



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

DAVI BEZERRA SOARES

**ANÁLISE DO CUSTO E BENEFÍCIO DOS SISTEMAS ELÉTRICO E A GÁS NO
AQUECIMENTO DE ÁGUA FRIA NA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR DE ALTO
PADRÃO: UM ESTUDO DE CASO**

FORTALEZA

2022

DAVI BEZERRA SOARES

ANÁLISE DO CUSTO E BENEFÍCIO DOS SISTEMAS ELÉTRICO E A GÁS NO
AQUECIMENTO DE ÁGUA FRIA NA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR DE ALTO
PADRÃO: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil do Centro
Universitário Christus, como requisito para
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador: José Willington Gondim Oliveira,
M.Sc.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

S676a Soares, Davi Bezerra.
ANÁLISE DO CUSTO E BENEFÍCIO DOS SISTEMAS
ELÉTRICO E A GÁS NO AQUECIMENTO DE ÁGUA FRIA
EM UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR DE ALTO
PADRÃO: :
ESTUDO DE CASO / Davi Bezerra Soares. - 2022.
87 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Centro Universitário Christus - Unichristus, Curso de
Engenharia Civil, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Me. José Willigton de Oliveira Gondim.

1. Sistemas de aquecimento . 2. Chuveiro elétrico. 3.
Aquecedor de passagem. I. Título.

DAVI BEZERRA SOARES

ANÁLISE DO CUSTO E BENEFÍCIO DOS SISTEMAS ELÉTRICO E A GÁS NO
AQUECIMENTO DE ÁGUA FRIA NA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR DE ALTO
PADRÃO: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: José Willington Gondim Oliveira, M.Sc.

Aprovado em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. José Willington de Oliveira Gondim
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Me. Tatiana Soares de Oliveira
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Me. Ricardo Leandro
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

RESUMO

Com a alta de preços da energia elétrica e de derivados do petróleo, o custo com sistemas de aquecimento de água se tornou maior. Com isso, se torna necessário o estudo sobre esses sistemas desde a construção até a sua utilização em busca da garantia de um sistema eficiente. A pesquisa em questão teve como objetivo fazer uma análise comparativa de um estudo de caso sobre o custo e benefício de sistemas de aquecimento de água em uma edificação residencial multifamiliar. Foram analisados os sistemas de aquecimento com o aquecedor de passagem a gás e o sistema de aquecimento elétrico, utilizando o chuveiro elétrico. Para isso, foi realizado o dimensionamento do sistema elétrico, com seus respectivos cabos, eletrodutos e disjuntores. Além disso, foi analisado o sistema existente na edificação que utiliza o aquecedor de passagem a gás. Dessa forma, foram feitos os quantitativos dos materiais para cada sistema e em seguida verificados os orçamentos com os custos de construção e operação dos sistemas. Conseqüentemente, após a análise dos custos e benefício entre os sistemas, obteve-se resultados nos quais mostra que o custo da instalação do sistema elétrico é mais elevado do que o sistema de aquecimento a gás e além disso, o valor do consumo da energia elétrica pelo sistema também é mais elevado em relação ao sistema de aquecimento a gás para as 38 unidades residenciais da edificação do estudo de caso. Portanto, o sistema de aquecimento a gás é o mais viável para a edificação residencial multifamiliar.

Palavras-chave: Edificação multifamiliar; instalações hidráulicas; sistemas de aquecimento; chuveiro elétrico; aquecedor de passagem.

ABSTRACT

With the high prices of electricity and petroleum products, the cost of water heating systems has become higher. With this, it becomes necessary to study these systems from construction to their use in search of guaranteeing an efficient system. The research in question aimed to make a comparative analysis of a case study on the cost and benefit of water heating systems in a multifamily residential building. The heating systems were analyzed with the gas passage heater and the electric heating system, using the electric shower. For this, the electrical system was dimensioned, with its respective cables, conduits and circuit breakers. In addition, the existing system in the building that uses the gas passage heater was analyzed. In this way, the quantities of materials for each system were made and then the budgets were verified with the costs of construction and operation of the systems. Consequently, after analyzing the costs and benefits between the systems, results were obtained which show that the installation cost of the electrical system is higher than the gas heating system and, in addition, the value of the consumption of electrical energy by the system is also higher compared to the gas heating system for the 38 residential units in the case study building. Therefore, the gas heating system is the most viable for multifamily residential buildings.

Keywords: *Multifamily building; Hidraulic instalations; heating systems; electric shower; pass heater.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de distribuição de energia.....	16
Figura 2 – Componentes de um chuveiro elétrico.....	18
Figura 3 – Chuveiro elétrico blindado.....	19
Figura 4 - Curva de vazão do chuveiro elétrico.....	19
Figura 5 - Torneira elétrica.....	21
Figura 6 - Curva de vazão da torneira elétrica.....	21
Figura 7 – Condutor isolado, cabo unipolar e cabo multipolar.....	23
Figura 8 – Curvas B, C e D de um disjuntor.....	28
Figura 9 – DR tipo bipolar e tetrapolar.....	29
Figura 10 – Tubo e conexão de eletroduto rígido.....	30
Figura 11 – Eletroduto flexível corrugado.....	30
Figura 12 – Caixas de derivação.....	32
Figura 13 – Reservatórios de GLP.....	34
Figura 14 – Funcionamento de um aquecedor a gás.....	36
Figura 15 – Sistema central privado.....	36
Figura 16 – Especificações do aquecedor de passagem 32,5 litros.....	38
Figura 17 – Tubulação e conexões em PVC.....	41
Figura 18 – Tubulação e conexões de CPVC.....	42
Figura 19 – Tubulação e conexões de cobre.....	43
Figura 20 – Fluxograma do trabalho.....	44
Figura 21 – Pavimento tipo da edificação.....	45
Figura 22 – Planta baixa da unidade residencial.....	46
Figura 23 – Projeto hidráulico com o sistema a gás.....	48
Figura 24 – Isométrico da suíte casal do sistema a gás.....	49
Figura 25 – Isométrico da suíte 1 do sistema a gás.....	50
Figura 26 – Isométrico da suíte 2 do sistema a gás.....	51
Figura 27 – Isométrico da suíte 3 do sistema a gás.....	52
Figura 28 – Isométrico da cozinha do sistema a gás.....	53
Figura 29 – Isométrico da área de serviço do sistema agás.....	54

Figura 30 – Projeto de gás do sistema a gás.....	55
Figura 31 – Quadro de cargas elétrico do sistema a gás.....	56
Figura 32 – Projeto elétrico do sistema a gás.....	57
Figura 33 – Quadro de cargas elétrico do sistema proposto.....	59
Figura 34 – Projeto elétrico proposto.....	61
Figura 35 – Isométrico geral do sistema proposto junto com seus quantitativos.....	62
Figura 36 – Isométrico da suíte de casal do sistema proposto juntos com os quantitativos.....	63
Figura 37 – Isométrico da suíte 1 do sistema proposto junto com os quantitativos.....	64
Figura 38 – Isométrico da suíte 2 do sistema proposto junto com os quantitativos.....	65
Figura 39 – Isométrico da suíte 3 do sistema proposto junto com os quantitativos.....	66
Figura 40 – Isométrico da cozinha do sistema proposto junto com os quantitativos.....	67
Figura 41 – Isométrico da área de serviço do sistema proposto junto com os quantitativos.....	68
Figura 42 – Projeto de gás do sistema proposto.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modo de execução dos eletrodutos.....	23
Tabela 2 – Quantidade de condutores carregados em função do tipo de circuito.....	24
Tabela 3 – Capacidade de condução de corrente.....	25
Tabela 4 – Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados.....	26
Tabela 5 – Seção reduzida do condutor neutro.....	27
Tabela 6 – Seção mínima do condutor de proteção.....	27
Tabela 7 – Eletroduto de aço-carbono.....	31
Tabela 8 – Eletroduto rígido de PVC.....	32
Tabela 9 – Tarifa de consumo energético no estado do Ceará.....	33
Tabela 10 – Modelos e capacidade de armazenamento de GLP.....	34
Tabela 11 – Valores por metro cúbico de GLP.....	35
Tabela 12 – Vazão e pesos relativos de aparelhos sanitários.....	39
Tabela 13 – Consumo de aparelhos que utilizam gás.....	40
Tabela 14 – Queda de tensão.....	60
Tabela 15 – Quantitativo e orçamento do projeto hidráulico – água fria com aquecedor de passagem.....	70
Tabela 16 – Quantitativo e orçamento do projeto hidráulico – água quente com aquecedor de passagem.....	71
Tabela 17 – Quantitativo e orçamento do projeto de gás com aquecedor de passagem.....	72
Tabela 18 – Quantitativo e orçamento do projeto elétrico com aquecedor de passagem.....	73
Tabela 19 – Quantitativo e orçamento do projeto hidráulico – água fria com o sistema elétrico.....	74
Tabela 20 – Quantitativo e orçamento do projeto de gás com o sistema elétrico.....	75
Tabela 21 – Quantitativo e orçamento do projeto elétrico com o sistema elétrico.....	76
Tabela 22 – Custo de construção dos sistemas.....	78
Tabela 23 – Custo de operação dos sistemas.....	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Justificativa.....	14
1.2 Objetivos gerais.....	14
1.3 Objetivos específicos.....	14
2 REFERENCIAL TEORICO.....	15
2.1 Sistemas de aquecimento de água.....	15
2.2 Energia elétrica.....	16
2.2.1 <i>Chuveiro elétrico.....</i>	17
2.2.2 <i>Torneira elétrica.....</i>	20
2.2.3 <i>Dimensionamento do sistema de aquecimento elétrico</i>	22
2.2.3.1 <i>Condutores elétricos.....</i>	22
2.2.3.1.1 <i>Cabo isolado.....</i>	22
2.2.3.1.2 <i>Cabo unipolar e multipolar.....</i>	22
2.2.3.2 <i>Condutor fase.....</i>	23
2.2.3.3 <i>Condutor neutro.....</i>	26
2.2.3.4 <i>Condutor proteção ou terra.....</i>	27
2.2.3.5 <i>Disjuntores.....</i>	28
2.2.3.6 <i>Dispositivos diferencial residual (DR).....</i>	29
2.2.3.7 <i>Eletrodutos.....</i>	29
2.2.3.8 <i>Caixas de derivação.....</i>	32
2.2.4 <i>Consumo médio com energia.....</i>	33
2.3 Gás Liquefeito de Petróleo - GLP.....	33
2.3.1 <i>Custo do GLP.....</i>	35
2.4 Aquecedor a gás.....	35
2.4.1 <i>Sistema central privado.....</i>	36
2.4.2 <i>Dimensionamento do sistema de aquecimento a gás.....</i>	37
2.4.2.1 <i>Dimensionamento do aquecedor e da tubulação de entrada.....</i>	37
2.4.2.2 <i>Dimensionamento da tubulação de gás.....</i>	40
2.5 Materiais para água quente.....	41

2.5.1 PVC.....	41
2.5.2 CPVC.....	42
2.5.4 Cobre.....	42
3 METODOLOGIA.....	44
3.1 Fluxograma.....	44
3.2 Estudo de caso.....	45
3.2.1 Descrição do empreendimento.....	45
3.2.2 Descrição da unidade habitacional.....	45
4 ANALISE E RESULTADOS.....	48
4.1 Projeto executado com o sistema de aquecimento a gás.....	48
4.1.1 Projeto Hidráulico.....	48
4.1.1.1 Isométrico da suíte casal.....	49
4.1.1.2 Isométrico da suíte 1.....	49
4.1.1.3 Isométrico da suíte 2.....	50
4.1.1.4 Isométrico da suíte 3.....	51
4.1.1.5 Isométrico da cozinha.....	52
4.1.1.6 Isométrico da área de serviço.....	53
4.1.2 Projeto de gás	54
4.2 Projeto proposto com o uso do chuveiro elétrico e torneira elétrica.....	55
4.2.1 Projeto elétrico.....	55
4.2.2 Projeto Hidráulico.....	61
4.2.2.1 Isométrico da suíte casal.....	62
4.2.2.2 Isométrico da suíte 1.....	63
4.2.2.3 Isométrico da suíte 2.....	64

4.2.2.4 Isométrico da suíte 3.....	65
4.2.2.5 Isométrico da cozinha.....	66
4.2.2.6 Isométrico da área de serviço.....	67
4.2.3 Projeto de gás.....	68
4.3 Custo de construção dos sistemas.....	69
4.3.1 <i>Custo de construção do sistema com aquecedor de passagem.....</i>	69
4.3.1.1. Projeto hidráulico – água fria.....	70
4.3.1.2. Projeto hidráulico – água quente	71
4.3.1.3. Projeto gás.....	72
4.3.1.4 Projeto elétrico.....	72
4.3.2 <i>Custo de construção do sistema com chuveiro e torneira elétrica.....</i>	74
4.3.2.1 Projeto hidráulico – água fria.....	74
4.3.2.2 Projeto de gás.....	75
4.3.2.3 Projeto elétrico.....	76
4.4 Custo de operação dos sistemas.....	78
4.4.1 <i>Custo de operação do sistema com aquecedor de passagem.....</i>	78
4.4.2 <i>Custo de operação do sistema elétrico.....</i>	80
5 CONCLUSÕES.....	82
REFERÊNCIAS.....	84

1.INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, a humanidade usufrui da água aquecida para se obter algum benefício. Os romanos utilizavam a água quente para se banhar e lavar roupas, o aquecimento do líquido se dava através de grandes caldeiras cheias de água, a qual sofria aquecimento com a queima de madeira até o fervimento. Com o passar dos anos, vieram alguns cientistas e descobriram novos métodos para adicionar calor a água. Em 1868, o pintor inglês Benjamin Waddy aquecia água a partir de canos com bicos de Bunsen. Em 1889, o engenheiro norueguês Edwin Ruud, formulou um tanque aquecido a gás que funcionava muito bem e foi bastante utilizado até o fim do século XIX. A partir de 1970, as pessoas começaram a utilizar o sistema de serpentinas e deixaram de lado os reservatórios de água aquecida (HIDROSUL, 2021).

O processo de aquecimento da água é feito de acordo com a disponibilidade de fontes de energia de cada período. Com isso, a energia utilizada para o aquecimento de água pode vir de diversas matrizes, dentre elas: energia elétrica e a gás. Essas matrizes tem um custo de produção e um impacto ambiental bem significativo e se diferem muito entre elas. A sustentabilidade é um tema muito discutido atualmente, principalmente na construção civil, tendo em vista que é um setor econômico que polui muito. Em relação aos sistemas de aquecimento prediais, se pode mencionar o descarte de poluentes na atmosfera gerados a partir da aplicação dos sistemas de aquecimento de água fria.

Os sistemas com a utilização do chuveiro elétrico e aquecedor de passagem funcionam de forma satisfatória, mas todos com vantagens e desvantagens. A água aquecida através do chuveiro elétrico tem um baixo custo inicial, em pequenas instalações, pelo fato de não necessitar de uma instalação específica para seu funcionamento, mas tendo um custo elevado com o cabeamento elétrico e seu circuito no quadro geral. Todavia, o custo a longo prazo pode tornar o sistema ineficiente já que a maioria dos chuveiros elétricos tem uma potência média de 6800W (LORENZETTI, 2021), o que levará a um custo elevado na conta de energia. Por outro lado, o sistema de aquecimento a gás tem um custo inicial razoável, a depender do padrão da edificação. Esse custo se baseia pelas tubulações de gás, que normalmente são de cobre, espaço para os reservatórios de gás, se for do tipo gás liquefeito de petróleo (GLP), e do tipo de aquecedor, que pode ser de passagem ou de acumulação.

De acordo com uma pesquisa feita pela Eletrobrás (2019), nas residências que possuem sistema hidráulico para a utilização de água quente, 94% da amostra na pesquisa se

utiliza o chuveiro elétrico e 1,48% utilizam o gás para realizar o aquecimento da água. De acordo com esse estudo, existe uma predominância da utilização do chuveiro elétrico sobre o sistema de aquecimento a gás e, por isso, é importante a realização de um estudo sobre esses sistemas tendo em vista que cada sistema tem sua particularidade sobre materiais e componentes.

Como a responsabilidade do engenheiro não depende apenas do acompanhamento da obra e dos projetos, mas também da estimativa de custos, é de extrema importância a escolha do sistema de aquecimento de água que trará melhor custo e benefício aos usuários. Um sistema pode ter vários projetos e arranjos para sua execução, como diferentes diâmetros e tipos de tubulações, na parte hidráulica e a gás, e cabeamento, na parte elétrica, mas sempre em busca de melhor custo em relação ao padrão da edificação. Além disso, é de extrema importância a satisfação do cliente com o sistema adotado para a construção já que esses sistemas utilizam matrizes energéticas distintas e cada um tem um custo de utilização calculado de forma diferente, o que pode ser vantajoso para a construtora, no momento de orçar e construir, e inconveniente para o usuário, em questão do custo de uso.

Para se ter uma eficiência no funcionamento do sistema é preciso ter projetos com correto dimensionamento e, qualidade na execução, assim como, é preciso fazer manutenções para se obter uma maior vida útil do sistema. O sistema de aquecimento elétrico, por sua vez, necessita de manutenções periódicas, por motivos de possíveis falhas no funcionamento do chuveiro. Por outro lado, o sistema de aquecimento a gás, normalmente, possui menos ocorrências de problemas para manutenção, porém, em alguns casos, pode existir problemas com oxidação na parte interna do aquecedor de passagem, necessitando da substituição parcial. Também pode existir problemas na geração de calor, que pode resultar em perda parcial ou total do equipamento e a necessidade da substituição do aparelho.

1.1 Justificativa

Em relação aos sistemas de aquecimento de água, os chuveiros elétricos vêm sendo muito utilizado no Brasil, mas com um custo elevado do consumo de energia e na sua execução com cabos elétricos, eletrodutos e disjuntores, mas existem outros meios para o aquecimento da água e, dentre esses, uma opção é a utilização do sistema de aquecimento a gás. Além disso, no ramo da engenharia se torna necessário a relação com custos tanto no âmbito construtivo quanto no âmbito operacional. Dessa forma, é notória a importância de se estudar o sistema que trará um melhor custo e benefício para a edificação multifamiliar em relação ao aquecimento da água fria.

1.2 Objetivo Geral

Realizar um estudo de caso comparativo sobre o custo e benefício dos sistemas de aquecimento de água fria com aquecedor a gás do tipo central privado e chuveiro elétrico para uma edificação residencial multifamiliar.

