar	Sim
Garantia	1 ano

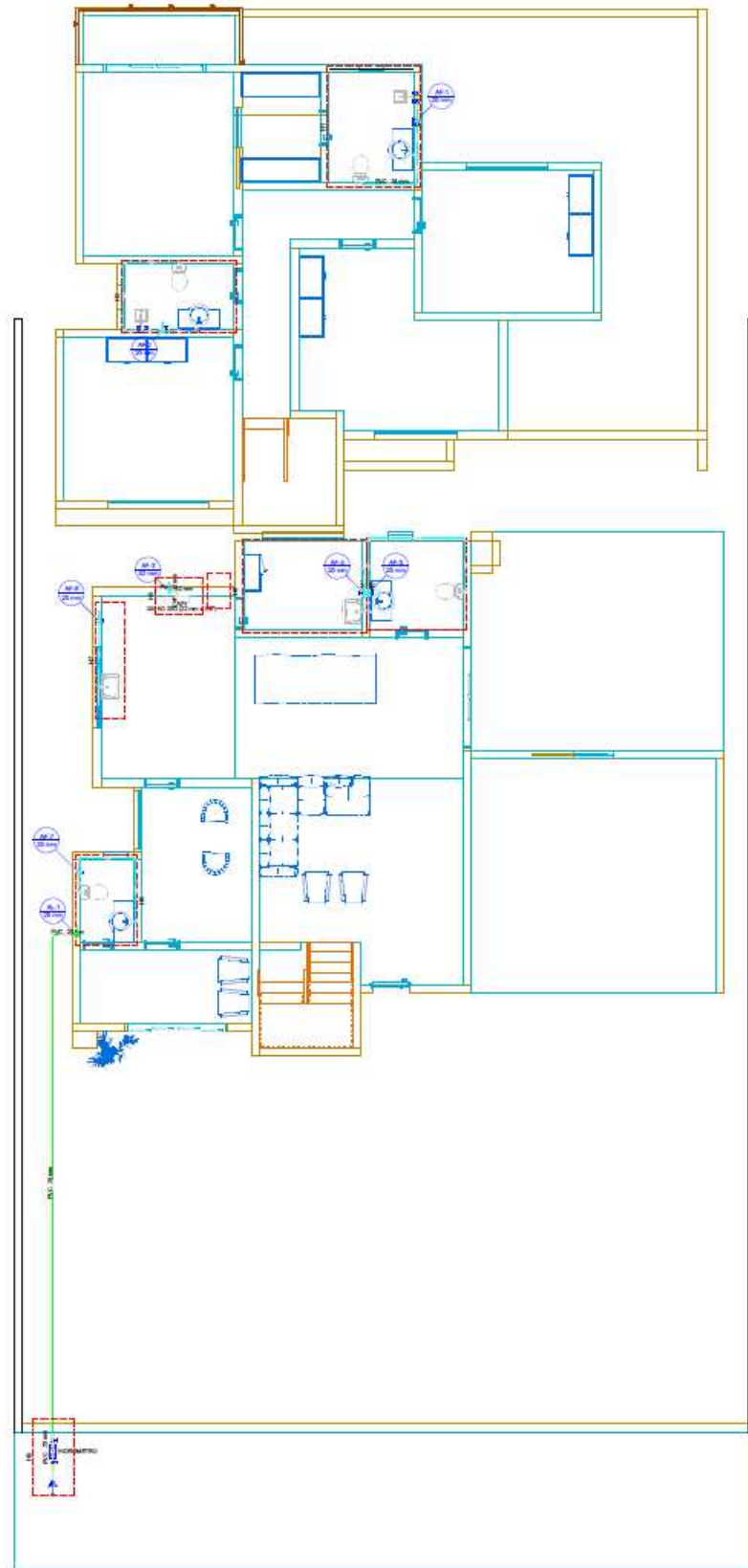
Características Elétricas			
Tensão (Volts)	Potência (Watts)	Fios(mm <sup>2</sup> ) <sup>**</sup>	Disjuntor(A)
127	4800	6	40
127	5500	10	50
220	6800	4	32

**Fonte: Lorenzetti, 2023.**

### 3.1.1 Simulação de um projeto para o sistema elétrico

O projeto modelo para a infraestrutura de hidráulica do aquecimento de água para este estudo foi desenvolvido através do software QI Builder (figura 12).

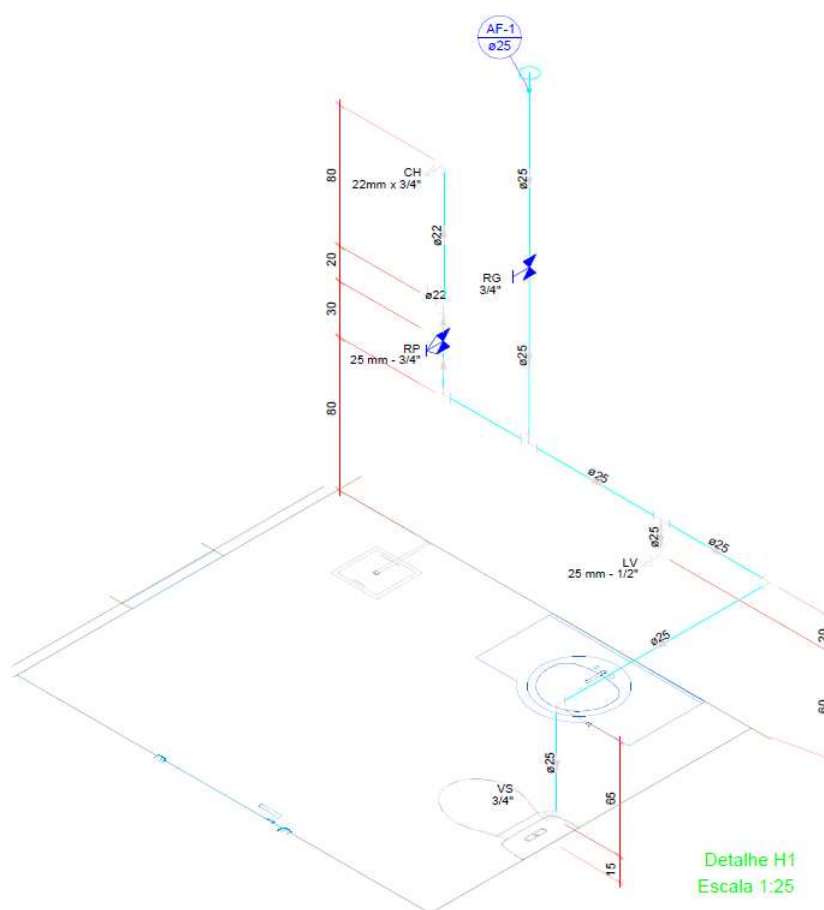
Figura 12: Projeto hidráulico para chuveiro elétrico.



Fonte: Autoria própria.

A infraestrutura do chuveiro elétrico é a mais simples, pois o ponto é aquecido no local de uso. Ou seja, para o projeto hidráulico, precisaria somente dos pontos de água fria no local onde o usuário deseja ter água aquecida, conforme mostra no isométrico à seguir (figura 13).

**Figura 13: Isométrico do banheiro para chuveiro elétrico.**



**Fonte: Autoria própria.**

Conforme a NBR 05410 (ABNT, 2005), não pode haver tomadas nos pontos de instalação do chuveiro elétrico, a ligação deve ser feita diretamente.

A instalação do chuveiro elétrico, normalmente é feita pelo próprio usuário. Portanto, não será incluso o custo de instalação no subcapítulo seguinte.