1.3 Objetivos Específicos

- Explorar sobre os sistemas de aquecimento a gás e elétrico, com todos seus componentes e materiais
- Dimensionar, quantificar e orçar os sistemas de aquecimento na edificação residencial multifamiliar
- Comparar os resultados do custo e benefício entre os sistemas de aquecimento de água fria por aquecedor a gás e chuveiro elétrico.

2 REFERENCIAL TEORICO

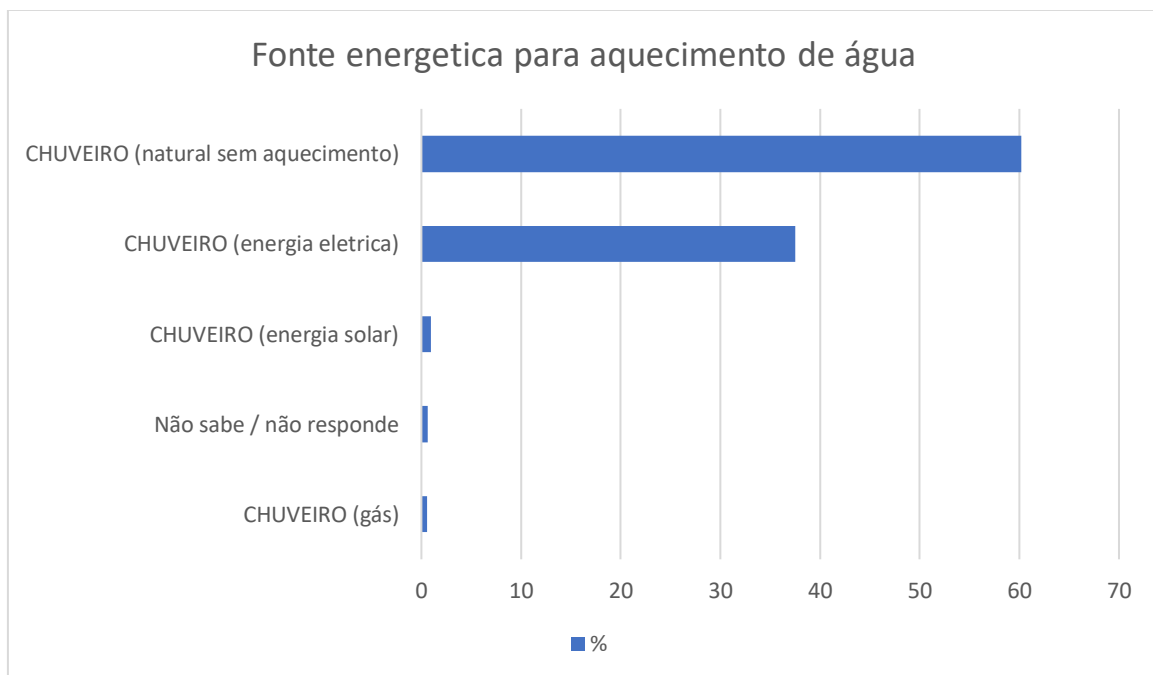
2.1 Sistemas de aquecimento de água

O sistema predial de aquecimento de água para consumo humano é um conjunto de aparelhos, tubulações, conexões e acessórios destinados a oferecer água quente, sem interferir na qualidade da água, nem oferecer riscos ao usuário, fornecendo água na temperatura e pressão desejada (CHAGURI JUNIOR, 2009).

Existem vários modelos de aquecimento de água, mas os mais utilizados no país são o aquecimento elétrico e o aquecimento a gás. No qual o sistema elétrico funciona como apenas um ponto de aquecimento e o aquecimento a gás funciona como um sistema maior com toda infraestrutura projetada.

De acordo com Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (PPH) (2019), de 18.775 domicílios pesquisados, 60,23% não utilizam nenhum sistema de aquecimento de água, 37,52% utilizam energia elétrica para o aquecimento, 0,96% utilizam energia solar e 0,59% utilizam o sistema de aquecimento a gás. O Gráfico 1 mostra esses dados:

Gráfico 1: Fontes de aquecimento de água



Fonte: Eletrobras (2019), adaptado pelo autor

Essa pesquisa foi realizada em todas as regiões do Brasil. Com essa pesquisa é possível observar que o sistema elétrico é mais utilizado que o sistema a gás. Isso ocorre pela

quantidade de edificações unifamiliares entrevistadas, tendo em vista que em casas e residências de pequeno porte utilizam mais o sistema elétrico para o aquecimento por motivos de custo de instalação e mão de obra especializada.

2.2 Energia elétrica

Existe uma relação entre as fontes de energia e o desenvolvimento dos países. A qualidade e capacidade de produção energética de uma determinada região do país é um indicativo para comparar o desenvolvimento da região. Com o passar dos anos, o Brasil foi alterando a sua grade de matrizes energéticas. Há algumas décadas, o país tinham em maior parte da geração de energia as usinas hidroelétricas e os combustíveis fósseis. Hoje em dia, se tem o uso das matrizes usadas no passado além das matrizes limpas como a energia solar e eólica (AMBIPAR, 2020).

O processo de condução da energia elétrica até as residências é um pouco complexo. Primeiramente a energia é produzida em sua matriz. Logo após, a energia elétrica é conduzida por linhas e torres de alta tensão para chegar nos estados e municípios. Chegando no município, a eletricidade passa por subestações no qual se tem transformações de tensão para diminuir a sua voltagem. (ABRADEE, 2021) Por último, toda a energia elétrica é distribuída por postes até chegar em determinada residência como mostra a Figura 1.

Figura 1: Processo de distribuição de energia



Fonte: Coprel, 2021

A energia elétrica quando chega na residência pode ser transformada em outros tipos de energia, como por exemplo: o funcionamento de um refrigerador utiliza a energia elétrica e transforma em energia térmica, um rádio utiliza a eletricidade para gerar energia sonora e um televisor utiliza a energia para gerar energia luminosa e acústica.

2.2.1 Chuveiro elétrico

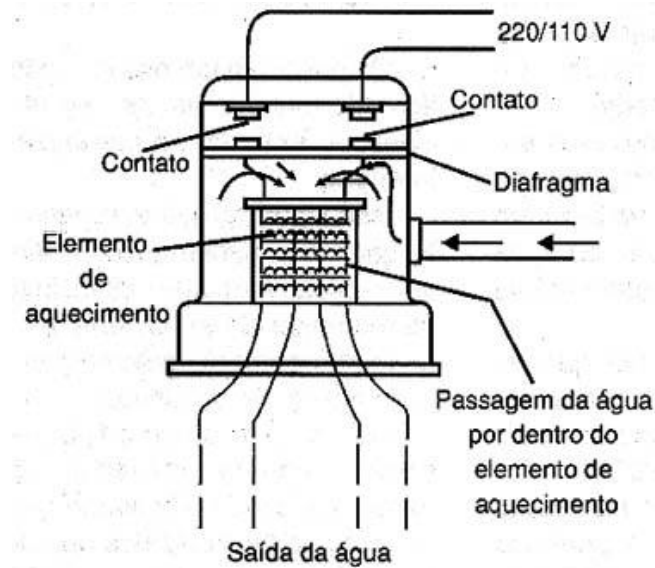
A história do chuveiro elétrico vem desde o século passado mais precisamente no ano de 1927, ano da invenção do primeiro chuveiro elétrico. Os primeiros chuveiros elétricos que surgiram, eram feitos de forma artesanal, mas em 1940 os aparelhos começaram a ser industrializados. Posteriormente, na década de 50, a empresa Lorenzetti lançou no mercado o chuveiro elétrico automático onde não se era necessário acionar uma chave elétrica para o funcionamento. (PANDOLFO, 2016).

Em relação ao tipo de energia utilizada, o chuveiro elétrico usa a energia elétrica para gerar energia térmica, que é o aquecimento de água. Esse equipamento é o principal aparato para o sistema de aquecimento elétrico. No mercado de chuveiros, pode-se citar dois modelos: o mais comum, que tem em seu sistema uma regulagem manual no qual o usuário escolhe níveis diferentes de temperatura, e o chuveiro eletrônico que tem sua temperatura regulada automaticamente. Segundo Gili et al (2012), os chuveiros elétricos, normalmente, têm sua regulagem de temperatura de forma mecânica, no qual o usuário determina a melhor temperatura da água. Além do chuveiro comum existe o chuveiro eletrônico. O chuveiro eletrônico tem sua resistência equivalente regulada gradativamente e sua temperatura proporcional a potência, fazendo com que o usuário tenha mais opções de temperatura da água, um maior conforto e um menor gasto com energia, em comparação ao chuveiro elétrico comum. (SILVA e OLIVEIRA, 2018).

O modo de funcionamento dos chuveiros da década de 50 até hoje são os mesmos, apenas com algumas diferenças no design e nos materiais. No fim da década de 60, após a modernização com os polímeros, os chuveiros começaram a ser fabricados contendo o plástico como material, isso se deu pelo custo e pela isolamento (ELETROLUZ, 2020). Na década de 90, com a criação da NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008) os aparelhos tiveram que se adequar ao dispositivo disjuntor diferencial residual (DR), dispositivo que evita incêndios, sobrecargas e curto circuitos. (PANDOLFO, 2016)

Segundo Silva e Oliveira (2018) os chuveiros elétricos são compostos por diafragma, câmara quente, resistência elétrica e espalhador, como mostra a Figura 2.

Figura 2: Componentes de um chuveiro elétrico



Fonte: Montu, 2016.

O funcionamento do chuveiro é composto pelos elementos acima no qual o diafragma fecha os contatos que permite a passagem da corrente elétrica para o resistor. O acionamento do diafragma é decorrente da pressão da água no chuveiro e impede que a resistência elétrica se mantenha ligada quando não há vazão de água, evitando a queima da resistência. A câmara quente é o espaço onde é armazenada a água para acionar o diafragma e onde ocorre o aquecimento da água. Na física, a resistência elétrica é conhecida como a capacidade resistiva que determinado material possui para a passagem de corrente elétrica, enquanto o resistor é o dispositivo que usufrui desta propriedade do material com o intuito de transformar a energia elétrica em energia térmica. O resistor fica localizado dentro da câmara quente e é popularmente conhecido como resistência. (SILVA; OLIVEIRA, 2018, p. 34)

Apesar da inovação com os chuveiros elétricos, existem casos de desconforto com os aparelhos. Os chuveiros elétricos comuns podem queimar facilmente e até dar pequenos choques elétricos, dependendo da instalação, porque têm a sua resistência em contato com a água. O chuveiro blindado, ao contrário do chuveiro elétrico comum, conta com uma proteção ao redor da sua resistência que impede o contato da água com a resistência. Dessa forma, esse tipo de chuveiro oferece mais segurança e durabilidade em relação ao comum (VIVA DECORA, 2018). A Figura 3 mostra a imagem de um chuveiro blindado.

Figura 3: Chuveiro elétrico blindado



Fonte: Lorenzetti (2022)

Como esse equipamento é um dispositivo para saída de água, a sua vazão irá variar de acordo com a pressão de água no ponto de saída. A Figura 4 mostra a curva de vazão para um chuveiro de 7.500 watts da marca Lorenzetti.

Figura 4: Curva de vazão do chuveiro elétrico



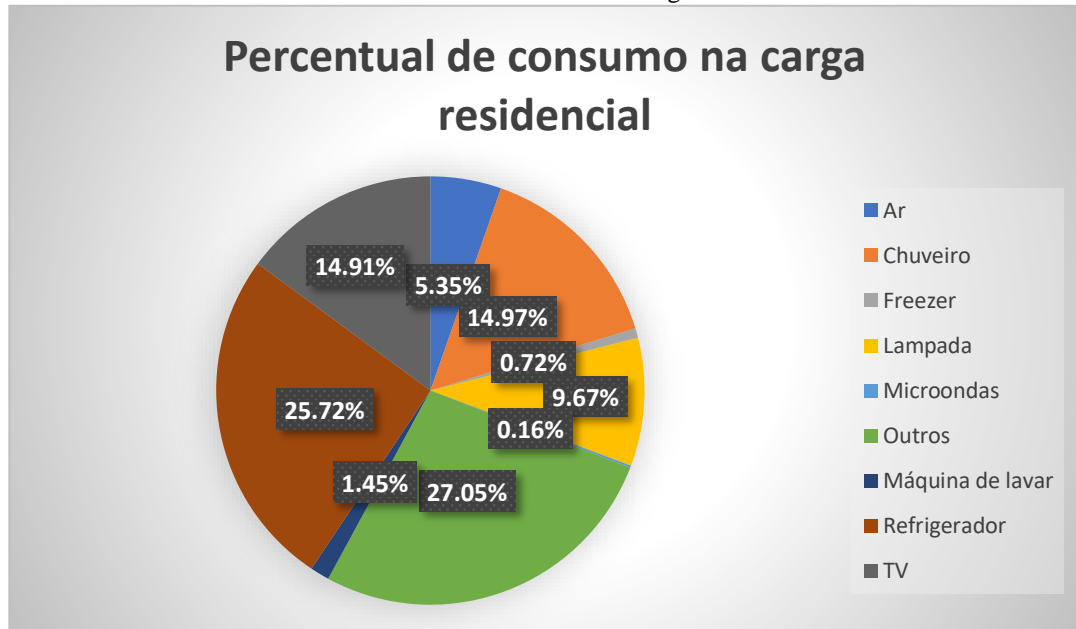
Fonte: Lorenzetti (2022)

De acordo com o gráfico, para o chuveiro funcionar em boas condições a pressão estática deverá estar entre 1 a 8 mca e 9 a 40 mca. Com isso, a sua vazão estaria adequada para a sua utilização.

O chuveiro elétrico é um aparelho que tem uma potência elevada e posteriormente um custo mensal alto. De acordo com Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (PPH), o chuveiro elétrico representa 14,91% do consumo elétrico da casa, perdendo apenas para o refrigerador com 25,72% (ELETROBRAS, 2019). Para a análise dos dados foram considerados os seguintes equipamentos: Ar condicionado,

chuveiro elétrico, freezer, lâmpada, máquina de lavar roupas, micro-ondas, refrigerador, televisores e outros. O Gráfico 2 mostra esses valores:

Gráfico 2: Percentual de consumo na carga residencial



Fonte: Eletrobras (2019), adaptado pelo autor

Fazendo uma análise do consumo por tempo é possível perceber que o chuveiro elétrico é o equipamento que tem o maior gasto dentre os aparelhos mencionados tendo em vista o seu tempo de utilização durante um mês.

2.2.2 Torneira elétrica

Da mesma forma que os chuveiros, as torneiras elétricas apresentam uma resistência interna que é energizada, aquecendo-a. A água que passa ao redor dessa resistência também é aquecida em função da troca de calor.

Os valores das torneiras elétricas podem ser maiores que os das torneiras comuns. É necessário ficar atento ao consumo de energia do aparelho, pois apesar de ser vantajosa, a torneira elétrica vai gerar um impacto na conta de energia. O lado positivo é que, como em um chuveiro, você pode desligar a parte elétrica e utilizar a água na temperatura ambiente, deixando para utilizar o aquecimento elétrico apenas quando for necessário. (MUNDO DA ELÉTRICA, 2022). A Figura 5 mostra a imagem de uma torneira elétrica.

Figura 5: Torneira elétrica



Fonte: Lorenzetti (2022)

Assim como no chuveiro elétrico, a torneira elétrica tem a sua curva de vazão. De acordo com o fabricante Lorenzetti, a curva de vazão para uma torneira elétrica de 5.500 watts é mostrada na Figura 6.

Figura 6: Curva de vazão da torneira elétrica



Fonte: Lorenzetti (2022)

De acordo com o gráfico, para a torneira elétrica funcionar adequadamente, a pressão estática deverá estar entre 2 a 8 mca e 9 a 40 mca. Com isso, a sua vazão estaria adequada para a sua utilização.

2.2.3 Dimensionamento do sistema de aquecimento elétrico

Esse sistema é composto por alguns componentes: Condutores, eletrodutos e disjuntores. Para o correto dimensionamento desses componentes se utiliza a NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) como base.

2.2.3.1 Condutores elétricos

Os condutores utilizados no dimensionamento de um circuito são 4: fase, neutro, retorno e proteção. O condutor retorno é utilizado para instalação de luminárias. Como o foco do trabalho é o chuveiro elétrico, serão utilizados os cabos fase, neutro e proteção.

Os condutores utilizados nas instalações residenciais, comerciais ou industriais de baixa tensão poderão ser de cobre ou alumínio, com isolamento de PVC ou de outros materiais por normas, como EPR ou XLPE (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

2.2.3.1.1 Cabo isolado

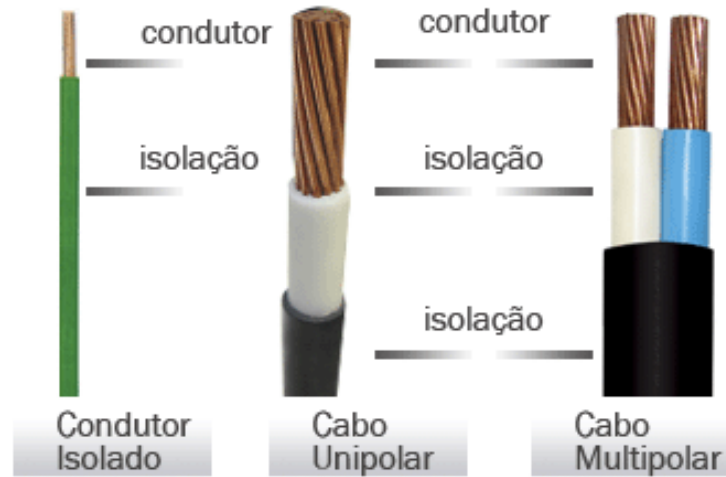
O cabo de cobre isolado conta com isolamentos específicos para cada aplicação com o objetivo de conferir maior resistência e minimizar possíveis intervenções externas, como choques elétricos. Dessa forma, esse tipo de cabo pode receber revestimentos à base de PVC, de compostos termoplástico poliolefínico não halogenado ou a base de XLPE, com tensões de isolamento variadas para atender a cada tipo de tensão elétrica (CONDEX, 2020).

2.2.3.1.2 Cabo unipolar e multipolar

O cabo unipolar é um tipo de cabo que possui apenas um condutor interno. O cabo multipolar é um cabo com duas ou mais veias internas, ambos são muito utilizados em instalações elétricas fixas de baixa tensão. Esses cabos podem ser utilizados em alimentação, distribuição de circuitos de força, redes aéreas e condução de energia. Por ser um cabo flexível, esse material pode ser utilizado em residências, comércios e indústrias (FORESTIERI, 2021).