### 3.1.2 Eficiência do sistema elétrico

Adotando-se a maior potência do chuveiro, que é 6800W, e utilizando a fórmula de calorimetria, temos:

$$6800W = 6800 \text{ j/s} = 408000 \text{ j/min}$$

Considerando que o elétrico tem rendimento de 95%, segundo ITP (2019):

$$95\% \text{ de } 408000 = 387600$$

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

$$\frac{P}{t} = m \times c \times \Delta t$$

$$387600(\text{j/min}) = m(\text{g}).4186(\text{j/kg.}^\circ\text{C}).15(^\circ\text{C})$$

$$m = 6,173 \text{ kg/min}$$

Ou seja, consumindo sua potência máxima de 6800 W, a Bella Ducha 4t Ultra poderia aquecer no máximo 6,173 L de água/min.

Considerando que a família, de 4 pessoas, tome 8 banhos, 2 por pessoa, de 20 minutos cada, por dia. Tem-se 160 minutos, ou 2,67 h de banho por dia.

## 3.2 MODELO DO AQUECEDOR À GÁS

O modelo do aquecedor à gás escolhido para o estudo foi o E10 GLP da marca Rinnai (figura 14). Devido à sua baixa potência, podendo se aproximar do chuveiro elétrico.

**Figura 14: Aquecedor à gás E10 da Rinnai**



**.Fonte: Rinnai, 2023.**

O modelo E10 é um aparelho de potência nominal de 14.500 kcal/h, com uma vazão de 10l/min com  $\Delta t$  de 20°C com o misturador, ou seja, ele eleva 5l/min de água em um  $\Delta t$  de 40°C e mistura de forma igual, atingindo assim um  $\Delta t$  de banho de 20°C. Além disso ele possui exaustão forçada e um rendimento de 86%.

A figura 15 pode-se ver as especificações técnicas, definidas pelo fabricante, do aquecedor E10.

**Figura 15: Especificações técnicas do E10 da Rinnai**

Dimensões (mm) AxLxP	488 x 299 x 170	
Tipo de gás	GLP	GN
Potência Nominal Condição Padrão	14.500 (kcal/h)	14.500 (kcal/h)
Consumo Máximo de Gás	1,22 Kg/h	1,52 m <sup>3</sup> /h
Vazão aproximada de Água 20° (com misturador)	10 l/min	10 l/min
Rendimento (%)	86 %	86 %
Diâmetro da Chaminé	60 mm	
Exaustão	Forçada	
Classificação PBE	A	A
Tensão de Alimentação	BIVOLT (automático)	

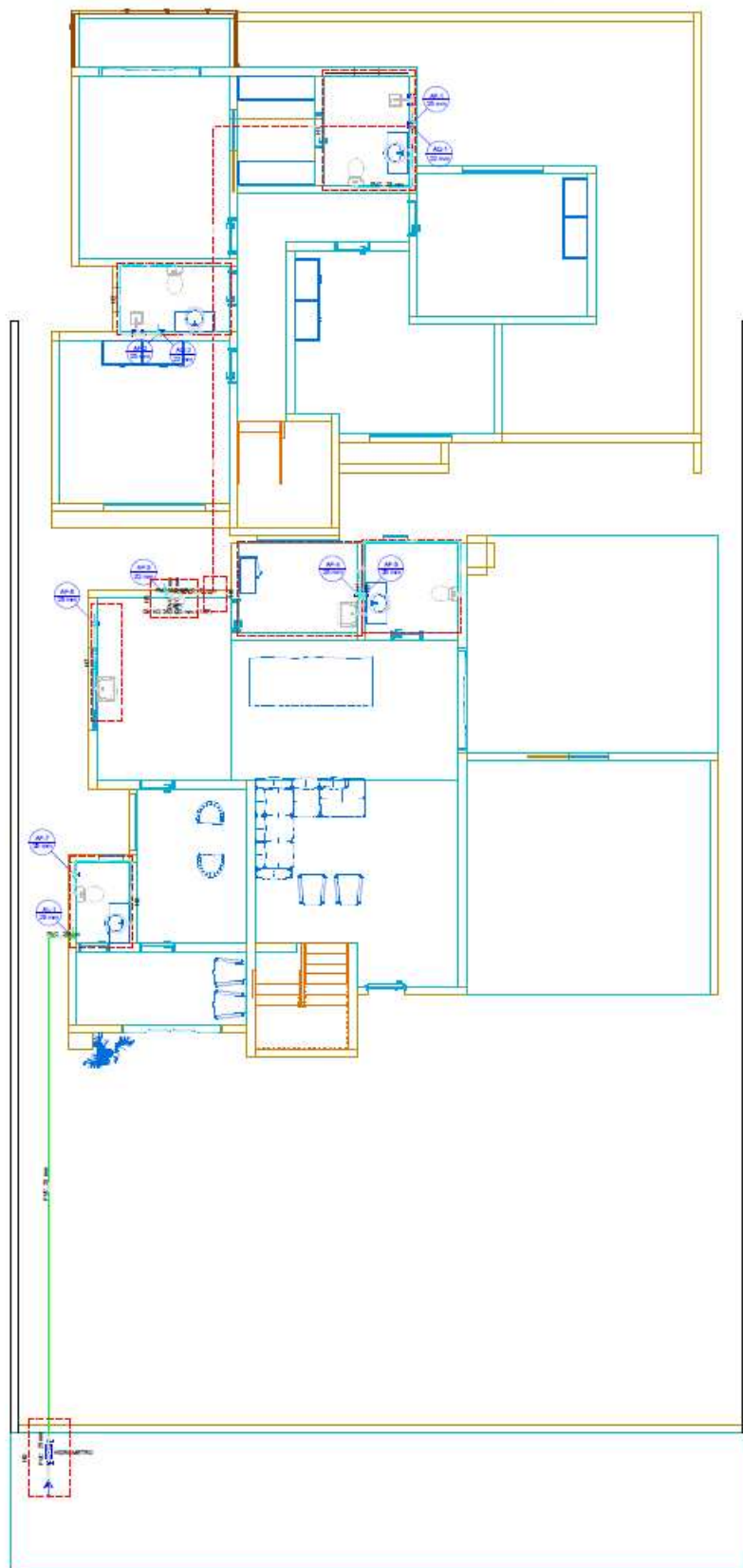
**Fonte: Rinnai, 2023.**



### 3.2.1 Simulação de um projeto para o Sistema a gás.

A mudança da infraestrutura hidráulica do aquecedor a gás para o chuveiro elétrico seria a adição da tubulação de AQ do ponto de aquecimento (aquecedor de passagem instalado na cozinha) ao ponto de uso (duchas). Conforme mostra o projeto a seguir (figura 16).

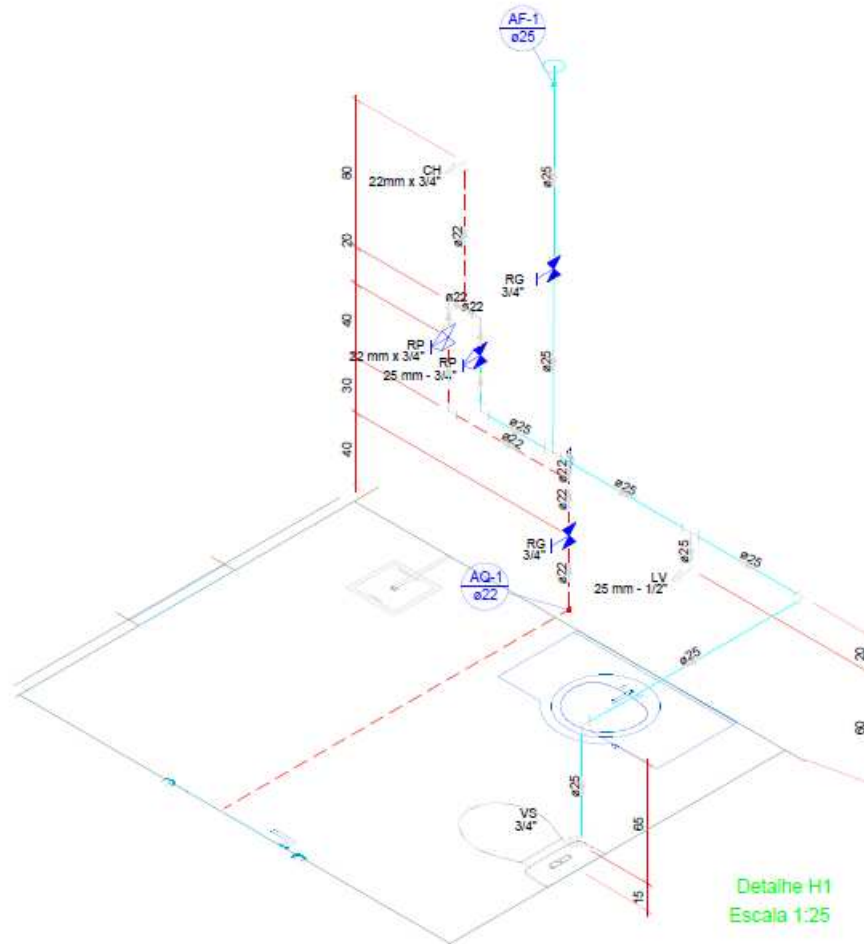
Figura 16: Projeto hidráulico para aquecedor de passagem à gás.



Fonte: Autoria própria.

Ao comparar o isométrico do banheiro para chuveiro elétrico e aquecimento à gás, notamos a adição de um registro (água quente) e a tubulação de água quente do aquecedor aos pontos de aquecimento. Além da ausência na fiação para alimentar o chuveiro elétrico. A figura 17 representa o isométrico do banheiro para aquecedor de passagem a gás.

**Figura 17: Isométrico do banheiro para aquecedor de passagem à gás.**

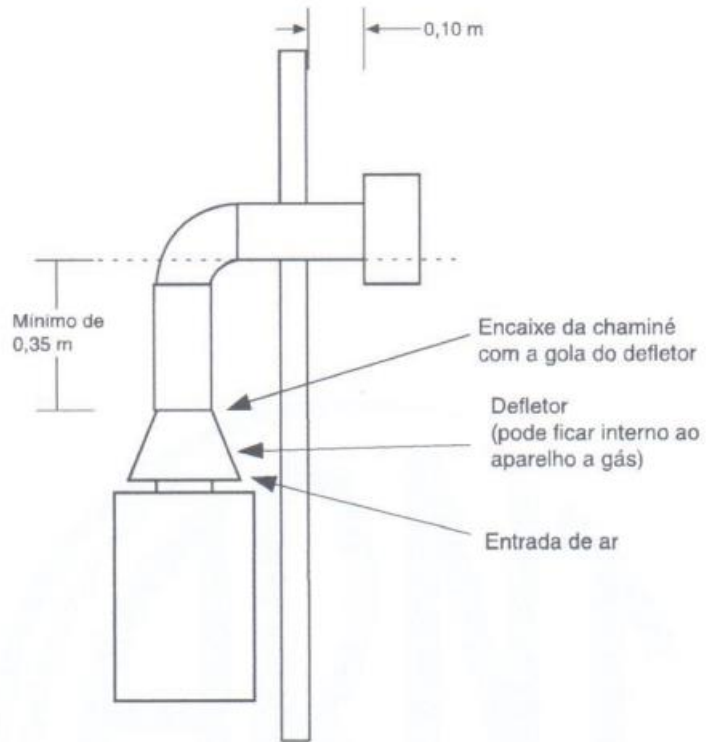


**Fonte: Autoria própria.**

Conforme a NBR 13103, os pré requisitos mínimos para a instalação são:

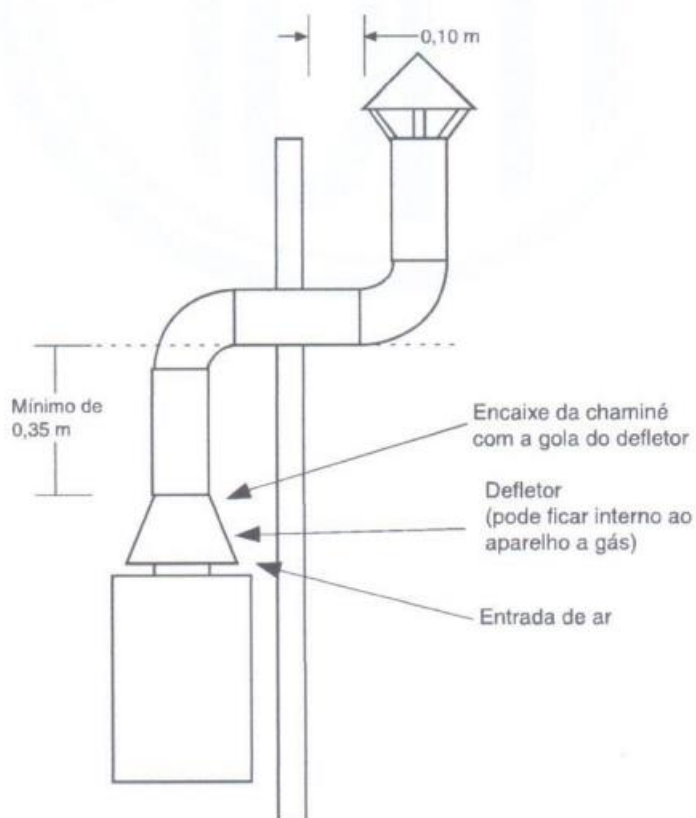
- Duto de exaustão, com o terminal em T ou chapéu chinês. Conforme a figura 18 e 19.
- Ventilação permanente superior (mín 600cm<sup>2</sup>) e inferior (mín 200cm<sup>2</sup>).

**Figura 18: Terminal T.**



**Fonte: NBR 13103, 2013.**

**Figura 19: Terminal “tipo chapéu chinês”.**



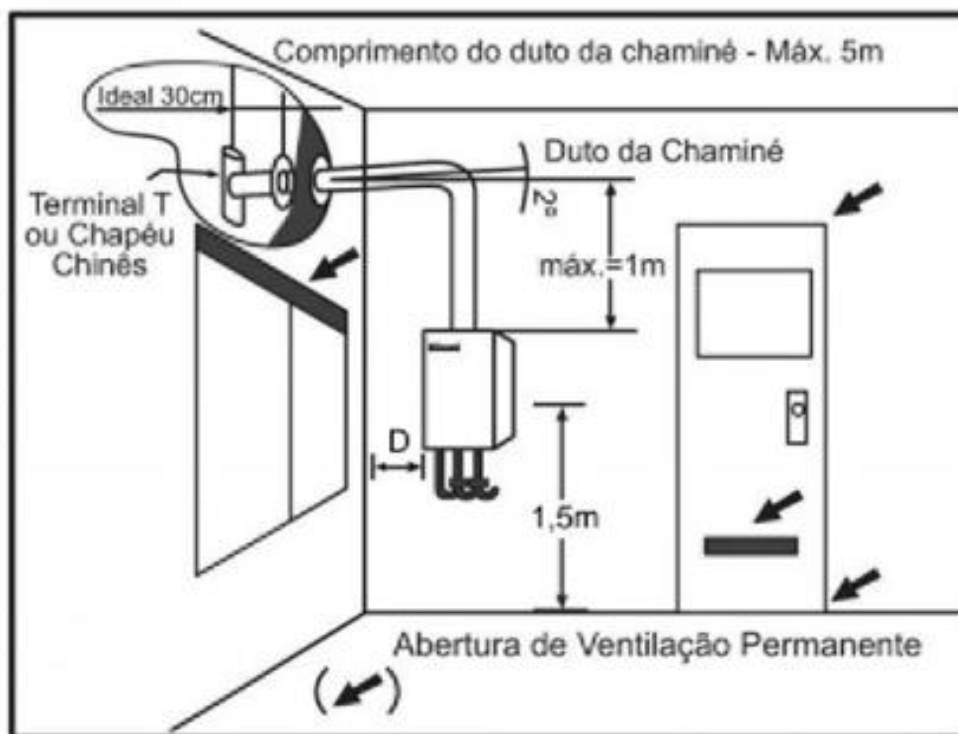
**Fonte: NBR 13103, 2013.**

Conforme a NBR 13103 (2013), os dutos de exaustão devem atender aos seguintes requisitos:

- Ser fabricados com materiais incombustíveis;
- Suportar temperatura superior a 200° C;
- Ser resistente à corrosão.