Segundo a NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), os cabos isolados são utilizados para as instalações internas em geral no qual não necessita de uma proteção adicional, os cabos unipolares são utilizados em instalações onde os condutores são dispostos pelo piso, e por isso precisam de uma camada protetora, e os cabos multipolares podem ser utilizados para iluminação no qual os cabos elétricos possam ficar aparentes. A Figura 7 mostra esses tipos de cabos.

Figura 7: Condutor isolado, cabo unipolar e cabo multipolar

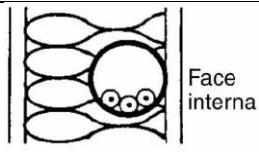
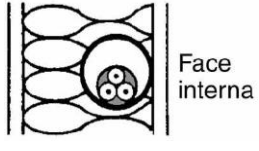
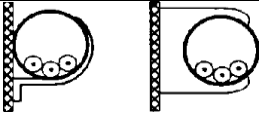


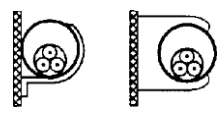

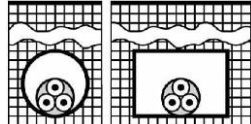
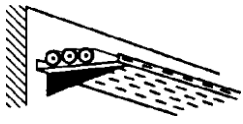
Fonte: IPCE (2017)

2.2.3.2 Condutor fase

Para o dimensionamento desse condutor é necessário saber o tipo de alimentador da residência: monofásico, bifásico ou trifásico. Além disso, também é necessário saber o modo de execução do eletroduto: embutido na parede, colocado sobre bandejas, fixado ou aparente. A Tabela 1, com base na NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), mostra alguns exemplos:

Tabela 1: Modo de execução dos eletrodutos

Método de referência	Esquema ilustrativo	Descrição
A1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante
A2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante
B1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou

		espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto
B2		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto
C		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto
D		Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)
E (multipolar) F (unipolares)		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004), adaptado pelo autor

Ademais, o tipo da rede escolhida é levado em consideração no dimensionamento do condutor. A Tabela 2, conforme a NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) mostra a distinção entre tipos de circuitos e a quantidade de condutores carregados.

Tabela 2: Quantidade de condutores carregados em função do tipo de circuito

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Monofásico a dois condutores	2
Monofásico a três condutores	2
Duas fases sem neutro	2
Duas fases com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004), adaptado pelo autor

Por último, é necessário saber o material condutor de eletricidade que será utilizado nos cabos. Os materiais poderão ser cobre ou alumínio. O dimensionamento do condutor fase é feito a partir dos elementos acima além do cálculo da potência elétrica, como mostra a Equação 1:

$$\text{Potência } (p) = \text{Corrente } (i) \times \text{Tensão } (v) \quad (1)$$

Fonte: Creder (2015)

O dimensionamento do condutor é baseado na amperagem do circuito, que é encontrado através da manipulação da equação da potência, como mostra a Equação 2:

$$\text{Corrente } (i) = \frac{\text{Potência } (p)}{\text{Tensão } (v)} \quad (2)$$

Fonte: Creder (2015)

A partir do valor obtido no quociente, é possível verificar a seção do condutor pela Tabela 3 com base na NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Tabela 3: Capacidade de condução de corrente

Condutores: cobre e alumínio
Isolação: PVC
Temperatura no condutor: 70°C
Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004), adaptado pelo autor

Para a verificação no tocante ao número de circuitos em um eletroduto, é necessário utilizar o fator de correção da corrente. Esse fator utiliza o tipo de instalação e a quantidade de circuitos no eletroduto como parâmetros de cálculo. Com esse coeficiente, é feita uma correção da amperagem da tabela 3. A Tabela 4, conforme a NBR 5140 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) mostra estes valores.

Tabela 4 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004), adaptado pelo autor

A verificação da corrente é obtida através da Equação 3:

$$I_z = I_c \times F_c \quad (3)$$

Fonte: Creder (2015)

No qual I_z é a corrente corrigida, I_c é o valor obtido na tabela 1 e F_c é o Fator de Correção.

2.2.3.3 Condutor Neutro

O condutor neutro é um elemento do circuito ou de um sistema determinado que apresenta a corrente elétrica e a diferença de potencial elétrico nulos em regime permanente, indiferente da sua forma ou natureza, mas mesmo com essas características, o condutor neutro pode ser um condutor ativo. (MUNDO DA ELETRICA, 2022).

Para o dimensionamento desse condutor é necessário o conhecimento da seção do condutor fase que é utilizado como parâmetro. A Tabela 5, conforme a NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), disponibiliza essas seções.

Tabela 5 — Seção reduzida do condutor neutro

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004), adaptado pelo autor

2.2.3.4 Condutor de Proteção ou Terra

O aterramento das massas metálicas de equipamentos elétricos é função do condutor de proteção. Seu dimensionamento visa proteger as pessoas de choques elétricos causados por contato não intencional, como um toque na carcaça de um aparelho que ficou sob tensão por falha do isolamento interno (CREDER, 2015). A Tabela 6, conforme a NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), mostra os valores de área dos cabos de proteção com referência nos condutores fase.

Tabela 6 — Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm ²	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004), adaptado pelo autor

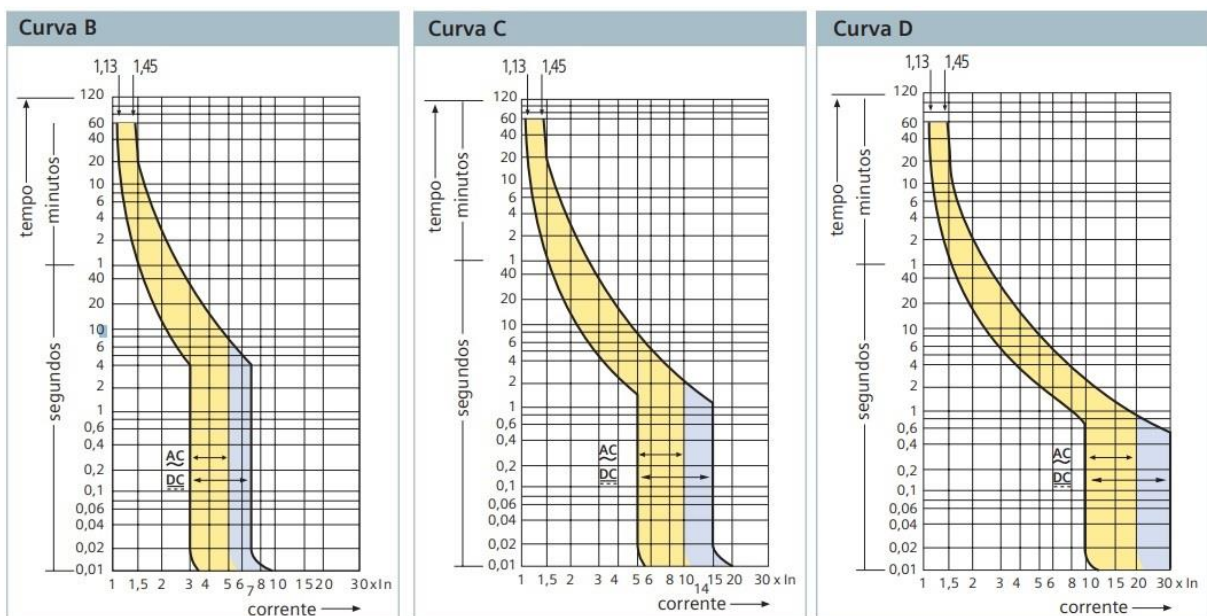
2.2.3.5 Disjuntores

O disjuntor é um dispositivo de proteção termomagnética usado em quadros de distribuição elétrica. O seu funcionamento é parecido com um interruptor de lâmpada, a diferença é que o dispositivo desliga a entrada de energia do imóvel de forma automática, quando detecta os fenômenos de curto circuito e corrente de sobrecarga. Dessa forma, o disjuntor oferece proteção aos equipamentos ligados no circuito (BRUNELLO, 2020).

As normas de proteção NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) e NBR 5459 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) estabelecem que os disjuntores de curva B devem atuar para correntes de curto circuito entre 3 e 5 vezes a corrente nominal, os de curva C atuam entre 5 e 10 vezes o valor de corrente nominal e os de curva D atuam em correntes entre 10 e 20 vezes a corrente nominal (PIRES, 2013)

Os disjuntores de curva B são indicados para cargas resistivas com pequena corrente de partida. Os de curva C são indicados para cargas de média corrente de partida. Por último, os disjuntores de curva D são indicados para cargas de grande corrente de partida (PIRES, 2013). A Figura 8 mostra a curva dos disjuntores.

Figura 8: Curvas B, C e D de um disjuntor



Fonte: SIEMENS (2018)

O dimensionamento do disjuntor aplicado no quadro medidor é determinado pela potência total instalada que determinou o tipo de fornecimento e o tipo de sistema de

distribuição da companhia local, com esses dados se obtém a corrente nominal do disjuntor a ser empregado. (ELEKTRO, 2003)

2.2.3.6 Dispositivos Diferencial Residuais (DR)

Para que não ocorra nenhum acidente ou sinistro, o dispositivo DR protege os usuários contra a corrente de fuga, proteção contra sobrecarga e curto circuito (MICHEL e EDLER, 2018).

Em instalações residenciais, são muito comuns utilizarem os DRs dos tipos bipolar e tetrapolar. Os DRs bipolares são recomendados para serem utilizados em circuitos que exijam uma alta potência como chuveiros elétricos, forno elétrico, entre outros. Além disso, tem o DR tetrapolar que é utilizado em circuitos com menor potência, como tomadas de uso geral e circuitos de iluminação (FAM, 2018). A Figura 9 mostra os DR do tipo bipolar e tetrapolar.

Figura 9: DR tipo bipolar e tetrapolar



Fonte: Schneider (2022)

2.2.3.7 Eletrodutos

O eletroduto é uma tubulação que pode ser feita de diversos materiais, incluindo plástico e polipropileno. Este componente é amplamente utilizado em aplicações para instalações elétricas expostas, seja em ambientes industriais ou comerciais. A função do eletroduto é fornecer proteção mecânica aos cabos que nele são colocados, bem como proteção contra intempéries externas. É possível atribuir a ele a função de combate a incêndios provenientes de superaquecimento de condutores internos. (LIMA FILHO, 2011).

Eletrodutos são conduítes que carregam os fios e cabos elétricos. Normalmente tem de seção circular e sua principal função é proteger e conduzir os condutores elétricos. Nas instalações elétricas abrangidas pela norma NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE

NORMAS TÉCNICAS, 2004) só são admitidos eletrodutos não propagantes de chama. Em instalações elétricas são utilizados os eletrodutos rígidos e eletrodutos flexíveis. A Figura 10 mostra o eletroduto do tipo rígido e a Figura 11 mostra o eletroduto do tipo flexível.

Figura 10: Tubo e conexão de eletroduto rígido



Fonte: Tigre (2022)

Figura 11: Eletroduto flexível corrugado



Fonte: Dimensional (2022)

Segundo Creder (2015) as dimensões dos eletrodutos e suas conexões devem permitir a fácil instalação e remoção dos condutores após a instalação da linha. Com isso, a área máxima a ser utilizada pelos condutores, incluindo o isolamento, deve ser:

- 53% no caso de um condutor
- 31% no caso de dois condutores
- 40% no caso de três ou mais condutores

Logo, o diâmetro interno do eletroduto pode ser determinado pela Equação 4:

$$Di = \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{cond}}{f \times \pi}} \quad (4)$$

Fonte: Creder (2015)

Sendo:

$\sum A_{cond}$: Somatório das áreas externas dos condutores a serem instalados

f = 0,53 no caso de um condutor;

f = 0,31 no caso de dois condutores;

f = 0,40 no caso de três ou mais condutores;

Conforme Creder (2015), se todos os elementos condutores instalados no eletroduto forem de mesma seção, pode-se utilizar a Tabela 7, conforme a NBR 5624 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011), referente aos eletrodutos de aço-carbono e a Tabela 8, da NBR 15465 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), referente aos eletrodutos rígidos de PVC.

Tabela 7: Eletroduto de aço-carbono

Seção nominal mm ²		Quantidade de cabos Noflam BWF 750 V							
		3	4	5	6	7	8	9	10
Cu	Total	Tamanho nominal dos eletrodutos em mm							
1,5	6,2	16	16	16	16	16	16	20	20
2,5	8,6	16	16	16	20	20	20	25	25
4	11,3	16	20	20	20	25	25	25	25
6	14,5	16	20	20	25	25	25	31	31
10	23,8	20	25	25	31	31	31	31	41

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2011), adaptado pelo autor

Tabela 8: Eletroduto rígido de PVC

Seção nominal	Quantidade de cabos Noflam BWF 750 V
---------------	--------------------------------------

mm ²		3	4	5	6	7	8	9	10
Cu	Total	Tamanho nominal dos eletrodutos em mm							
1,5	6,2	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	8,6	16	16	20	20	20	20	25	25
4	11,3	16	20	20	25	25	25	25	25
6	14,5	16	20	20	25	25	32	32	32
10	23,8	20	25	25	32	32	32	40	40

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (15465), adaptado pelo autor

2.2.3.8 Caixa de derivação

As caixas de derivação são utilizadas entre trechos e pontos finais de eletrodutos afim de mudar os eletrodutos de direção ou dar suporte para uma tomada ou interruptor. Segundo Creder (2015), as caixas devem ser colocadas em lugares de fácil acessibilidade e serem providas de tampas. As caixas de saída para alimentação de equipamentos podem ser fechadas pelas placas destinadas a fixação desses equipamentos. A Figura 12 mostra essas caixas.

Figura 12: Caixas de derivação



Fonte: Tigre (2022)

2.2.4 Consumo médio com energia

De acordo com a Enel (2022) as tarifas são separadas em Tarifa de Energia (TE) e Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), no qual cada uma tem um valor independente e depois são somadas. As tarifas são separadas por cor e valores. Cada cor representa um horário ou faixa de horário. A cor vermelha representa o horário de 17:30 as 20:30, a cor amarela representa o horário de 16:30 as 17:29 e 20:31 as 21:30 e a cor verde representa as faixas de horas restantes. A Tabela 9 mostra as faixas e horários e suas tarifas.

Tabela 9: Tarifa de consumo energético no estado do Ceará

	VERDE			AMARELA		
	Kwh			kwh		
RESIDENCIAL NORMAL	TUSD	TE	TUSD + TE	TUSD	TE	TUSD + TE
		0,41373	0,29561	0,70934	0,41373	0,30904
	VERMELHO PAT 1			VERMELHO PAT 2		
	Kwh			kwh		
	TUSD	TE	TUSD + TE	TUSD	TE	TUSD + TE
	0,41373	0,39053	0,80426	0,41373	0,43761	0,85134

Fonte: Enel (2022)

O chuveiro elétrico é um equipamento que tem uma potência alta e, assim, um custo elevado. No pagamento da conta energética, a unidade utilizada é o quilowatt-hora (kWh). Para se chegar nessa unidade é utilizada a potência nominal do aparelho e multiplicando pelo tempo de utilização, em horas. O valor é dividido por mil para a transformação de Watts em Quilowatt, como mostra a Equação 5.

$$Custo (R\$) = \frac{Potência (w) \times tempo (h) \times tarifa}{1000} \quad (5)$$

Fonte: ENEL (2021)

2.3 Gás liquefeito de petróleo – GLP

O GLP é um combustível composto essencialmente por dois gases extraídos do petróleo: o butano e o propano. Além desses gases, pode se ter, em menor quantidade, outros hidrocarbonetos como o etanol. O gás é incolor e para tornar mais seguro o uso do produto adiciona-se uma substância a base de enxofre que exala ao ocorrer algum tipo de vazamento (ANP, 2021). Esse tipo de gás é comercializado em reservatórias que podem variar entre 5kg a 45kg. Também tem a opção de reservatório de 90kg, mas está em desuso. A Figura 13 mostra alguns tipos de reservatório de 5 a 45 kg de GLP.

Figura 13: Reservatórios de GLP



Fonte: Fogas, 2021.

Segundo ANP (2016 apud CHAGAS, 2018 p. 16), o gás além da climatização, pode ser utilizado para diversas finalidades, como exemplo: fundição e cortes de solda, produção alimentícia, moldagem e acabamento de vidros, secagem de grãos, fabricação de borracha e papel.

Essas variações nos reservatórios desse gás dependem da necessidade de quantidade que os usuários irão utilizar e do modo de armazenamento do produto. A Tabela 10 mostra alguns reservatórios e seu uso mais comum.

Tabela 10: Modelos e capacidade de armazenamento de GLP

CÓDIGO	VOLUME LIQUIDO	PESO LIQUIDO	USO MAIS COMUM
P-5	12 LITROS	5 KG	USO DOMESTICO
P-13	31,5 LITROS	13 KG	USO DOMESTICO
P-20	48 LITROS	20 KG	USO EM EMPILHADEIRAS GLP
P-45	108 LITROS	45 KG	DOMESTICO E INDUSTRIAL

Fonte: Mello (2011)

É importante ressaltar que o GLP tem o rendimento de 11.900 Kcal/kg (ULTRAGAZ, 2021). Esse rendimento implica na utilização dos equipamentos quanto maior

for a relação Kcal/volume, maior será o rendimento do gás e, com isso, um menor consumo para os equipamentos.

2.3.1 Custo do GLP

Segundo a Tribuna de Limeira (2021) o GLP tem 0,415 m³ por kg em um botijão de cozinha, o que daria 2,075 m³ em um reservatório de 5 kg, 5,4 m³ em um reservatório de 13 kg, 8,3 m³ em um reservatório de 20 kg e 18,7 m³ em um reservatório de 45 kg. Segundo o jornal O Povo (2022), o custo médio do gás de cozinha é de R\$20,95 por m³ na cidade de Fortaleza. Com esses dados é possível elaborar a Tabela 11.