Na figura 20 podemos notar algumas especificações técnicas do local de instalação dos aquecedores:

Figura 20: Condições mínimas para instalação de aquecedores eletrônicos à gás.



Fonte: AQUECEBEM, 2023.

O aquecedor recebe a água fria e ao passar por ele, a água já sai quente para o consumo. Por isso é necessário ter 3 pontos no seu local de instalação: água fria (chegada), gás (energia de combustão) e água quente (saída). Estes pontos são ligados ao aquecedor através dos flexíveis metálicos.

**Figura 21: Exemplo de instalação de um aquecedor de passagem à gás.**



**Fonte: Autoria própria, 2023**

A figura 21 representa um exemplo da instalação de um aquecedor de passagem à gás na lavanderia de um apartamento, na cidade de São Paulo. Nela está indicada, por um quadrado azul, os pontos de: água quente, gás e água fria, a seta branca indica o duto de exaustão, e a seta vermelha indica a ventilação permanente superior, conforme pede a NBR 13103(2013).

### 3.2.2 Eficiência do sistema à gás

A potência nominal do E10 é 14500 kcal/h. E seu rendimento é de 86%, então sua potência útil é:

$$\eta = \frac{P_u}{P_n}$$

$$P_u = 0,86 \cdot 14500 \text{ kcal/h}$$

$$P_u = 12470 \text{ kcal/h ou } 207833,33 \text{ cal/min}$$

Portanto, para calcular o volume de água em um  $\Delta t$  de  $15^{\circ}\text{C}$ , utilizamos:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$\frac{P}{t} = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$207833,33 \text{ (cal/min)} = m \cdot 1 \text{ (cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C)} \cdot 15(^{\circ}\text{C)}$$

$$m = 13855,555 \text{ g/min ou } m = 13,855 \text{ kg/min}$$

Isso significa que utilizando a potência máxima, seria possível aquecer 13,855 L de água/min.

Considerando que a família, de 4 pessoas, tome 8 banhos, 2 por pessoa, de 20 minutos cada, por dia. Temos 160 minutos, ou 2,67 horas, de banho por dia, assim como no sistema elétrico.



## **4 RESULTADOS E ANÁLISES**

O resultado do trabalho levou em consideração o custo de material, custo de mão de obra e custo de consumo dos sistemas na cidade de São Paulo.

### **4.1 CUSTO DA INFRAESTRUTURA DO SISTEMA ELÉTRICO**

O quantitativo do sistema elétrico foi gerado pelo próprio software QI Builder. Este quantitativo foi orçado por uma loja especializada em sistema hidráulico.

Conforme mostra a Tabela 1, o custo dos materiais para a infraestrutura do sistema de aquecimento elétrico é R\$ 3.176,00.

**Tabela 1: Custos do sistema elétrico.**

LISTA DE MATERIAIS				
ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE	VALOR UNIT	VALOT TOTAL
APARELHO				
Chuveiro 22mm x 3/4"	2	pç	R\$ 58,60	R\$ 117,20
Sobre				
Conector bolsa 22 mm x 1/2"	1	pç	R\$ 36,58	R\$ 36,58
Metais				
Registro esfera 3/4"	2	pç	R\$ 41,90	R\$ 83,80
Registro de gaveta bruto ABNT 1"	1	pç	R\$ 81,40	R\$ 81,40
Registro de gaveta c/ canopla cromada 3/4"	7	pç	R\$ 61,60	R\$ 431,20
Registro de pressão c/ canopla cromada 3/4"	4	pç	R\$ 71,30	R\$ 285,20
Registro esfera borboleta bruto PVC 3/4"	1	pç	R\$ 8,60	R\$ 8,60
PVC Acessórios				
Engate flexível cobre cromado com canopla 1/2 - 30cm	5	pç	R\$ 55,70	R\$ 278,50
Engate flexível plástico 1/2 - 30cm	4	pç	R\$ 3,22	R\$ 12,88
PVC misto soldável				
Adaptador p/tubo de polietileno 3/4"	1	pç	R\$ 0,85	R\$ 0,85
Colar de tomada em PVC 3/4"	1	pç	R\$ 19,80	R\$ 19,80
Joelho 90 soldável c/ rosca 25 mm - 3/4	3	pç	R\$ 6,80	R\$ 20,40
Joelho de redução soldável c/ rosca 25 mm - 1/2"	3	pç	R\$ 7,30	R\$ 21,90
Luva de red. sold. c/ rosca bolsa central 25 mm - 1/2"	1	pç	R\$ 6,40	R\$ 6,40
Luva soldável c/ rosca 25 mm - 3/4	2	pç	R\$ 7,70	R\$ 15,40
PVC rígido roscavel				
Tubos 3/4"	0,28	m	R\$ 5,40	R\$ 1,51
PVC rígido soldável				
Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p registro 25 mm - 3/4"	24	pç	R\$ 0,85	R\$ 20,40
Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p registro 32 mm - 1"	2	pç	R\$ 3,00	R\$ 6,00
Curva 90 soldável 25 mm	13	pç	R\$ 2,30	R\$ 29,90
Curva 90 soldável 32 mm	3	pç	R\$ 5,30	R\$ 15,90
Joelho 90º soldável 25 mm	29	pç	R\$ 0,80	R\$ 23,20
Luva de correr p/ tubo 25 mm	6	pç	R\$ 15,70	R\$ 94,20
Tubos 25 mm	104,56	m	R\$ 5,40	R\$ 564,62
Tubos 32 mm	2,63	m	R\$ 15,20	R\$ 39,98
Tê 90 soldável 25 mm	9	pç	R\$ 1,40	R\$ 12,60
Tê 90 soldável 32 mm	1	pç	R\$ 5,80	R\$ 5,80
PVC soldável azul c/ bucha latão				
Joelho 90º soldável com bucha de latão 25 mm - 3/4"	3	pç	R\$ 8,30	R\$ 24,90
Joelho de redução 90º soldável com bucha de latão 25 mm- 1/2"	4	pç	R\$ 6,80	R\$ 27,20
Reservatório cilíndrico				
Polietileno 1000L	1	pç	R\$ 435,00	R\$ 435,00
ELÉTRICA				
Disjuntor 40A IDR	2	pç	R\$ 141,50	R\$ 283,00
Fio 6mm <sup>2</sup>	47,2	m	R\$ 3,65	R\$ 172,28
VALOR TOTAL				R\$ 3.176,60

**Fonte: Autoria própria.**

Para o custo da mão de obra, o projeto foi enviado à uma empresa especializada em execução de sistema hidráulico, que orçou um valor fechado de R\$10.500,00 para execução do projeto (ANEXO B).

#### 4.2 CUSTO DO CONSUMO DO SISTEMA ELÉTRICO

Como o consumo de energia é medido em kWh pela companhia:

Energia consumida no dia pelo chuveiro elétrico = 6,8 (kW) x 2,67 (h)

= 18,16 kWh

Segundo a Enel (2022), foi aplicada uma tarifa média de R\$0,656/kWh em 2022 em São Paulo. Portanto, o custo energético diário de aquecimento de água para banho da residência em estudo é de R\$11,913/dia e aquece um total de 987,68 L de água/dia.

#### 4.3 CUSTO DA INFRAESTRUTURA DO SISTEMA A GÁS.

O quantitativo do sistema a gás, assim como o chuveiro elétrico, foi desenvolvido com o auxílio do software QI Builder. Os valores unitários foram repassados por uma empresa especializada em sistemas hidráulicos (ANEXO A).

Conforme mostra a tabela 2, o custo dos materiais para a infraestrutura do sistema de aquecimento a gás é R\$ 6.629,31.

**Tabela 2: Custos do sistema à gás**

LISTA DE MATERIAIS				
ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE	VALOR UNIT	VALOT TOTAL
<b>APARELHO</b>				
Aquecedor de passagem (15 Litros E15 FEH GLP Digital - REU E150FEH GLP )	1	pç	R\$ 1.736,31	R\$ 1.736,31
Ducha (Rubi Soft Articulável)	2	pç	R\$ 45,00	R\$ 90,00
Pressurizador (RFS 245W)	1	pç	R\$ 758,89	R\$ 758,89
<b>CPVC Aquatherm</b>				
Conector 22x3/4"	6	pç	R\$ 22,80	R\$ 136,80
Curva de transposição 22mm	4	pç	R\$ 9,50	R\$ 38,00
Joelho 90 22mm	7	pç	R\$ 15,90	R\$ 111,30
Joelho 90º de transição 22x1/2"	2	pç	R\$ 19,00	R\$ 38,00
Joelho 90º de transição 22x3/4"	2	pç	R\$ 19,00	R\$ 38,00
Luva 22mm	2	pç	R\$ 2,50	R\$ 5,00
Luva de transição 22x3/4"	4	pç	R\$ 14,10	R\$ 56,40
Tubo CPVC 3 Mts 22 mm	33,22	m	R\$ 20,40	R\$ 677,69
Tê 90 22mm	3	pç	R\$ 5,40	R\$ 16,20
Tê misturador 22mm	2	pç	R\$ 38,10	R\$ 76,20
<b>Sobre</b>				
Conector bolsa 22 mm x 1/2"	1	pç	R\$ 36,58	R\$ 36,58
<b>Metais</b>				
Registro esfera 3/4"	2	pç	R\$ 41,90	R\$ 83,80
Registro de gaveta bruto ABNT 1"	1	pç	R\$ 81,40	R\$ 81,40
Registro de gaveta c/ canopla cromada 3/4"	11	pç	R\$ 61,60	R\$ 677,60
Registro de pressão c/ canopla cromada 3/4"	4	pç	R\$ 71,30	R\$ 285,20
Registro esfera borboleta bruto PVC 3/4"	1	pç	R\$ 8,60	R\$ 8,60
<b>PVC Acessórios</b>				
Engate flexível cobre cromado com canopla 1/2 - 30cm	5	pç	R\$ 55,70	R\$ 278,50
Engate flexível plástico 1/2 - 30cm	4	pç	R\$ 3,22	R\$ 12,88
<b>PVC misto soldável</b>				
Adaptador p/tubo de pilieleno 3/4"	1	pç	R\$ 0,85	R\$ 0,85
Colar de tomada em PVC 3/4"	1	pç	R\$ 19,80	R\$ 19,80
Joelho 90 soldável c/ rosca 25 mm - 3/4	3	pç	R\$ 6,80	R\$ 20,40
Joelho de redução soldável c/ rosca 25 mm - 1/2"	3	pç	R\$ 7,30	R\$ 21,90
Luva de red. sold. c/ rosca bolsa central 25 mm - 1/2"	1	pç	R\$ 6,40	R\$ 6,40
Luva soldável c/ rosca 25 mm -3/4	2	pç	R\$ 7,70	R\$ 15,40
<b>PVC rígido roscavel</b>				
Tubos 3/4"	0,28	m	R\$ 5,40	R\$ 1,51
<b>PVC rígido soldável</b>				
Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p registro 25 mm - 3/4"	24	pç	R\$ 0,85	R\$ 20,40
Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p registro 32 mm - 1"	2	pç	R\$ 3,00	R\$ 6,00
Curva 90 soldável 25 mm	13	pç	R\$ 2,30	R\$ 29,90
Curva 90 soldável 32 mm	3	pç	R\$ 5,30	R\$ 15,90
Joelho 90º soldável 25 mm	29	pç	R\$ 0,80	R\$ 23,20
Luva de correr p/ tubo 25 mm	6	pç	R\$ 15,70	R\$ 94,20
Tubos 25 mm	104,56	m	R\$ 5,40	R\$ 564,62
Tubos 32 mm	2,63	m	R\$ 15,20	R\$ 39,98
Tê 90 soldável 25 mm	9	pç	R\$ 1,40	R\$ 12,60
Tê 90 soldável 32 mm	1	pç	R\$ 5,80	R\$ 5,80
<b>PVC soldável azul c/ bucha latão</b>				
Joelho 90º soldável com bucha de latão 25 mm - 3/4"	3	pç	R\$ 8,30	R\$ 24,90
Joelho de redução 90º soldável com bucha de latão 25 mm- 1/2"	4	pç	R\$ 6,80	R\$ 27,20
<b>Reservatório cilíndrico</b>				
Polielileno 1000L	1	pç	R\$ 435,00	R\$ 435,00
<b>VALOR TOTAL</b>			R\$	6.629,31

**Fonte: Autoria própria.**

Para o custo da mão de obra, o projeto foi enviado à uma empresa especializada em execução de sistema hidráulico, que orçou um valor de R\$11.550,00 para execução do projeto, não incluindo a mão de obra de instalação dos aquecedores (ANEXO B). O serviço seria feito até os pontos de água e gás, vedados com plugs, instalação das duchas e registro.

Então, foi preciso orçar a instalação do aquecedor à gás com uma empresa especializada. Este serviço, conta com o fornecimento da mão de obra e material de instalação do aquecedor de passagem, bomba pressurizadora, duchas e duto de exaustão. E custaria R\$ 650,00 (ANEXO C).

#### 4.4 CUSTO DO CONSUMO DO SISTEMA A GÁS.

Adotando-se o consumo máximo da figura 14 de 1,22 Kg do gás GLP/h, o consumo diário de GLP é:

$$1,22\text{kg de GLP/h} \cdot 2,67\text{h/dia} = 3,257 \text{ kg de GLP/dia.}$$

Segundo o site gov.br, o preço do gás GLP é R\$ 3,234/kg. Então o custo diário para o aquecedor E10 GLP, em sua potência máxima, é R\$10,533/dia e aquece um total de 2216,8 litros de água por dia.

#### 4.5 COMPARATIVO DE CUSTO POR LITRO DE ÁGUA POR MINUTO

Para comparar os custos foi feito a soma dos valores do material e mão de obra, conforme mostra tabela 3.