Tabela 11: Valores por metro cúbico de GLP

Capacidade do reservatório	Volume (m ³)	Valor final com tributos (R\$)
5kg	2,075	43,47
13kg	5,4	113,13
20kg	8,3	173,89
45kg	18,7	391,77

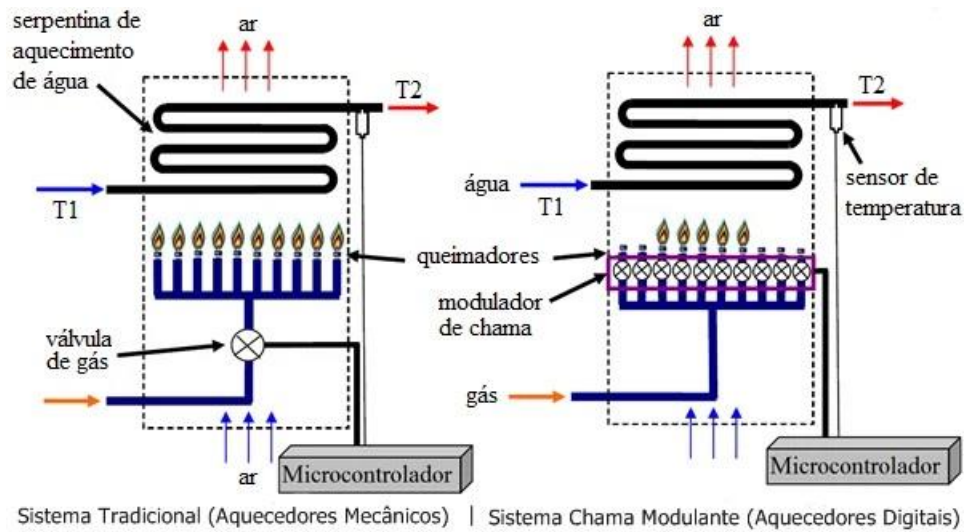
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

2.4 Aquecedor a gás

O aquecedor de água se refere a um equipamento térmico que consiste em aquecer a água através de uma chama, que é mantida por meio da contínua alimentação de um determinado combustível, como o GLP ou gás natural. (PEREIRA, 2018).

Os sistemas de aquecimento de água são equipamentos, dispositivos e acessórios com o objetivo de converter a fonte de energia em calor e transferi-lo para a água a ser consumida, na quantidade e temperatura desejada, sendo o aquecedor o principal elemento do sistema. (CHAGURI, 2009). A Figura 14 mostra o funcionamento de um aquecedor.

Figura 14: Funcionamento de um aquecedor a gás



Fonte: Tudo house (2022)

2.4.1 Sistema central privado

Segundo Gugel (2005) esse sistema produz a água quente dentro da própria residência. Além disso, os aparelhos de aquecimento para esse sistema podem ser instantâneos, no qual a água vai sendo aquecida na medida que passa pelo aquecedor e sendo utilizada posteriormente. A Figura 15 mostra um aquecedor com central privada.

Figura 15: Sistema central privado



Fonte: acervo do autor (2022)

2.4.2 Dimensionamento do sistema de aquecimento a gás

O sistema de aquecimento a gás é composto pelo aquecedor e pelas tubulações de água fria e gás. Os tópicos a seguir mostrarão como é feito esse dimensionamento.


2.4.2.1 Dimensionamento do aquecedor de passagem e da tubulação de entrada

Para o dimensionamento do aquecedor é necessário ter conhecimento sobre as especificações de cada modelo. O modelo utilizado nesse trabalho será o aquecedor de 32,5 litros da Rinnai pois a unidade residencial do edifício a ser estudado foi projetada para receber 9 pessoas. A Figura 16 mostra as especificações fornecidas pelo fabricante:


Figura 16: Especificações do aquecedor de passagem 32,5 litros

Características técnicas


Características	GLP	GN
Potência nominal	52,7 kW 45.300 kcal/h	52,7 kW 45.300 kcal/h
Rendimento	86%	86%
Dimensões (mm) AxLxP	600x350x170	
Peso	14 kg	
Diâmetro da chaminé	Ø80 mm	
Consumo máximo gás	3,82 kg/h	4,76 m³/h
Entrada de gás	G 3/4"	
Entrada/ saída de água	R 3/4"	
Tensão Elétrica	220/127 V (Chave Seletora de Tensão)	
Vazão de água (no misturador) na condição padrão elevado a temperatura em $\Delta t 20^{\circ}\text{C}$	32,5 l/min	32,5 l/min
Pressão mínima para acionamento	4 mca	
Pressão máxima	60 mca	
Pressão Ideal ¹	7 - 30 mca	
Vazão mínima para acionamento	4 l/min	
Pressão de gás	280 mmca	200 mmca
Consumo Elétrico	61 W	
Consumo Elétrico Stand - by	1,5 W	



Fabricado no Brasil





Acessório WiFi²




Ajuste de temperatura (Standart e Top)³

Também nas cores






Uso Residencial




Sistemas de Segurança Integrados

3


Anos de Garantia⁴




Exaustão Forçada B₂₃




4 duchas
8 l/min




3 duchas
10 l/min



2 duchas
15 l/min



1 ducha
20 l/min



1 ducha
25 l/min

Fonte: Rinnai (2022)

Além disso, é necessário saber as peças que serão atendidas pela água quente. Após isso, será calculada a vazão que essas peças utilizam. A Tabela 12, conforme a NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998), mostra os valores de vazão de projeto em litros por segundo.

Segundo Chaguri (2009), os aquecedores de passagem, devido às suas características de funcionamento e limitações, são dimensionados conforme a demanda instantânea dos pontos de consumo no momento mais crítico de uso, o "horário de pico".

Tabela 12: Vazão e pesos relativos de aparelhos sanitários

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
	Válvula de descarga	1,70	32
Banheira	Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro	Registro de pressão	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
	Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque	Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim	Torneira	0,20	0,4

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1998), adaptado pelo autor

A vazão do aquecedor será obtida através da Equação 6:

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum P} \quad (6)$$

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1998), adaptado pelo autor

Essa vazão é dividida por 2 pois a saída de água de um ponto hidráulico, que utiliza água quente, é composta por 50% de água fria e 50% de água quente.

Para dimensionar a tubulação de água, utiliza-se a Equação 7 para encontrar o diâmetro da tubulação:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (7)$$

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1998), adaptado pelo autor

No qual:

Q = Vazão

V = Velocidade, tem varia entre 1 e 3 m/s

$$\Pi = P_i (3,14)$$

2.4.2.2 Dimensionamento da tubulação de gás

A tubulação de gás, no qual é utilizado o cobre, é dimensionada a partir dos aparelhos que consomem gás na residência. A medida de consumo desses aparelhos é quilocaloria por hora. A Tabela 13, conforme a NBR 15526 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), informa os valores por equipamento.

Tabela 13: Consumo de aparelhos que utilizam gás

Aparelhos a gás	Características	Potência nominal média kW	Potência nominal média kcal/h
Fogão 2 bocas	Portátil	2,9	2 494
Fogão 2 bocas	De bancada	3,6	3 096
Fogão 4 bocas	Sem forno	8,1	6 966
Fogão 4 bocas	Com forno	10,8	9 288
Fogão 5 bocas	Sem forno	11,6	9 976
Fogão 5 bocas	Com forno	15,6	13 390
Fogão 6 bocas	Sem forno	11,6	9 976
Fogão 6 bocas	Com forno	15,6	13 391
Forno	De parede	3,5	3 010
Aquecedor de passagem	6 L/min	11,2	9 600
Aquecedor de passagem	8 L/min	14,3	12 308
Aquecedor de passagem	10-12 L/min	17,4	15 000
Aquecedor de passagem	15 L/min	20,9	18 000
Aquecedor de passagem	18 L/min	26,2	22 500
Aquecedor de passagem	30 L/min	43,6	37 500
Aquecedor de passagem	32,5 L/min	53,7	47 000

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2007), adaptado pelo autor

Segundo a Sulgás (2020), O dimensionamento da tubulação é calculado utilizando o somatório das potências dos aparelhos utilizados em kcal/h, multiplicando por um fator de simultaneidade, que em consumos maiores que 1.200.000 kcal/h (caso de um edifício) é 0,23. Com a potência adotada, o dimensionamento da tubulação é feito por trechos, como mostra a Equação 8:

$$V = \frac{354 * Q}{(Pm + 1,033) * Di^2} \quad (8)$$

Fonte: Sulgás (2020)

No qual:

Q = Vazão, em m^3/h ($1 \text{ m}^3/\text{h} = \text{aproximadamente } 8600 \text{ kcal/h}$)

V = Velocidade, não pode ultrapassar de 20 m/s

P_m = Pressão absoluta no final do trecho, em *bar*

D_i = Diâmetro interno da tubulação

2.5 Materiais para água quente

A tubulação hidráulica pode ser feita de PVC, PPR e CPVC que são os mais usados com frequência no mercado, pois são os mais conhecidos bem como os mais simples de realizar o dimensionamento pois são padronizados pelas normas e tem uma máquina mais acessível de realizar a execução da instalação. Somente no caso do PPR pode ser necessária mão de obra especializada devido aos métodos de instalação e manutenção (OLIVE e PEREIRA, 2018).

2.5.1 PVC

O PVC (Policloreto de Vinila) é recomendado para instalações de água fria e é comumente utilizado em projetos de pequeno porte devido ao seu baixo custo e não necessitar de mão de obra especializada. Os tubos de PVC podem ser utilizados em diversos projetos ou reformas, sejam eles residenciais, industriais ou comerciais, e possuem pressão de serviço de até 75 m.c.a. e vida útil de 50 anos. As tubulações deste material podem suportar temperaturas de até 20°C , tornando-o inadequado para sistemas de água quente (OLIVE, PEREIRA, 2018). A Figura 17 mostra uma tubulação de PVC.

Figura 17: Tubulação e conexões em PVC



Fonte: Tigre (2021)

2.5.2 CPVC

O CPVC (cloro de polivinil clorado) é bastante semelhante ao PVC usado em água fria e compartilha algumas características, como resistência à corrosão. A principal diferença entre CPVC e PVC é a adição de cloro à composição química, que resulta em aumento da resistência a pressões e temperaturas. A cor bege é o padrão para tubos de CPVC. A principal vantagem do CPVC é sua facilidade de instalação. As suas conexões são feitas usando juntas soldáveis e um adesivo específico, permitindo maior velocidade na execução. Quando comparado ao cobre, o CPVC tem um custo muito menor o que atrai muitos construtores (GODOY, 2020). A Figura 18 mostra a imagem de uma tubulação de CPVC.

Figura 18: Tubulação e conexões de CPVC

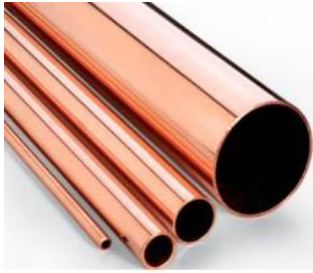


Fonte: Sodimac (2022)

2.5.4 Cobre

Muito utilizado em projetos de troca de calor, como caldeiras e ar condicionado, o uso da tubulação de cobre vem ganhando espaço no mercado por suas características únicas que a tornam mais durável do que os outros produtos. As ligas de cobre possuem excelente condutividade térmica, logo são mais indicadas para o manuseio de água quente e gases no interior das tubulações. Além da condutibilidade térmica, o cobre apresenta outras vantagens, como: durabilidade, baixa possibilidade de corrosão e é um material reciclável (COPPERMETAL, 2020). A Figura 19 mostra uma tubulação de cobre.

Figura 19: Tubulação e conexões de cobre



Fonte: Petromax (2022)

3 METODOLOGIA

O estudo em questão se trata de uma pesquisa qualitativa e quantitativa, de natureza aplicada, com os objetivos exploratórios e o seu procedimento é um estudo de caso.

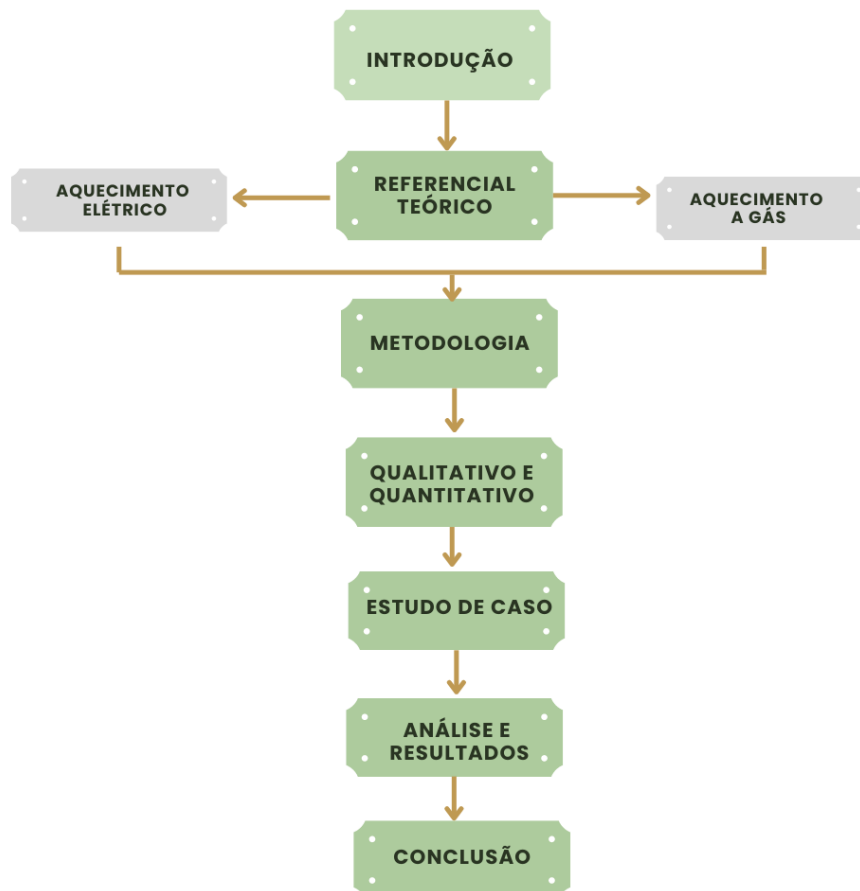
Segundo Wainer (2007), a pesquisa quantitativa é baseada na medida de poucas variáveis objetivas, na ênfase em comparação de resultados e no uso intensivo de técnicas estatísticas. Além disso, a pesquisa qualitativa tem como base a observação cuidadosa dos ambientes onde o sistema está sendo usado e do entendimento das perspectivas dos usuários.

No estudo em questão, será utilizada a pesquisa qualitativa para determinar qual sistema trará melhor custo benefício aos usuários e será utilizada a pesquisa quantitativa para quantificar os dados do estudo.

3.1 Fluxograma

Com o formato de fluxograma, a estrutura do trabalho será apresentada. A Figura 20 mostra como será apresentado a pesquisa que será feita.

Figura 20: Fluxograma do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

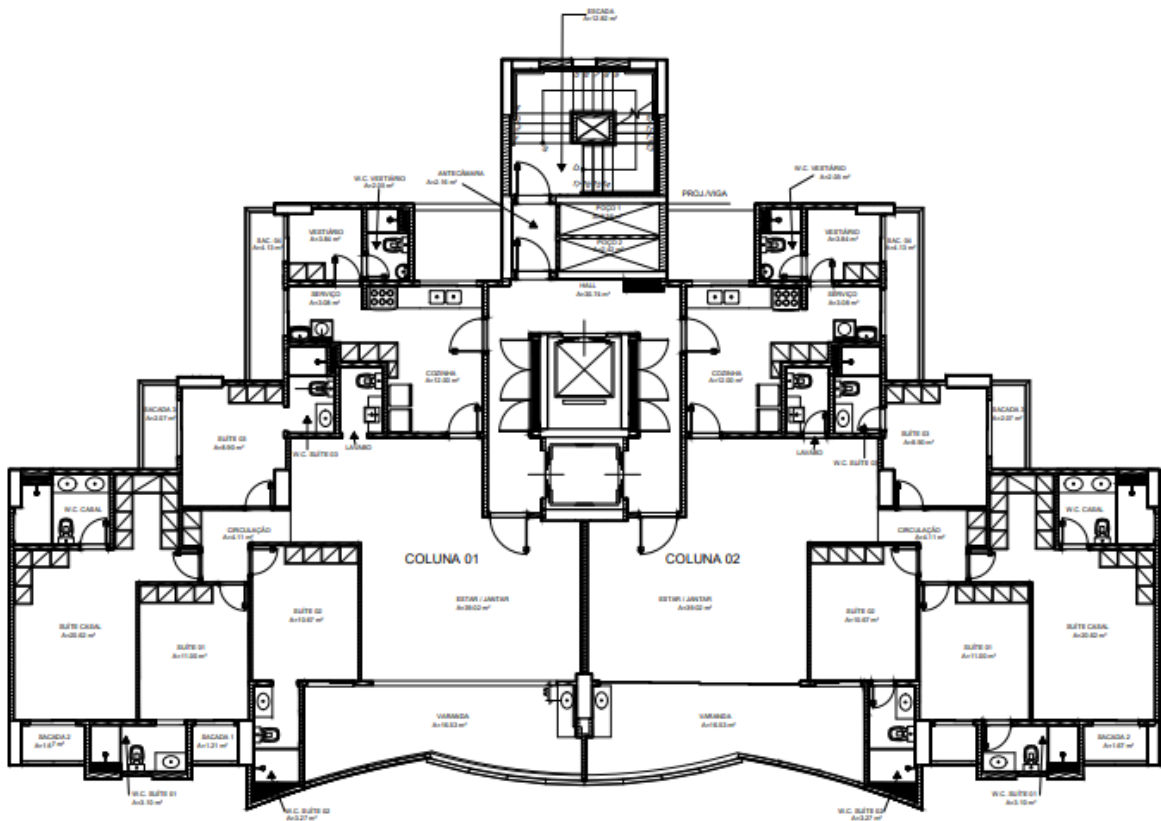
3.2 Estudo de caso

Este tópico mostra a descrição do empreendimento e da unidade residencial, junto com suas plantas, além de descrever como se baseará o estudo.

3.2.1 Descrição do empreendimento

O empreendimento em estudo fica localizado na cidade de Fortaleza - CE, no bairro Cocó, sendo considerado um edifício de alto padrão. Essa edificação é composta de 23 pavimentos constituídos por 2 subsolos, pavimento térreo, pavimento lazer, 19 pavimentos tipo com dois apartamentos por andar. A Figura 21 mostra a planta do pavimento tipo dessa edificação.

Figura 21: Pavimento tipo da edificação



Fonte: Acervo do autor

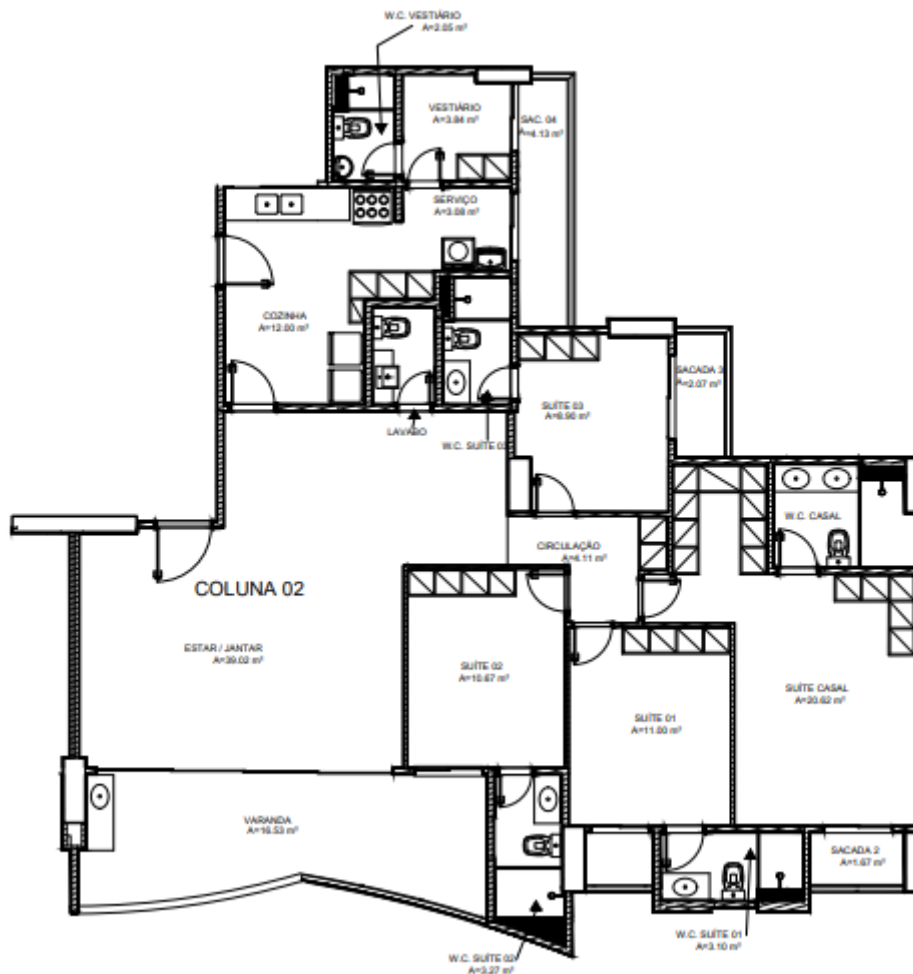
3.2.2 Descrição da unidade habitacional

Os 38 apartamentos do edifício contêm 176,42 m² cada, compostos por 4 suítes (4 dormitórios junto com banheiros), 1 sala de jantar e estar, 1 lavabo, 3 sacadas, 1 varanda, 1 cozinha, 1 área de serviço, 1 vestiário e 1 banheiro do vestiário. Como o cálculo da população

é feito através das quantidades de dormitórios, então a população estimada de cada unidade será de 9 pessoas, tendo em vista que o vestiário só comporta uma pessoa.

Os banheiros da edificação são compostos por pontos hidráulicos de chuveiro, lavatório, ducha e vaso sanitário, no qual o chuveiro será o ponto com mais relevância no estudo pois é o equipamento que mais necessita de água quente. A Figura 22 mostra a unidade residencial da edificação.

Figura 22: Planta baixa da unidade residencial



Fonte: Acervo do autor

A metodologia da pesquisa se dará na verificação da implementação do sistema de aquecimento de água utilizando o chuveiro elétrico e a torneira elétrica. A edificação foi executada com o sistema de aquecimento que utiliza o aquecedor de passagem com o gás GLP. Os projetos hidráulicos, junto com os isométricos, combatem a incêndio e elétrico, que foram

fornecidos pela Construtora X, serão analisados para cada sistema para que possam ser feitos os quantitativos e orçamentos para cada situação.

Primeiramente, será verificada a viabilidade do sistema com aquecedor de passagem, utilizando o gás liquefeito de petróleo (GLP). Também será verificado o sistema com a tubulação de CPVC para a água quente, que será contemplada no sistema de aquecimento a gás e retirada no sistema de aquecimento elétrico.

Para as instalações de gás, no sistema de aquecimento elétrico, o aquecedor de passagem será retirado junto com a sua tubulação, deixando apenas a alimentação de fogão e churrasqueira.

Na parte de projeto elétrico o projeto inicial será mantido para a análise do sistema com o aquecedor de passagem. No sistema proposto, será redimensionado o quadro de cargas, os circuitos para os chuveiros elétricos e torneira elétrica serão dimensionados junto com cabos, disjuntores e eletrodutos para posteriores análises.

É importante salientar que os quantitativos feitos durante a construção da edificação serão utilizados como base para o trabalho. Esses quantitativos serão atualizados e modificados, conforme necessidade, para o sistema de aquecimento de água utilizando a energia elétrica.

Por último, será visto o custo de construção de cada sistema, com valores atuais de mercado, e operacional, com as tarifas atuais cobrada pela concessionária de energia elétrica do estado do Ceará e distribuidoras de gás GLP.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

4.1 Projeto executado com o sistema de aquecimento a gás

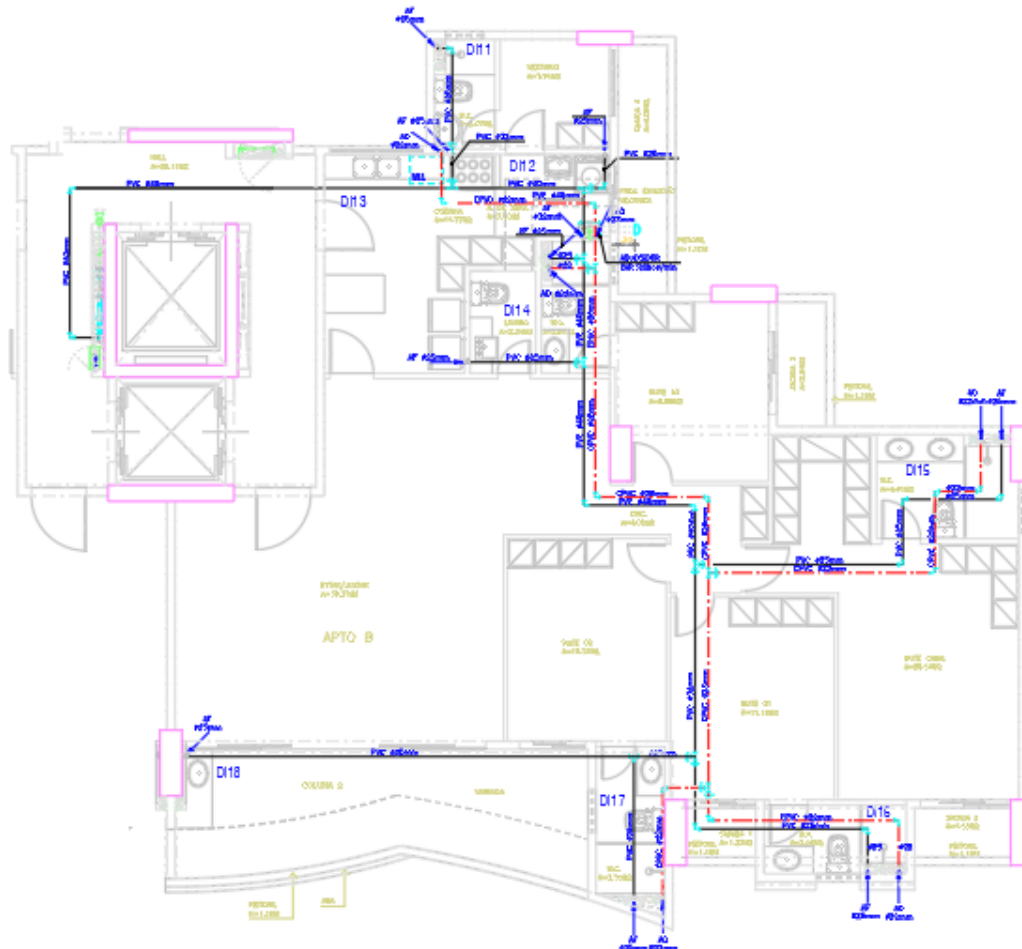
Abaixo serão mostrados os projetos que compõe o sistema de aquecimento a gás.

4.1.1 Projeto Hidráulico

O projeto hidráulico da edificação possui os sistemas de água fria e água quente. As quatro suítes possuem sistema de aquecimento de água através do aquecedor de passagem, que foi feita uma infraestrutura para atender um aquecedor com uma vazão de 32,5 litros por minuto. Além disso, a cozinha possui ponto de água quente para o abastecimento de uma torneira.

Na planta baixa do apartamento tipo, a tubulação de água quente foi executada com CPVC (aquatherm) como mostra a Figura 23 no qual a tubulação azul é de água fria e a vermelha de água quente.

Figura 23: Projeto hidráulico com o sistema a gás

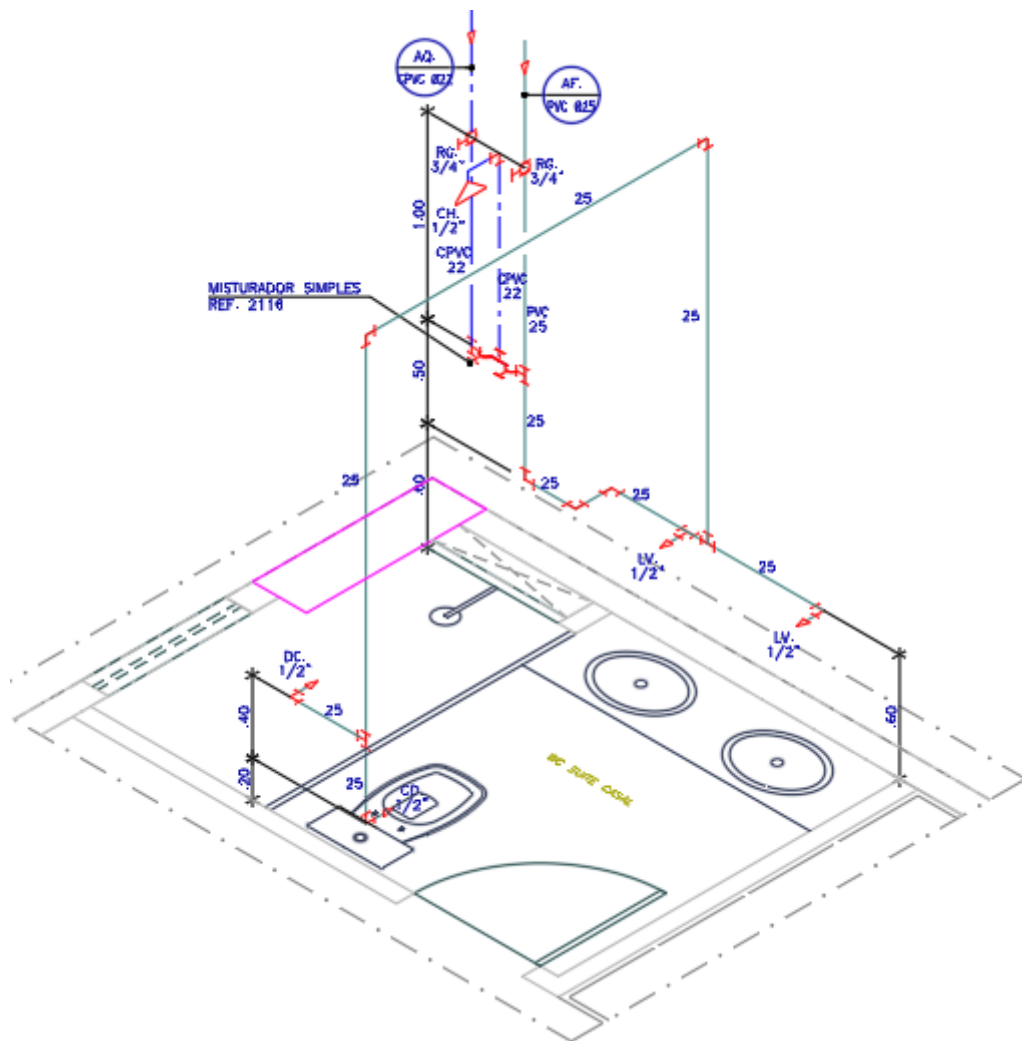


Fonte: Construtora X (2022)

4.1.1.1 Isométrico da suíte casal

O banheiro do dormitório de casal é composto de uma bancada que tem dois lavatórios, uma bacia sanitária, ponto de ducha higiênica e chuveiro que utiliza um registro de monocomando. A Figura 24 mostra o detalhe isométrico dessa suíte.

Figura 24: Isométrico da suíte casal do sistema a gás

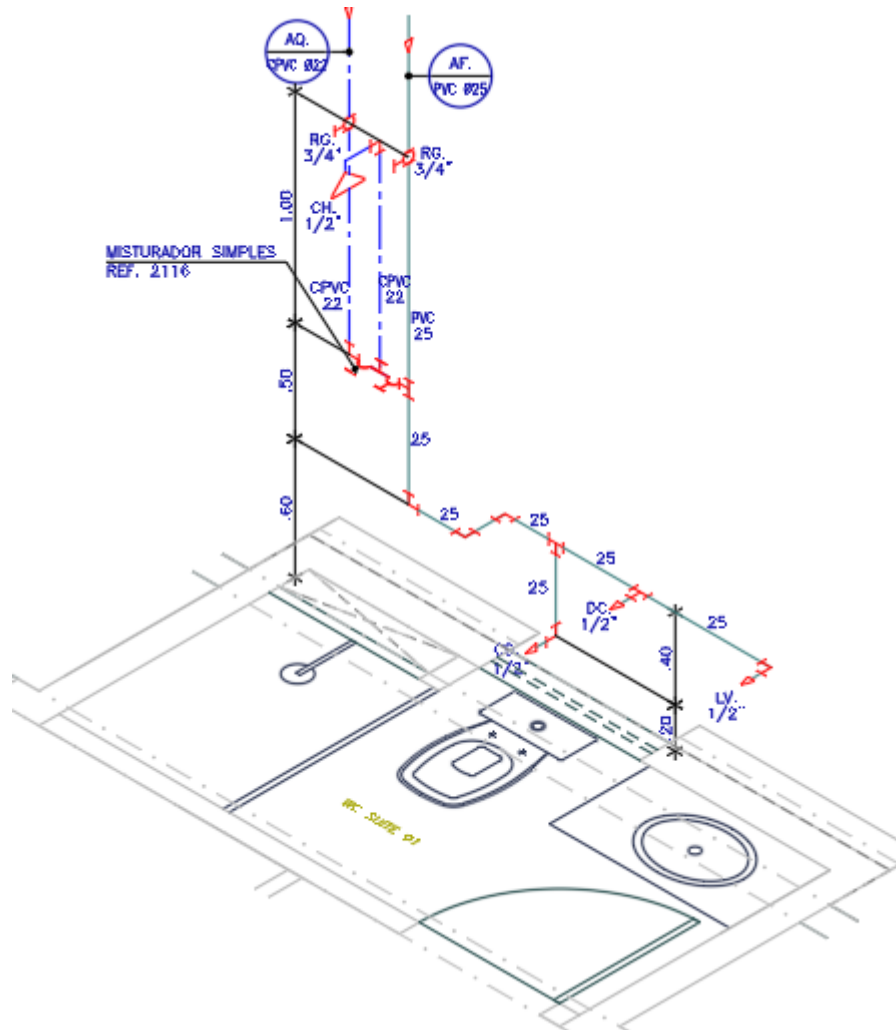


Fonte: Construtora X (2022)

4.1.1.2 Isométrico da suíte 1

No banheiro do dormitório 1 se tem de um lavatório simples, uma bacia sanitária, ponto de ducha higiênica e chuveiro que utiliza um registro de monocomando. A Figura 25 mostra o detalhe isométrico dessa suíte.

Figura 25: Isométrico da suíte 1 do sistema a gás

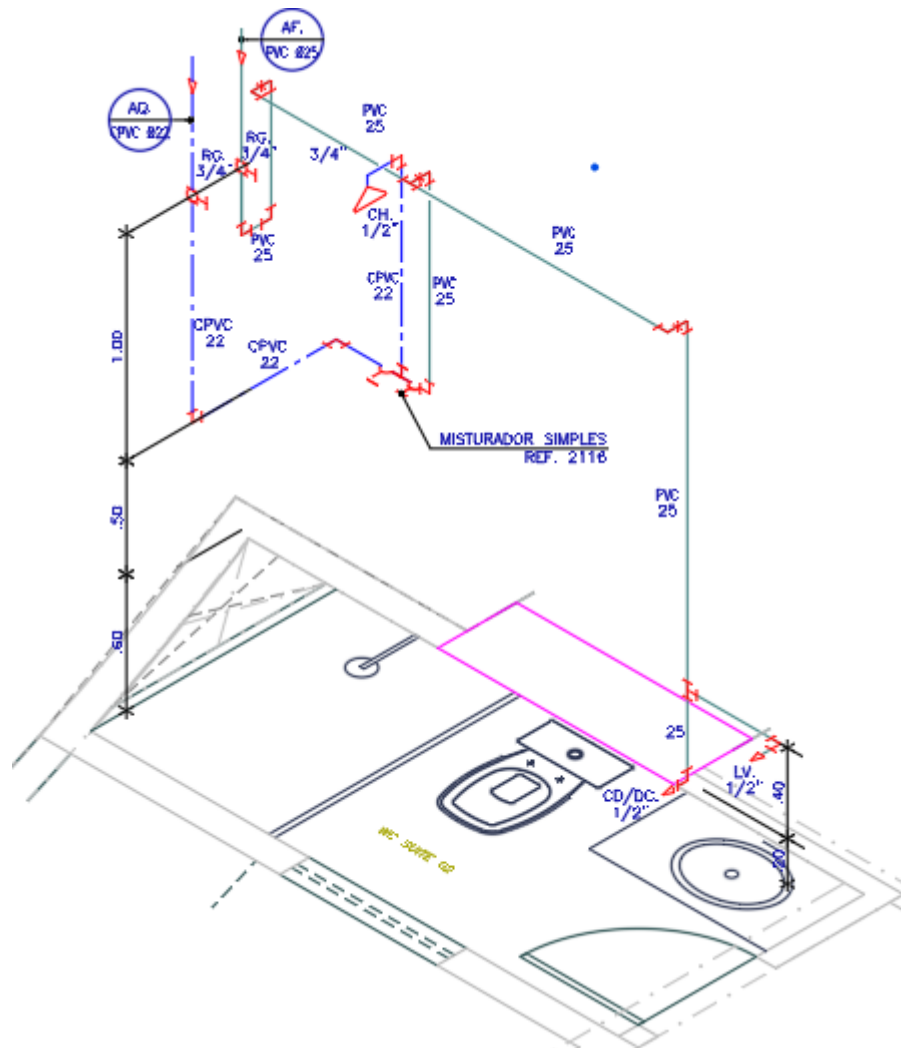


Fonte: Construtora X (2022)

4.1.1.3 Isométrico da suíte 2

No banheiro do dormitório 2 existe um lavatório simples, uma bacia sanitária, ponto de ducha higiênica e chuveiro que utiliza um registro de monocomando. A Figura 26 mostra o detalhe isométrico dessa suíte.