**Tabela 3: Comparativo de custos de implantação dos sistemas.**

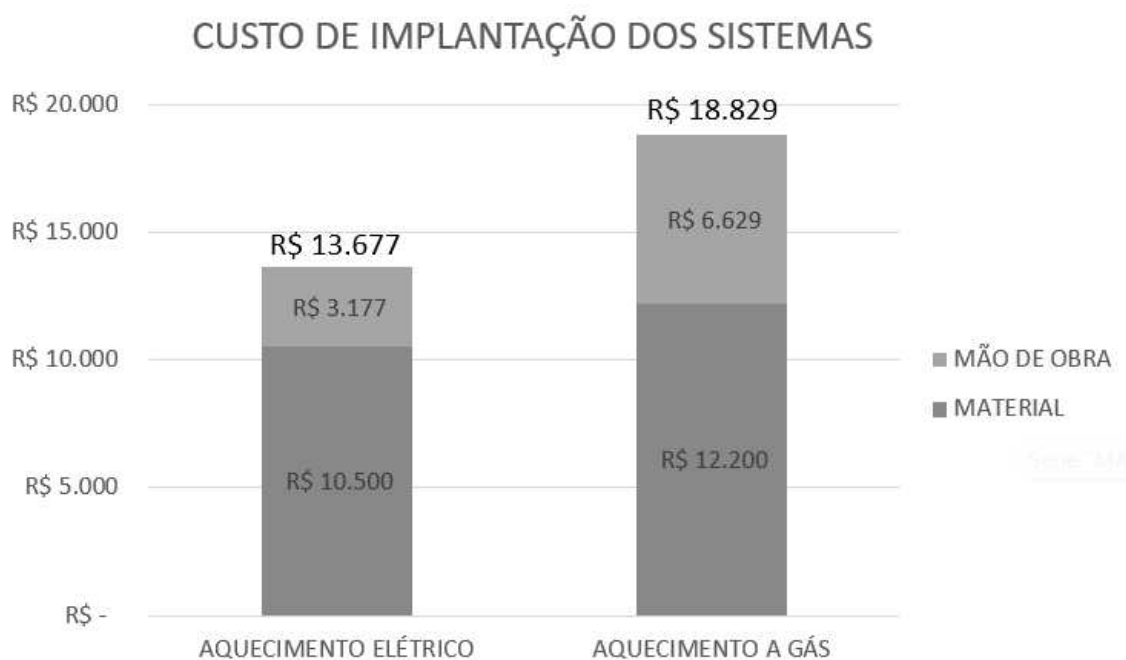
	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS	
	AQUECIMENTO ELÉTRICO	AQUECIMENTO A GÁS
Material	R\$ 3.176,60	R\$ 6.629,31
Mão de obra	R\$ 10.500,00	R\$ 12.200,00
TOTAL	R\$ 13.676,60	R\$ 18.829,31

**Fonte: Autoria própria.**

Segundo a tabela 3, o material para executar o sistema de aquecimento de água elétrico custou R\$ 3.176,6 e a mão de obra R\$ 10.500,00 somando um total de

R\$13.676,6. Enquanto para o sistema de aquecimento de água a gás o material custou R\$ 6.629,31, e a mão de obra custou R\$12.200,00, somando um total de R\$ 18.829,31. Portanto o investimento inicial do aquecimento a gás para mão de obra e materiais custa R\$5.152,71 a mais do que o investimento inicial para aquecimento elétrico conforme ilustra a figura 22.

**Figura 22: Gráfico do custo de implantação dos sistemas**



**Fonte: Autoria própria.**

O aquecimento elétrico em sua potência máxima aquece aproximadamente 6,17 L/min, tem o custo energético diário de R\$11,91 e aquece 987,68 L/dia. Enquanto o aquecimento à gás aquece aproximadamente 13,86 L/min em sua potência máxima e seu custo energético pra isso seja de RS10,53 aquecendo 2216,8 L/dia.

Portanto, o custo do aquecimento elétrico por litro de água por minuto, seria de  $R\$12,06 \times 10^{-3}$ , enquanto o aquecimento à gás é de  $R\$ 4,75 \times 10^{-3}$ . Aparentemente é um valor muito pequeno, mas é importante perceber que o custo do aquecimento de água elétrico é aproximadamente 2,54 vezes maior que à gás.

**Tabela 4: Comparativo de custos entre os sistemas.**

	AQUECIMENTO ELÉTRICO	AQUECIMENTO À GÁS
(Litros de água aquecida)/dia	987,68	2216,8
Custo diário	R\$ 11,91	R\$ 10,53
R\$/(Litros de água aquecida)	R\$ 0,01206	R\$ 0,00475

Fonte: Autoria própria.

Considerando que a mão de obra e material para o sistema à gás custa R\$5.152,71 a mais que o elétrico, e que preço da água aquecida por aquecedor à gás é R\$7,31x10<sup>(-3)</sup>/L mais barato que o elétrico. Ao dividir R\$ 5.152,71 por R\$7,31x10<sup>(-3)</sup>/L, pode-se dizer que, considerando vazões iguais, após 704.870,11 L de água aquecida, o sistema à gás se pagaria. Ou seja, se considerar uma vazão igual entre os sistemas de 6,17 L/min, seria o equivalente a uma vazão diária de 987,68 L/dia. Em aproximadamente 714 dias, ou, 2 anos e 49 dias o sistema à gás se tornaria mais vantajoso que o elétrico, como mostra a tabela 5.

**Tabela 5: Comparativo de consumo entre os sistemas**

	AQUECIMENTO ELÉTRICO	AQUECIMENTO A GÁS
(litros de água aquecida)/dia	987,68	987,68
R\$/(Litros de água aquecida)	R\$ 0,01206	R\$ 0,00475
Custo do consumo diário	R\$ 11,91	R\$ 4,69
Custo acumulado do consumo após 714 dias	R\$ 8.503,74	R\$ 3.348,66
Diferença do custo acumulado após 714 dias		R\$ 5.155,08

Fonte: Autoria própria, 2023.

A tabela acima representa os custos da energia para aquecer os sistemas, a diferença entre esses custos após 714 dias de R\$ 5.155,08 é maior que a diferença do custo inicial de mão de obra e material de R\$ 5.152,71. Dessa forma é possível se perceber que cada dia que se passar após esse período, o aquecimento a gás se tornará mais vantajoso que o elétrico.

O gráfico da figura 23 demonstra os custos totais acumulados dos sistemas.

**Figura 23: Custos acumulados totais dos sistemas ao longo do tempo.**



**Fonte: Autoria própria.**

Na etapa inicial, os custos são apenas os de implantação e não variam ao longo do tempo. Após um ano, a diferença entre os custos totais do chuveiro elétrico e o aquecedor a gás já diminuiu de R\$ 5.152 para R\$ 2.517. Em 714 dias o aquecedor a gás se tornou economicamente mais vantajoso que o aquecimento elétrico.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo comparou o os custos de implantação e consumo dos sistemas de aquecimento de água para aquecedores de passagem elétrico e à gás, por meio de um modelo de projeto de uma residência de 4 pessoas, com parâmetros de consumos definidos.

A partir dos resultados, foi possível concluir que o custo de infraestrutura, equipamento e mão de obra do sistema de aquecimento elétrico é economicamente menor que o sistema à gás. Além do custo de implantação, também existe a questão do costume em se executar esse sistema, que faz com que não tenham barreiras, que o sistema à gás possui, como: necessidade

de profissionais especializados para projetar o sistema e necessidade de mão de obra especializada para instalação. Esse pode ser um possível motivo do sistema de aquecimento elétrico ser o mais utilizado no Brasil, já que o seu custo de implantação é menor e que a infraestrutura necessária para se receber esse sistema seja mais simples, já que necessita de uma rede de água quente a menos em seu sistema.

Ao analisar os custos de consumo dos sistemas, o sistema economicamente mais vantajoso foi o do aquecedor à gás GLP. Considerando as diferenças de custo entre a implantação e consumo, os custos dos sistemas se igualam em 2 anos e 49 dias seguindo os parâmetros da família do estudo. A partir desse período o sistema de aquecimento à gás se tornaria economicamente mais vantajoso. Além da questão econômica, o aquecimento de passagem à gás pode proporcionar um conforto maior do que o sistema de passagem elétrico, pois possui uma capacidade de aquecer 13,86 L de água/min, enquanto o sistema elétrico do estudo é capaz de aquecer na mesma temperatura 6,17 L de água/min.

A temperatura e vazão do banho é muito pessoal, é da responsabilidade do usuário definir qual dos dois sistemas é mais vantajoso para si. Este trabalho teve por objetivo comparar economicamente os sistemas, e também comparou o desempenho deles para que a escolha do usuário ou do profissional que definir o sistema, tenha maior precisão em sua escolha.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004. “**NBR 13103: Adequação de ambientes residenciais para instalação de aparelhos que utilizam gás combustível**”, Rio de Janeiro, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004. “**NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**”, Rio de Janeiro, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993. “**NBR 7198: Projeto e execução de instalações prediais de água quente**”, Rio de Janeiro, Brasil.