Figura 26: Isométrico da suíte 2 do sistema a gás

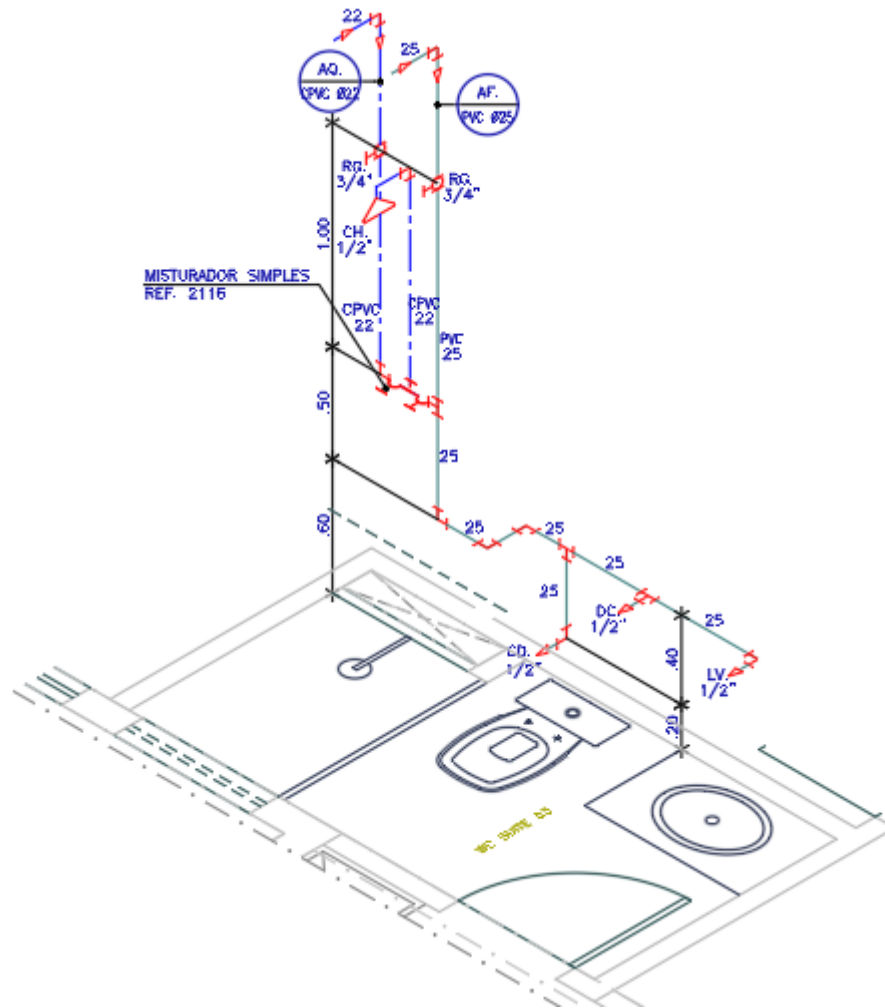


Fonte: Construtora X (2022)

4.1.1.4 Isométrico da suíte 3

O banheiro do dormitório 3 é composto de um lavatório simples, uma bacia sanitária, ponto de ducha higiênica e chuveiro que utiliza um registro de monocomando. A Figura 27 mostra o detalhe isométrico dessa suíte.

Figura 27: Isométrico da suíte 3 do sistema a gás

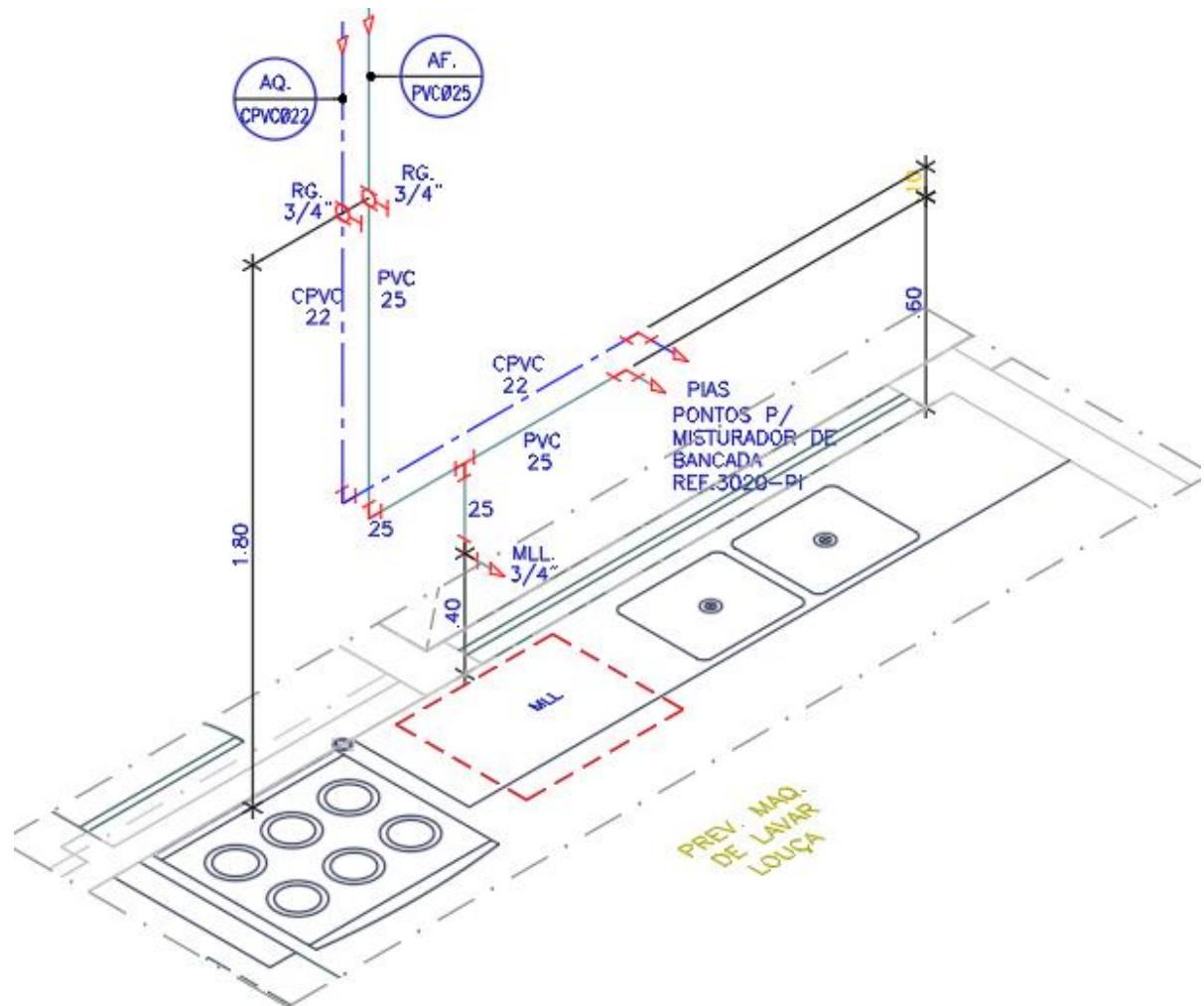


Fonte: Construtora X (2022)

4.1.1.5 Isométrico da cozinha

Na cozinha do apartamento se tem uma pia com pontos de água quente e fria, e ponto para máquina de lavar louça. A Figura 28 mostra o detalhe isométrico da cozinha.

Figura 28: Isométrico da cozinha do sistema a gás

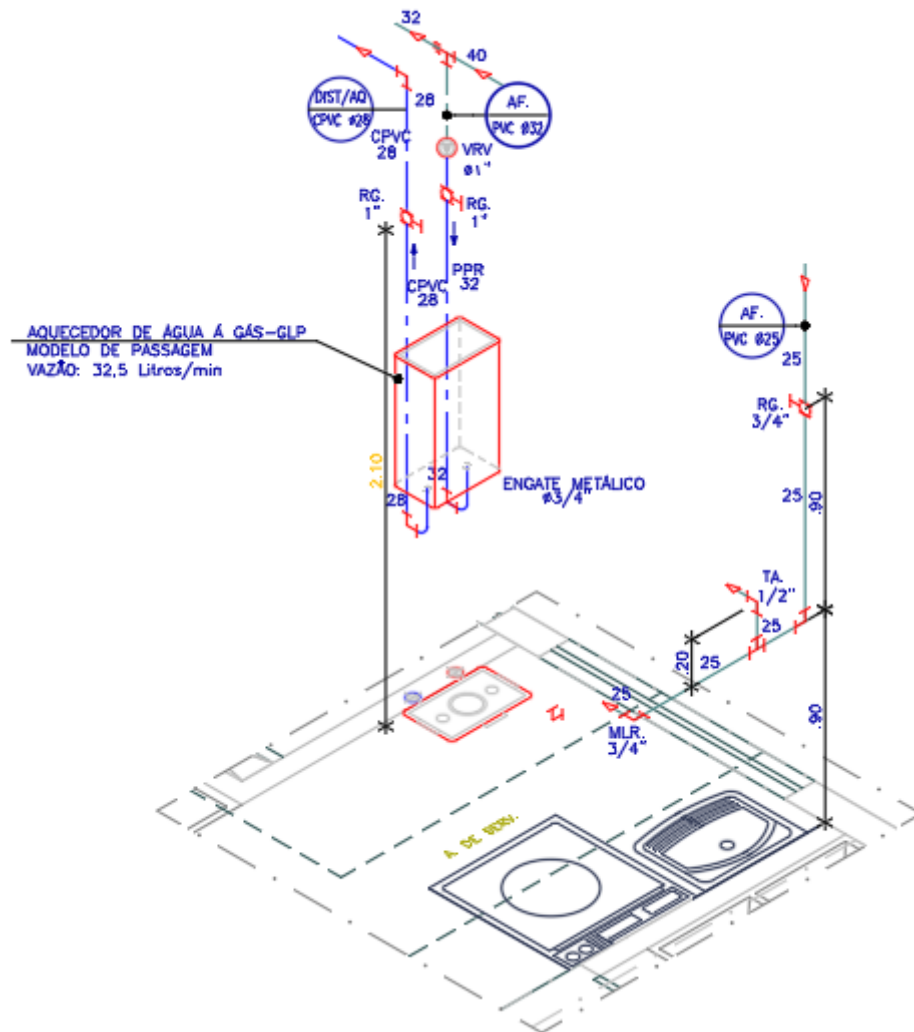


Fonte: Construtora X (2022)

4.1.1.6 Isométrico da área de serviço

A área de serviço do apartamento é composta de tanque para lavar roupas, ponto hidráulico para máquina de lavar roupa e o aquecedor de passagem. A Figura 29 mostra o detalhe isométrico da área de serviço.

Figura 29: Isométrico da área de serviço do sistema a gás

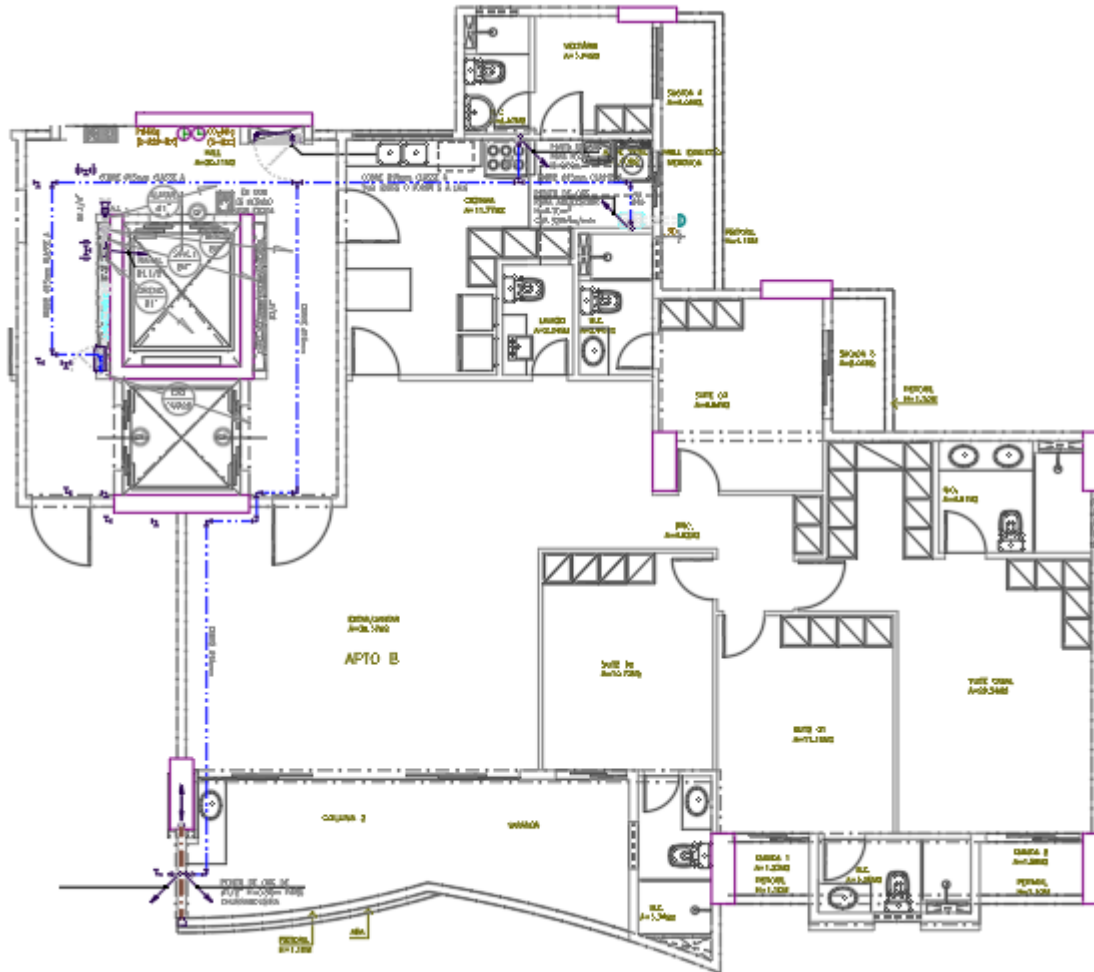


Fonte: Construtora X (2022)

4.1.2 Projeto gás

O projeto de gás foi realizado para alimentar um fogão, uma churrasqueira e um aquecedor de passagem, sendo a tubulação utilizada de cobre. A Figura 30 mostra o projeto de gás que é composto pelo aquecedor de passagem.

Figura 30: Projeto de gás do sistema a gás



Fonte: Construtora X (2022)

4.2 Projeto proposto com o uso do chuveiro elétrico e torneira elétrica

Abaixo serão mostrados os projetos que compõem o sistema de aquecimento elétrico.

4.2.1 Projeto elétrico

O Projeto elétrico executado da edificação contempla 7 tomadas de uso específico (TUE), no qual são 5 para os ar condicionado, 1 para a máquina de lavar roupa e 1 para a máquina de lavar louça. O projeto foi dividido em 13 circuitos e conta com mais 3 de reserva. A potência total do apartamento é de 16.420 W. Os alimentadores da edificação têm bitola de 6mm² tanto para a fase, neutro e proteção, do 1º ao 8º pavimento tipo. Por conta da queda de tensão, o 9º ao 19º pavimento tipo tem a bitola de 10mm², para os condutores citados. A Figura 31 mostra o quadro de carga de um apartamento.

Figura 31: Quadro de cargas elétrico do sistema a gás

QUADRO DE CARGAS DO QL DOS APTOS. TIPO

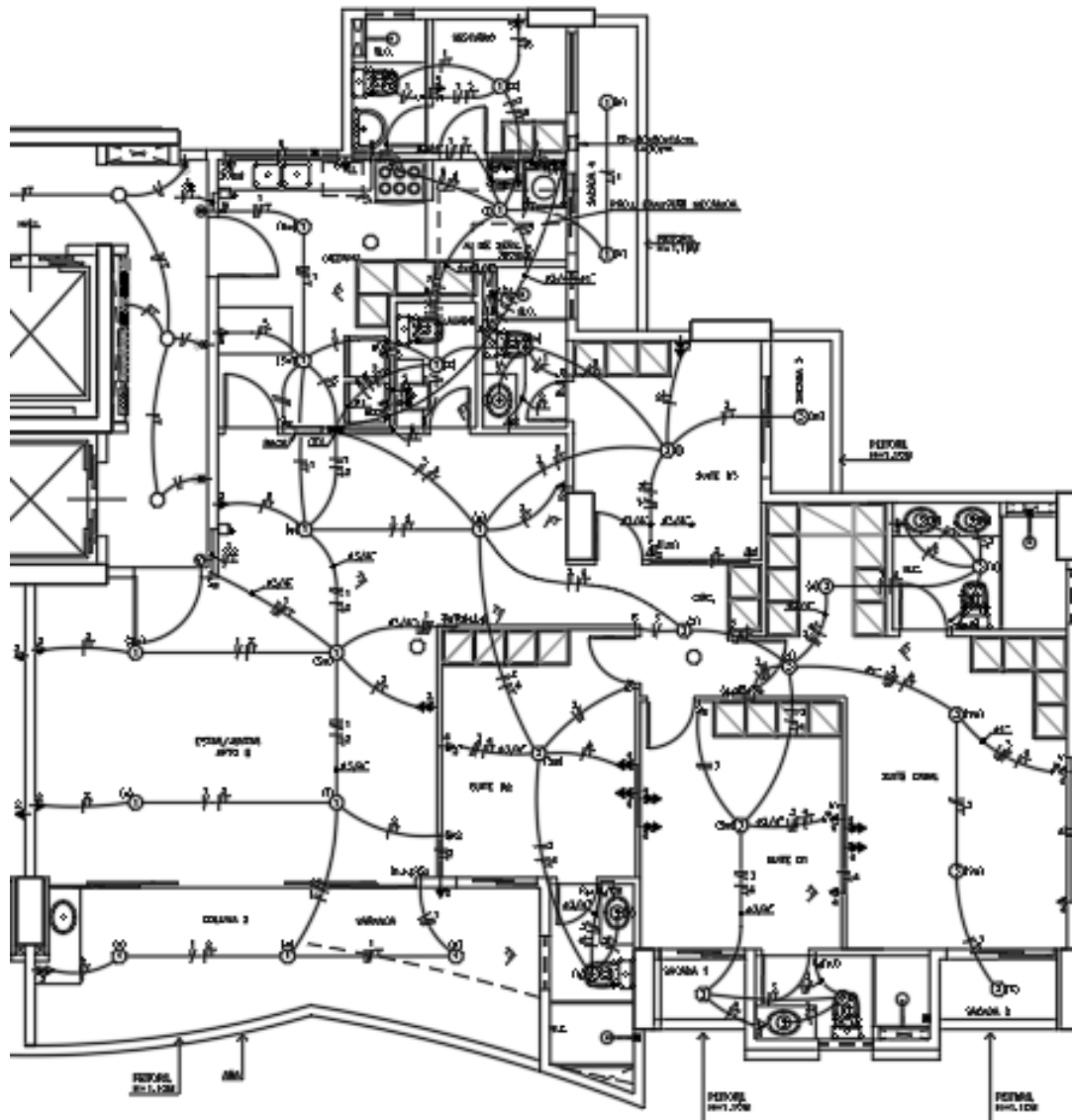
QUADRO	CIRCUITO	LÂMPADAS (W)				TOMADAS (W)			POTENCIA TOTAL (W)	CONDUTOR (mm ²)	PROTEÇÃO (A)	BALANCEAMENTO DE FASES		
		14	28	60	150	100	300	600				FASE 'R'	FASE 'S'	FASE 'T'
QL APTO.	1			19					1.140	2n1,5+Tn1,5	16	1.140		
	2					12			1.200	2n2,5+Tn2,5	16		1.200	
	3			18					1.080	2n1,5+Tn1,5	16			1.080
	4					14			1.400	2n2,5+Tn2,5	16	1.400		
	5					4	2	2	2.200	2n2,5+Tn2,5	16		2.200	
	6		MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA						1.500	2n2,5+Tn2,5	16	1.500		
	7		MÁQUINA DE LAVAR ROUPA						1.500	2n2,5+Tn2,5	16		1.500	
	8		AR CONDICIONADO 24.000 BTUS						2.400	2n2,5+Tn2,5	20			2.400
	9		AR CONDICIONADO 7.000 BTUS						700	2n2,5+Tn2,5	16	700		
	10		AR CONDICIONADO 9.000 BTUS						900	2n2,5+Tn2,5	16		900	
	11		AR CONDICIONADO 9.000 BTUS						900	2n2,5+Tn2,5	16			900
	12		AR CONDICIONADO 12.000 BTUS						1.200	2n2,5+Tn2,5	16	1.200		
	13		ALIMENTA RACK						300	2n2,5+Tn2,5	10		300	
	14		RESERVA								10			
	15		RESERVA								10			
	16		RESERVA								10			
T O T A L									16.420	3n6(6)+Tn6	DR 40	5.240	6.700	4.480
T O T A L									16.420	3n10(10)+Tn10	DR 40			

OBS.: UTILIZAREMOS DISPOSITIVO DR GERAL DE 40A NO QL DO APTO. E DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR DE 32A NO CENTRO DE MEDIÇÃO. DEVIDO A QUEDA DE TENSÃO UTILIZAREMOS OS CABOS 3n6(6)+Tn6mm² DO 1º AO 8º. PAV. TIPO 3n10(10)+Tn10mm² DO 9º AO 19º PAV. TIPO.

Fonte: Construtora X (2022)

O projeto elétrico foi realizado de acordo com a demanda do quadro de cargas. A Figura 32 mostra o projeto elétrico executado de uma unidade.

Figura 32: Projeto elétrico do sistema a gás



Fonte: Construtora X (2022)

O projeto elétrico do sistema proposto foi elaborado para retirar o aquecedor de passagem com a tubulação de água quente e substituir esses itens pelos chuveiros elétricos e a torneira elétrica, realizando o aquecimento de água a partir da eletricidade. Para o dimensionamento do sistema elétrico, será adotado o chuveiro elétrico blindado da marca Lorenzetti com potência de 7500 watts. A torneira elétrica também será da marca Lorenzetti e possui uma potência de 5500 watts. O modelo de chuveiro elétrico foi escolhido pelo fato de ter uma blindagem na sua resistência, o que dificulta a queima do componente. O modelo da torneira elétrica foi escolhido por conta da avaliação desse produto no mercado. O método de instalação será o B1 com 2 condutores carregados. Para o dimensionamento dos condutores foi realizado o cálculo a partir da Equação 2 e da Tabela 3.

$$\text{Corrente do chuveiro } (i) = \frac{7500}{220}$$

$$\text{Corrente do chuveiro } (i) = 34,09 \text{ A}$$

$$\text{Corrente da torneira } (i) = \frac{5500}{220}$$

$$\text{Corrente da torneira } (i) = 25,00 \text{ A}$$

Com esse resultado, será adotado um condutor fase com a bitola de 6 mm² para o chuveiro elétrico e 4 mm² para a torneira elétrica. Verificando a Tabela 5 e 6 o condutor neutro terá a mesma seção do condutor fase, para cada circuito, assim como o cabo proteção.

O disjuntor para o circuito do chuveiro elétrico deverá ter o valor mínimo da corrente do circuito. Para o chuveiro em estudo, será adotado o disjuntor comercial de 36 A. O disjuntor do circuito da torneira elétrica deverá ser um modelo de 25 A.

Com o novo balanceamento das fases, a fase mais carregada obteve uma potência de 16.800W. Para o cálculo de dimensionamento dos alimentadores será utilizada a Equação 2 e Tabela 3.

$$\text{Corrente} = \frac{16.800}{220}$$

$$\text{Corrente } (i) = 76,36 \text{ A}$$

Com esse resultado, se torna necessário adotar um cabo de 25 mm² para cada fase de entrada da residência, assim como os cabos neutro e proteção. Para o disjuntor, será adotado um disjuntor comercial que suporte uma corrente de até 80 amperes.

A partir das informações citadas, o quadro de cargas para o sistema proposto de cada unidade ficará conforme a Figura 33.

Figura 33: Quadro de cargas elétrico do sistema proposto

QUADRO DE CARGAS DO QL DOS APTOS. TIPO

QUADRO	CIRCUITO	LÂMPADAS (W)				TOMADAS (W)			POTÊNCIA TOTAL (W)	CONDUTOR (mm ²)	PROTEÇÃO (A)	BALANCEAMENTO DE FASES			
		14	28	60	150	100	300	600				FASE "R"	FASE "S"	FASE "T"	
QL APTO.	1			19					1.140	#1,5(1,5)+T1,5	16		1.140		
	2					12			1.200	#2,5(2,5)+T2,5	16		1.200		
	3			18					1.080	#1,5(1,5)+T1,5	16		1.080		
	4					14			1.400	#2,5(2,5)+T2,5	16		1.400		
	5					4	2	2	2.200	#2,5(2,5)+T2,5	16		2.200		
	6	MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA							1.500	#2,5(2,5)+T2,5	16	1.500			
	7	MÁQUINA DE LAVAR ROUPA							1.000	#2,5(2,5)+T2,5	16	1.000			
	8	AR CONDICIONADO 24.000 BTUS							1.890	#2,5(2,5)+T2,5	20		1.890		
	9	AR CONDICIONADO 7.000 BTUS							650	#2,5(2,5)+T2,5	16	650			
	10	AR CONDICIONADO 9.000 BTUS							650	#2,5(2,5)+T2,5	16			650	
	11	AR CONDICIONADO 8.000 BTUS							650	#2,5(2,5)+T2,5	16	650			
	12	AR CONDICIONADO 12.000 BTUS							975	#2,5(2,5)+T2,5	16			975	
	13	ALIMENTA RACK							300	#2,5(2,5)+T2,5	10		300		
	14	CHUVEIRO ELÉTRICO BUNDADO							7500	#6(6)+T6	36			7500	
	15	CHUVEIRO ELÉTRICO BUNDADO							7500	#6(6)+T6	36	7500			
	16	CHUVEIRO ELÉTRICO BUNDADO							7500	#6(6)+T6	36		7500		
	17	CHUVEIRO ELÉTRICO BUNDADO							7500	#6(6)+T6	36			7500	
	18	TORNELERA ELÉTRICA							5500	#4(4)+T4	25	5500			
	19	RESERVA									10				
	20	RESERVA									10				
	21	RESERVA									10				
	22	RESERVA									10				
TOTAL								50.135			DR 80	16800	16710	16625	
TOTAL								50.135	3x25(25)+Tn25		DR 80				

OBS.: UTILIZAREMOS DISPOSITIVO DR GERAL DE 40A NO QL DO APTO. E DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR DE 32A NO CENTRO DE MEDIÇÃO. DEVIDO A QUEDA DE TENSÃO UTILIZAREMOS OS CABOS 3x25(25)+Tn25mm² DO 1º AO 19º PAV. TIPO.

Fonte: Construtora X, adaptado pelo autor (2022)

Com o novo projeto, a potência total do apartamento ficou 50.135W. Com isso, é necessário verificar a queda de tensão de acordo com a altura da edificação. A Tabela 14 mostra o cálculo da queda de tensão para a verificação das bitolas dos cabos conforme a altura da edificação.

Tabela 14: Queda de tensão

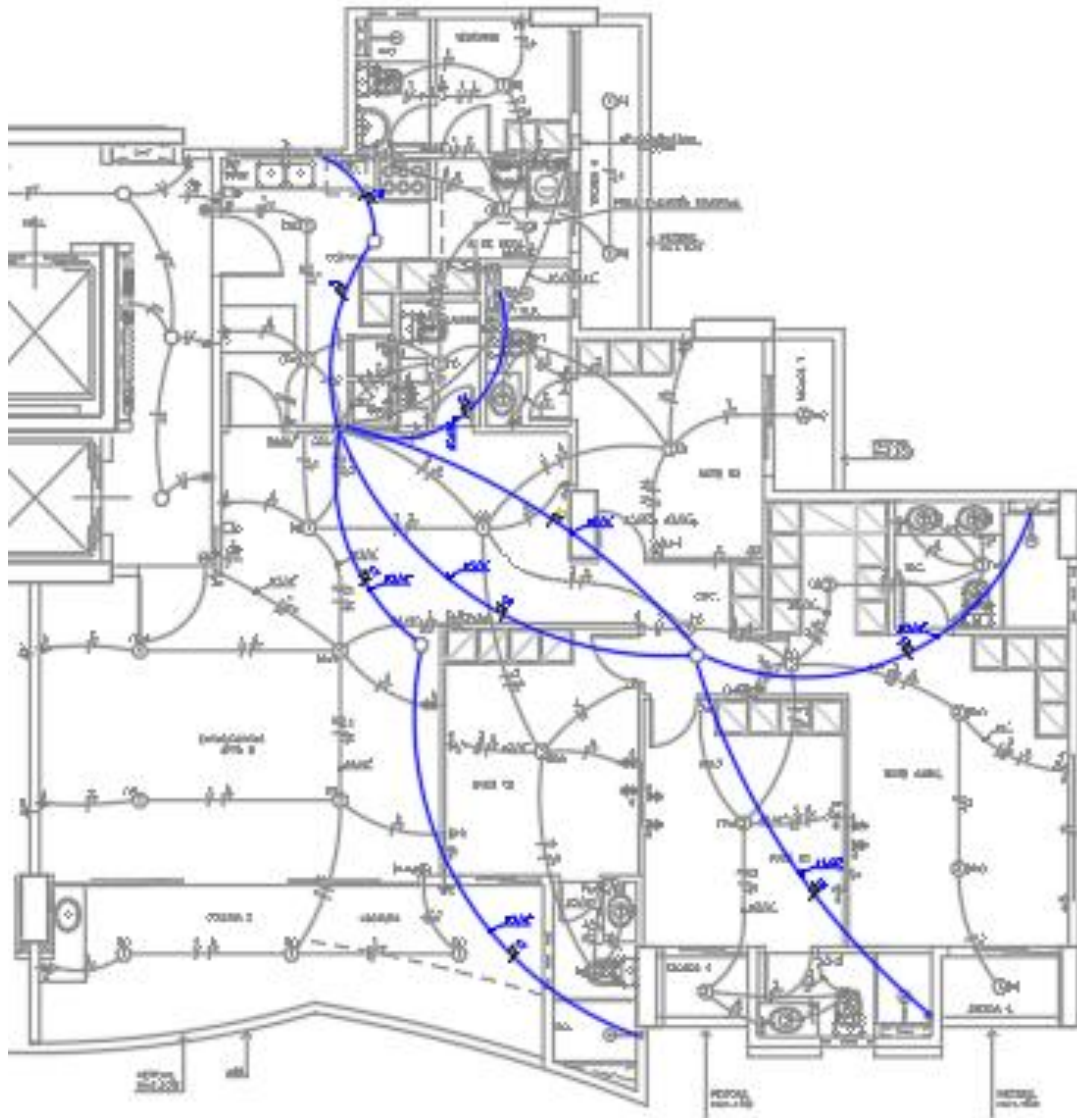
pavimento	acumulado	trecho fixo	CM ao tipo	tensão	corrente	queda	QT	cabos adotados
	m	m	m	V	A	2%	mm ²	mm ²
19	58,14	20,26	78,4	380	77	23,64	25	3#25(25)+T(25)
18	55,08	20,26	75,34	380	77	22,71	25	3#25(25)+T(25)
17	52,02	20,26	72,28	380	77	21,79	25	3#25(25)+T(25)
16	48,96	20,26	69,22	380	77	20,87	25	3#25(25)+T(25)
15	45,9	20,26	66,16	380	77	19,95	25	3#25(25)+T(25)
14	42,84	20,26	63,1	380	77	19,02	25	3#25(25)+T(25)
13	39,78	20,26	60,04	380	77	18,10	25	3#25(25)+T(25)
12	36,72	20,26	56,98	380	77	17,18	25	3#25(25)+T(25)
11	33,66	20,26	53,92	380	77	16,26	25	3#25(25)+T(25)
10	30,6	20,26	50,86	380	77	15,33	16	3#16(16)+T(16)
9	27,54	20,26	47,8	380	77	14,41	16	3#16(16)+T(16)
8	24,48	20,26	44,74	380	77	13,49	16	3#16(16)+T(16)
7	21,42	20,26	41,68	380	77	12,57	16	3#16(16)+T(16)
6	18,36	20,26	38,62	380	77	11,64	16	3#16(16)+T(16)
5	15,3	20,26	35,56	380	77	10,72	16	3#16(16)+T(16)
4	12,24	20,26	32,5	380	77	9,80	10	3#10(10)+T(10)
3	9,18	20,26	29,44	380	77	8,88	10	3#10(10)+T(10)
2	6,12	20,26	26,38	380	77	7,95	10	3#10(10)+T(10)
1	3,06	20,26	23,32	380	77	7,03	10	3#10(10)+T(10)

Fonte: Autor (2022)

De acordo com a tabela 14, do 1º ao 4º pavimento a bitola dos condutores adotada seria de 10 mm² mas conforme o cálculo de corrente das fases de alimentação do apartamento, o cabo adotado será de 25 mm². Da mesma forma que do 5º ao 10º pavimento seria de 16 mm² e será adotado o cabo de 25 mm².

Com a adição dos chuveiros elétricos e a torneira elétrica para o aquecimento de água fria no apartamento tipo da edificação residencial multifamiliar, foi necessário alterar o projeto elétrico. Sendo o projeto atualizado mostrado na Figura 34.

Figura 34: Projeto elétrico proposto

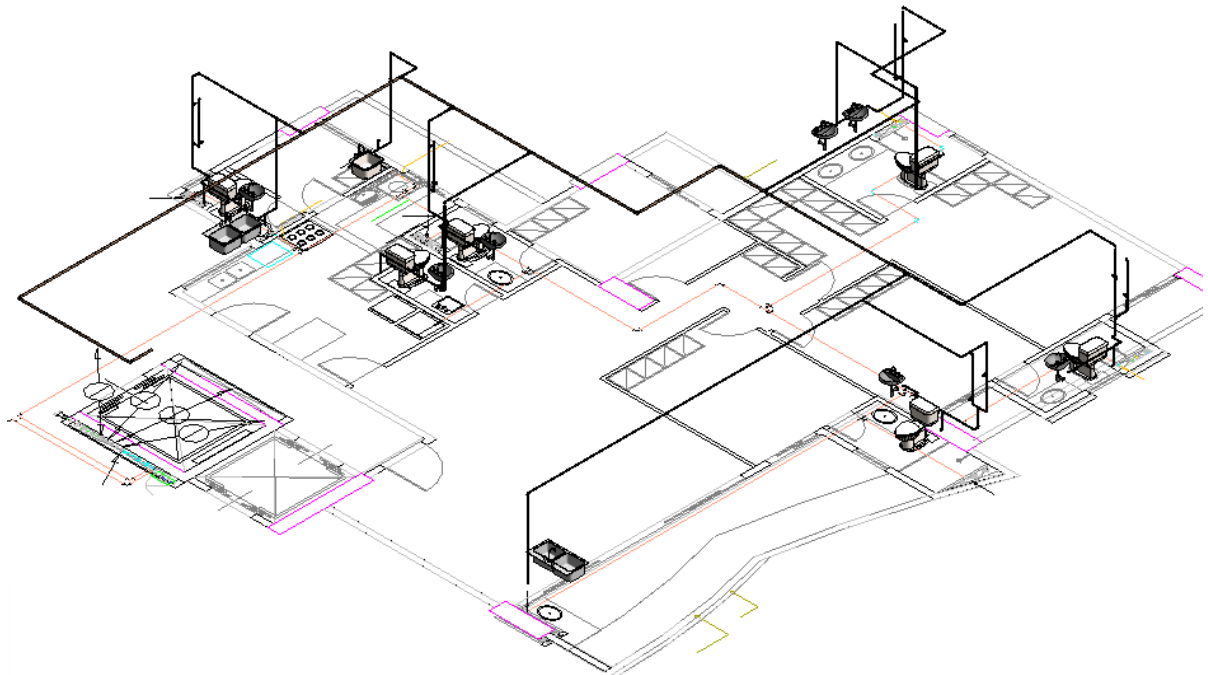


Fonte: Construtora X, adaptado pelo autor (2022)

4.2.2 Projeto Hidráulico

No novo projeto hidráulico, foi retirada a tubulação de água quente e foram feitos ajustes nos isométricos das suítes, cozinha e área de serviço. Os isométricos foram feitos com o auxílio do software REVIT. A Figura 35 ilustra o isométrico geral de distribuição de água na nova configuração de projeto.