SCHREIBER, Mariana. **Os fatores que fazem disparar risco de apagão no Brasil**. BBC. Disponível em <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-58618347> Acesso em: 02 nov 2021.

Barros, **Camila**. **Qual é a temperatura ideal para o banho?**. Disponível em: <https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-centro-oeste/hc-ufg/comunicacao/noticias/qual-e-a-temperatura-ideal-para-o-banho>. Acesso em: 10 de março de 2023.

GUITARRARA, Paloma. **"Apagão de 2001"; *Brasil Escola***. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiab/apagao.htm>. Acesso em 22 de novembro de 2021.

RIBEIRO, GABRIEL. **Conheça tecnologias e serviços que foram criados por brasileiros**. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2017/11/conheca-tecnologias-e-servicos-que-foram-criados-por-brasileiros.ghtml> . Acesso em: 28 de maio de 2023.

OPENCLIMA. **Aquecedores Rinnai: a diferença de mecânico e digital.** Disponível em: <https://openclimaitajai.com/aquecedores-rinnai-diferenca-mecanico-digital/>. Acesso em: 28 de maio de 2023.

MONTU, **análise teórico-experimental dos sistemas de aquecimento de água: solar, elétrico e a gás** (2016)

ITP, 2019. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Chuveiros Elétricos- Edição 01/2019(03setembro2019).** Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, Etiquetação de Aparelhos Elétricos Fixos de Aquecimento Instantâneo de Água.

RAIMO, P. A. **Aquecimento de água no setor residencial.** 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, E.M.M.F. **Análise teórico experimental dos sistemas de aquecimento de água: solar, elétrico e a gás.** 2016. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016.

LARA, RODRIGO. **Como funcionam os chuveiros elétricos que garantem seu banho quentinho?.** Disponível em <[www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2019/08/15/a-tecnologia-por-tras-dos-chuveiros-eletricos.htm?cmpid=copiaecola](http://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2019/08/15/a-tecnologia-por-tras-dos-chuveiros-eletricos.htm?cmpid=copiaecola)> Acesso em: 20 de maio de 2023.

ENEL. **Tarifas para o fornecimento de energia elétrica resolução homologatória nº 3.053/2022 da Aneel válidas a partir de 04/07/2022.** Disponível em < [https://www.enel.com.br/pt-saopaulo/Para\\_Voce/tarifa-energia-eletrica.html](https://www.enel.com.br/pt-saopaulo/Para_Voce/tarifa-energia-eletrica.html)> . Acesso em: 20 de maio de 2023.

HENZ, MATEUS. **Controle de temperatura com Compensação de Tempo Morto em Aquecedores de Água Baseados em Chama Modulante.** Disponível em: < <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/87333/000910187.pdf?sequence=1>> . Acesso em : 20 de maio de 2023.

GOV. **Petrobras reduz o preço médio de venda de GLP para as distribuidoras.** Disponível em: [https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2022/12/petrobras-reduz-preco-medio-de-venda-de-glp-para-as-distribuidoras#:~:text=A%20empresa%20anunciou%20a%20redu%C3%A7%C3%A3o,Petr%C3%B3leo%20\(GLP\)%20%C3%A0s%20distribuidoras.](https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2022/12/petrobras-reduz-preco-medio-de-venda-de-glp-para-as-distribuidoras#:~:text=A%20empresa%20anunciou%20a%20redu%C3%A7%C3%A3o,Petr%C3%B3leo%20(GLP)%20%C3%A0s%20distribuidoras.) . Acesso em: 19 de maio de 2023.

PINHEIRO, PAULO. **Análise Comparativa dos Sistemas de Aquecimento de Água Residencial**. Disponível em: <https://abcm.org.br/anais/encit/2006/arquivos/Energy/CIT06-0939.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2023.

PROCEL. **Pesquisa da USP revela que chuveiro elétrico é mais econômico que aquecedores**. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/pesquisa-da-usp-revela-que-chuveiro-eletrico-e-mais-economico-que-aquecedores/#:~:text=O%20chuveiro%20el%C3%A9trico%20est%C3%A1%20presente%20em%20mais%20de%2073%25%20das,%20entidade%20do%20Governo%20Federal>. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.

RINNAI. **Aquecedor a gás E10**. Disponível em: <https://www.rinnai.com.br/aquecedores-a-gas/linha-digital/E10>. Acesso em: 01 de dezembro de 2022.

LORENZETTI. **Bella Ducha 4t Ultra**. Disponível em: <https://www.lorenzetti.com.br/produto/bella-ducha-4t-996>. Acesso em: 01 de dezembro de 2022.

RINNAI. **Confira o guia completo de como escolher um aquecedor a gás**. Disponível em: [https://conteudos.rinnai.com.br/comprar-aquecedor-a-gas/?utm\\_source=google&utm\\_campaign=rinnai+oficial+p1+melhor+marca&keyword=como%20escolher%20aquecedor%20a%20gas&matchtype=p&utm\\_medium=ppc&gad=1&gclid=Cj0KCQjwmtGjBhDhARIsAEqfDEdfc6zpwoeSrOfK-kNjYtkfoJJKrl3tth\\_lpzWeQmdujWhY03udl-gaAopzEALw\\_wcB](https://conteudos.rinnai.com.br/comprar-aquecedor-a-gas/?utm_source=google&utm_campaign=rinnai+oficial+p1+melhor+marca&keyword=como%20escolher%20aquecedor%20a%20gas&matchtype=p&utm_medium=ppc&gad=1&gclid=Cj0KCQjwmtGjBhDhARIsAEqfDEdfc6zpwoeSrOfK-kNjYtkfoJJKrl3tth_lpzWeQmdujWhY03udl-gaAopzEALw_wcB). Acesso em: 25 de maio de 2023.

SOLETROL. Simulador Soletrol de consumo residencial de água quente. Disponível em: < <https://www.soletrol.com.br/extras/simulador-de-consumo-de-agua-quente/>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

## 7 ANEXOS

ANEXO A – Orçamento do material para executar o projeto de hidráulica.  
 ANEXO B – Orçamento da mão de obra para executar o sistema de hidráulica do projeto.  
 ANEXO C – Orçamento da mão de obra para instalação do aquecedor a gás e bomba pressurizadora.

### ANEXO A Orçamento do material para executar o projeto de hidráulica.



**ELETR-GAS COMERCIAL LTDA**  
 CNPJ: 46.262.989/0001-87 INSCR: 100.347.004.112  
 ALAMEDA DOS NHAMBIQUARAS, 1403  
 SAO PAULO - UF: SP - Cep: 04060-012 - Tel: (11)6553-4655

SAO PAULO, 07 de Março de 2023

**ORÇAMENTO No. 45958**

À \_\_\_\_\_, CNPJ: \_\_\_\_\_, Folha 1 de 2  
 At: \_\_\_\_\_, Inscrição: \_\_\_\_\_  
 SP, Telefone: \_\_\_\_\_  
 Email: \_\_\_\_\_, Fax: \_\_\_\_\_

Prezados Senhores,  
 Em atendimento à sua solicitação, oferecemos nossa oferta de preço de material, conforme descrito:

Item	Código	Descrição dos Produtos	Quant	Un	Val Unit	Val Total	%PI	VALC/MS
001	44386	LUVA TRANS CPVC 22MMX3/4 7220012	4,00	PC	14,1000	56,40	0,00	14,10
002	443108	CURVA TRANSP CPVC 22MM	4,00	PC	9,5000	38,00	0,00	9,50
003	44367	JOELHO 90 DE TRANS CPVC 22X1/2	2,00	PC	15,6000	31,20	0,00	15,60
004	44368	JOELHO 90 22X3/4F CPVC 7220061	2,00	PC	10,0000	20,00	0,00	10,00
005	44366	LUVA CPVC 22MM 7220068	2,00	PC	2,5000	5,00	0,00	2,50
006	44380	ADAPTADOR CPVC 22MMX3/4 MACHO	6,00	PC	22,8000	136,80	0,00	22,80
007	44371	TUBO CPVC 22MM	34,00	MT	20,4000	693,60	0,00	20,40
008	44362	TE CPVC 22MM 7220062	3,00	PC	5,4000	16,20	0,00	5,40
009	443103	TE MISTURADOR AQUATHERM 22X3/4	2,00	PC	38,1000	76,20	0,00	38,10
010	33166	VALVULA ESFERICA 3/4 FF VERMELHA	2,00	PC	41,6000	83,20	0,00	41,60
011	96094	REGISTRO GAVETA BRUTO 1"	1,00	PC	81,4000	81,40	0,00	81,40
012	96096	BASE REGISTRO GAVETA 3/4 DECA SIACABAMENTO	11,00	PC	61,6000	677,60	0,00	61,60
013	960108	BASE REGISTRO PRESSAO 3/4 DECA SIACABAMENTO	4,00	PC	71,3000	285,20	0,00	71,30
014	44320	REGISTRO 25MM PVC	1,00	PC	8,6000	8,60	0,00	8,60
015	442120	CONNECTOR P/SPRINKLER 22MMX1/2F NO 08 RAMO 308	1,00	PC	17,6000	17,60	0,00	17,60
016	33166	FLEX 0,30M METALICO 1/2NPTX3/8	5,00	PC	55,7000	278,50	0,00	55,70
017	44466	ENGATE PLASTICO 30CMX1/2	4,00	PC	3,2200	12,88	0,00	3,22
018	4431	ADAPTADOR 25MMX3/4 PVC	25,00	PC	0,8500	21,25	0,00	0,85
019	44329	ADESIVO PLASTICO 1750 C/PINCEL	1,00	PC	21,8000	21,80	0,00	21,80
020	4433	JOELHO AZUL 25MMX3/4 PVC	3,00	PC	6,8000	20,40	0,00	6,80
021	44327	JOELHO AZUL 25MMX1/2 PVC	3,00	PC	7,3000	21,90	0,00	7,30
022	44368	LUVA AZUL 25MMX1/2 PVC	1,00	PC	6,4000	6,40	0,00	6,40
023	4435	LUVA AZUL 25MMX3/4 PVC	1,00	PC	7,7000	7,70	0,00	7,70
024	44315	TUBO 25MM PVC	133,00	MT	5,4000	718,20	0,00	5,40
025	44316	ADAPTADOR 32MMX1 PVC	2,00	PC	3,0000	6,00	0,00	3,00
026	44323	JOELHO 45 25MM PVC	13,00	PC	2,3000	29,90	0,00	2,30
027	44324	JOELHO 45 32MM PVC	3,00	PC	5,3000	15,90	0,00	5,30
028	4434	JOELHO 90 25MM PVC	20,00	PC	0,8000	16,00	0,00	0,80
029	443109	LUVA DE CORRER 25MM PVC MARROM	3,00	PC	15,7000	47,10	0,00	15,70
030	44326	TUBO 32MM PVC	3,00	MT	15,2000	45,60	0,00	15,20
031	44312	TE 25MM PVC	9,00	PC	1,4000	12,60	0,00	1,40
032	44321	TE 32MM PVC	1,00	PC	5,8000	5,80	0,00	5,80
033	771170	BRASCOFOAM ESPUMA EXPANSIVA	1,00	PC	43,6000	43,60	0,00	43,60

## ANEXO B

Orçamento da mão de obra para executar o sistema de hidráulica do projeto.

### WL Comercio e Serviços de Sistema de Hidráulica

NOME: GRIFO			
CONTATO: RAFAEL YAMAMOTO UETA			
CNPJ/CPF:		Insc. Est/ RG:	
ENDEREÇO: ALAMEDA DAS IMBURANAS			
BAIRRO: Cond. Quinta da Baroneza		CIDADE: São Paulo	CEP:
TEL COMERCIAL:	TEL RESIDENCIAL:	E-MAIL:	

QTDE.	DESCRIÇÃO	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
01	VERBA PARA MÃO DE OBRA DE HIDRAULICA	R\$10.500,00	R\$10.500,00
SUBTOTAL			
DESCONTO			
<b>TOTAL</b>			<b>R\$10.500,00</b>

GARANTIA DA MÃO DE OBRA E PEÇAS UTILIZADAS NO SERVIÇO: 180 dias

CONDIÇÕES DE PAGAMENTO : À VISTA	COBRANÇA: <input type="checkbox"/> PIX/TRANSF. <input type="checkbox"/> CARTÃO DEB/CRED <input type="checkbox"/> LINK
----------------------------------	---

Data de visita: 25/10/2022

Horário:

REPRESENTANTE AUTORIZADO WL SERVIÇOS	DATA 25/10/2022	COMPRADOR
---	--------------------	-----------

### WL Comercio e Serviços de Sistema de Hidráulica

NOME: GRIFO			
CONTATO: RAFAEL YAMAMOTO UETA			
CNPJ/CPF:		Insc. Est/ RG:	
ENDEREÇO: ALAMEDA DAS IMBURANAS			
BAIRRO: Cond. Quinta da Baroneza		CIDADE: São Paulo	CEP:
TEL COMERCIAL:	TEL RESIDENCIAL:	E-MAIL:	

QTDE.	DESCRIÇÃO	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
01	VERBA PARA MÃO DE OBRA DE HIDRAULICA	R\$11.550,00	R\$11.550,00
SUBTOTAL			
DESCONTO			
<b>TOTAL</b>			<b>R\$11.550,00</b>

GARANTIA DA MÃO DE OBRA E PEÇAS UTILIZADAS NO SERVIÇO: 180 dias

CONDIÇÕES DE PAGAMENTO : À VISTA	COBRANÇA: <input type="checkbox"/> PIX/TRANSF. <input type="checkbox"/> CARTÃO DEB/CRED <input type="checkbox"/> LINK
----------------------------------	---

Data de visita: 25/10/2022

Horário:

REPRESENTANTE AUTORIZADO WL SERVIÇOS	DATA 25/10/2022	COMPRADOR
---	--------------------	-----------

**ANEXO C**  
**Orçamento da mão de obra para instalação do aquecedor a gás e bomba pressurizadora.**



São Paulo, 05 de Fevereiro de 2023.

A  
A/C RAFAEL YAMAMOTO UETA

Instalação dos aquecedores:  
Equipamentos: 01 Aq Rinnai E10 GLP

QTDE.	DESCRIÇÃO	Total
01	Instalação do aquecedor E10	
01	Instalação Bomba RFS 245W	
01	Instalação das duchas	
		<b>RS 650,00</b>

**FORMA DE PAGAMENTO:** À vista (Cartão de débito/credito ou depósito)

**GARANTIA DA MÃO DE OBRA DO SERVIÇO:** 90 dias

**OBS:** A garantia cobre defeitos de fabricação e o serviço de instalação ou manutenção do equipamento, não incluindo quaisquer defeitos na tubulação já existente que venha aparecer durante ou após a instalação.

No aguardo de um parecer favorável, solicitamos que para quaisquer esclarecimentos seja contactado a

Bruna Lessa 11 94736-1621.

RUA ANTONIO DE MACEDO SOARES, 1383 – CAMPO BELO - SÃO PAULO - SP – CEP 04607-002  
PABX: (011) 5041-8939 E-MAIL: [VENDAS.MULTITHERM@TERRA.COM.BR](mailto:VENDAS.MULTITHERM@TERRA.COM.BR)