Figura 35: Isométrico geral do sistema proposto junto com seus quantitativos de materiais



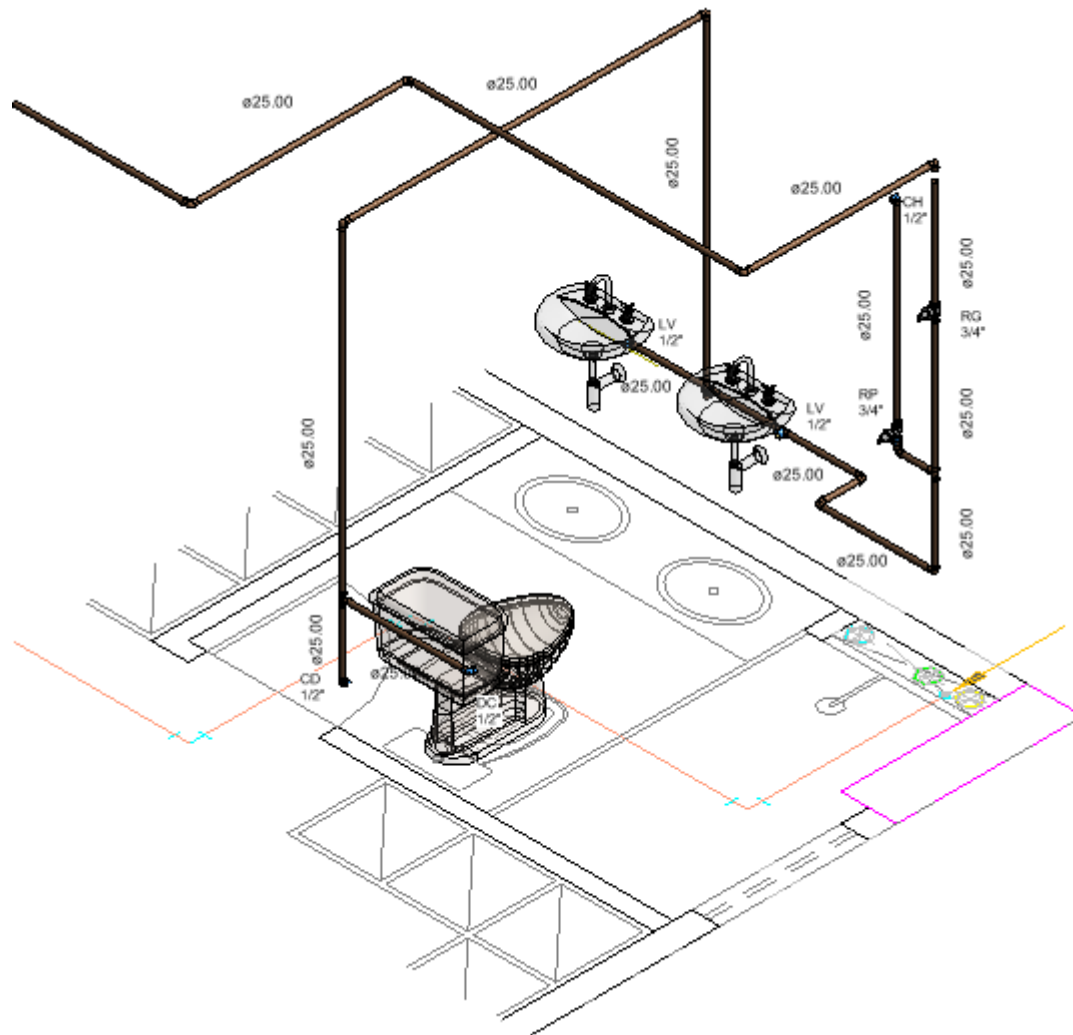
DISTRIBUIÇÃO		
Água Fria Soldável	2	BUCHA RED SOLD CTA 32X25MM CB
Água Fria Soldável	1	BUCHA RED SOLD CTA 40X32MM CB
Água Fria Soldável	4	BUCHA RED SOLD LGA 40X25MM CB
Água Fria Soldável	16	JOELHO 90 SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável	4	JOELHO 90 SOLD 40MM CB
Água Fria Soldável	1	JOELHO 90 SOLD BUCHA LATAO 25MM
Água Fria Soldável	1	LUVA SOLD 32MM CB
Água Fria Soldável	4	LUVA SOLD 40MM CB
Água Fria Soldável	1	TE RED SOLD 32X25MM CB
Água Fria Soldável	1	TE RED SOLD 40X32MM CB
Água Fria Soldável	2	TE SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável	4	TE SOLD 40MM CB

Fonte: Construtora X, adaptado pelo autor (2022)

4.2.2.1 Isométrico da suíte casual

Com a modificação das tubulações para a utilização de água, foi retirado o registro monocomando e colocado um registro de pressão. Os pontos hidráulicos permanecem no mesmo local do sistema de aquecimento a gás. A Figura 36 mostra o detalhe isométrico dessa suíte.

Figura 36: Isométrico da suíte de casal do sistema proposto juntos com os quantitativos de materiais



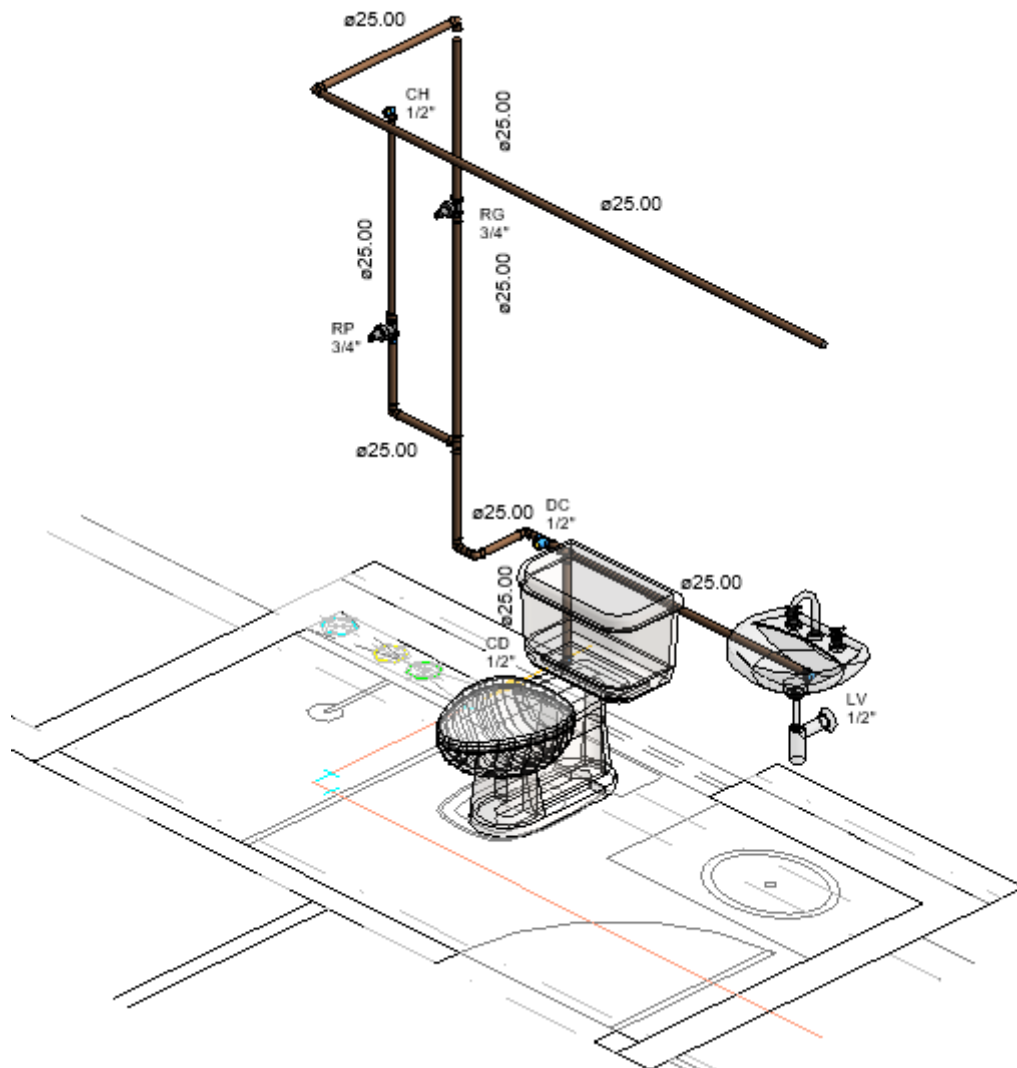
WC SUITE CASAL		
Água Fria Soldável:	2	ADAPT SOLD CTO 25MMX3/4 CB
Água Fria Soldável:	7	JOELHO 90 SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável:	4	JOELHO 90 SOLD BUCHA LATAO 25MM
Água Fria Soldável:	1	LUVA SOLD BUCHA LATAO 25MMX3/4
Água Fria Soldável:	3	TE SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável:	1	TE SOLD BUCHA LATAO 25MMX3/4 CB

Fonte: Construtora X, adaptado pelo autor (2022)

4.2.2.2 Isométrico da suíte 1

Com a mudança das tubulações de uso da água o registro monocomando foi removido e o registro de pressão foi instalado. Os pontos hidráulicos ficam no mesmo lugar que o sistema utilizando o aquecedor de passagem. A Figura 37 mostra o detalhe isométrico desta suíte.

Figura 37: Isométrico da suíte 1 do sistema proposto junto com os quantitativos de materiais



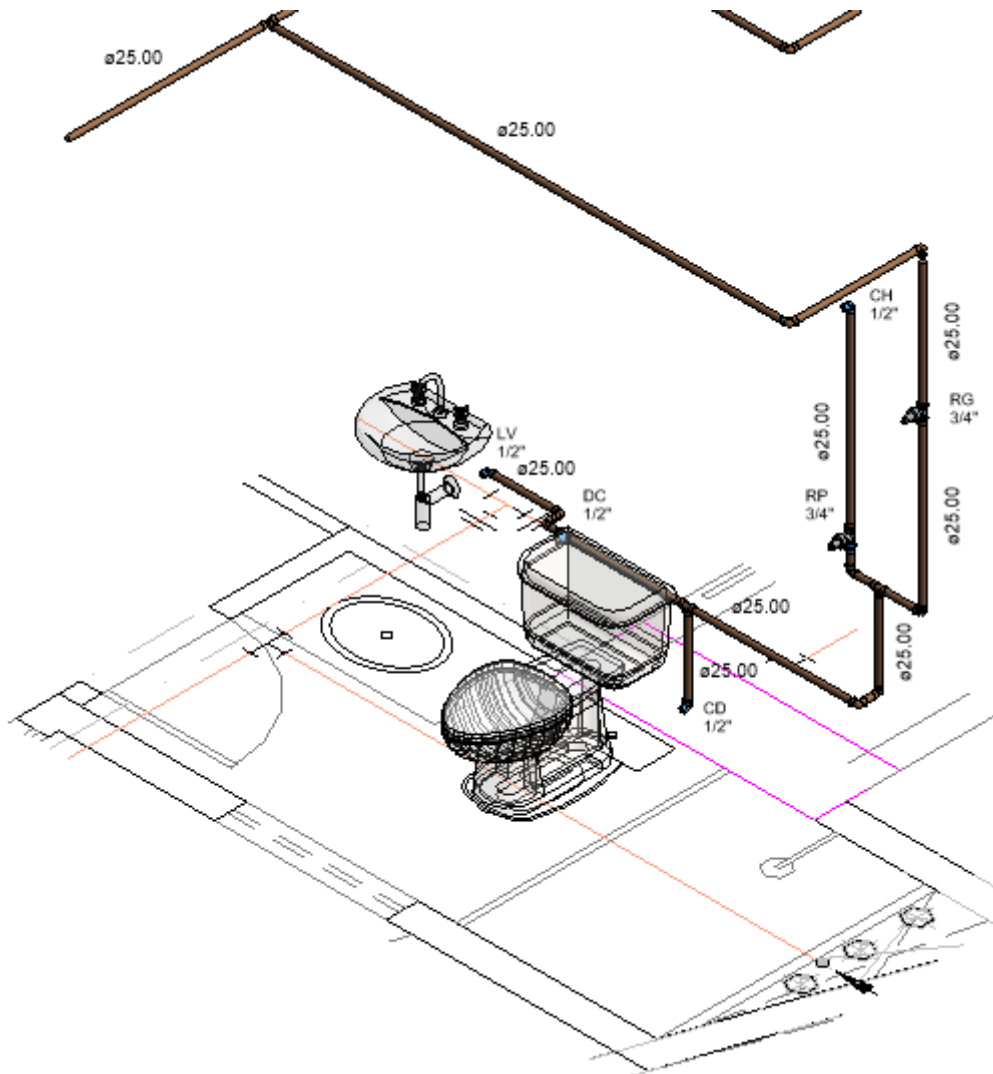
WC SUITE 1		
Água Fria Soldável:	2	ADAPT SOLD CTO 25MMX3/4 CB
Água Fria Soldável:	4	JOELHO 90 SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável:	3	JOELHO 90 SOLD BUCHA LATAO 25MM
Água Fria Soldável:	1	LUVA SOLD BUCHA LATAO 25MMX3/4
Água Fria Soldável:	2	TE SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável:	1	TE SOLD BUCHA LATAO 25MMX3/4 CB

Fonte: Construtora X, adaptado pelo autor (2022)

4.2.2.3 Isométrico da suíte 2

Nessa nova configuração de isométrico, as peças hidráulicas de água fria ficaram posicionadas no mesmo local. Com a saída da tubulação de água quente, o registro monocomando foi retirado e no seu lugar foi colocado um registro de pressão. A Figura 38 mostra o detalhe isométrico dessa suíte.

Figura 38: Isométrico da suíte 2 do sistema proposto junto com os quantitativos de materiais



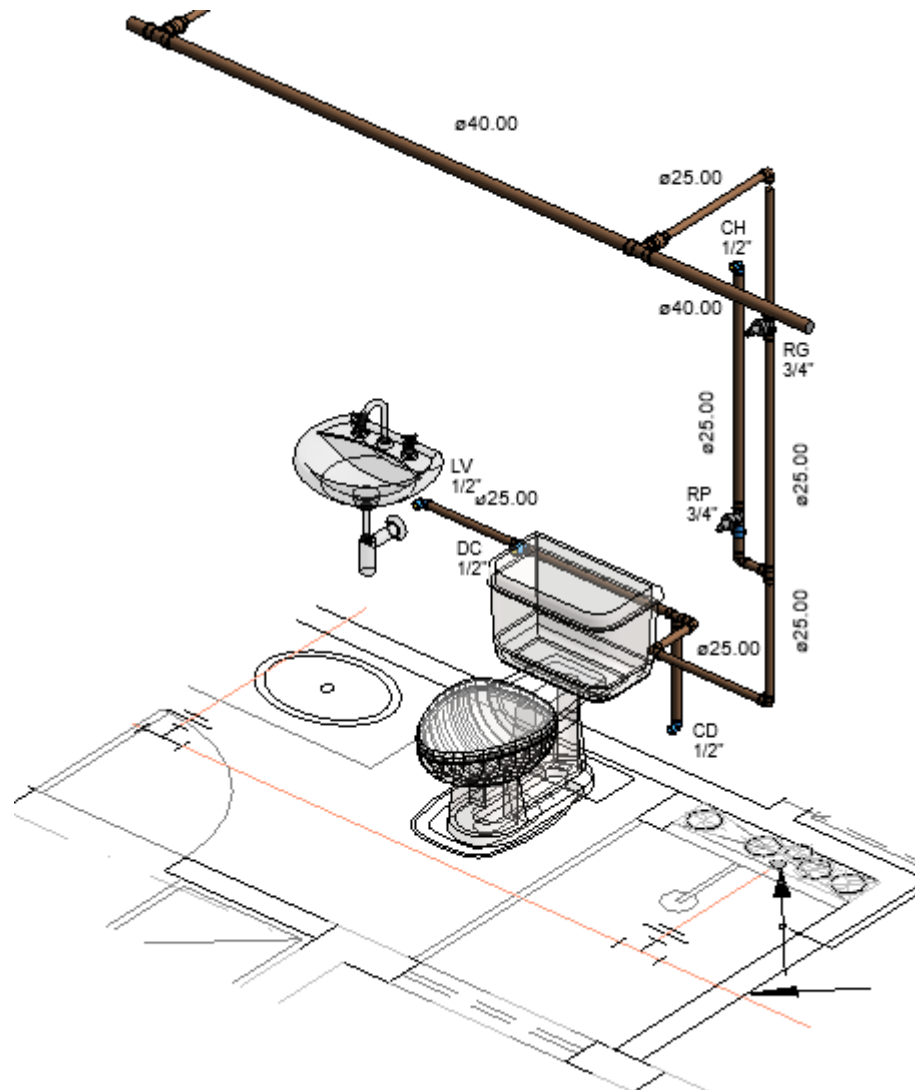
WC SUITE 2		
Água Fria Soldável:	2	ADAPT SOLD CTO 25MMX3/4 CB
Água Fria Soldável:	6	JOELHO 90 SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável:	3	JOELHO 90 SOLD BUCHA LATAO 25MM
Água Fria Soldável:	1	LUVA SOLD BUCHA LATAO 25MMX3/4
Água Fria Soldável:	2	TE SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável:	1	TE SOLD BUCHA LATAO 25MMX3/4 CB

Fonte: Construtora X, adaptado pelo autor (2022)

4.2.2.4 Isométrico da suíte 3

Com a modificação das tubulações para a utilização de água, foi retirado o registro monocomando e colocado um registro de pressão. Os pontos hidráulicos estão locados como no sistema a gás. As alturas dos pontos hidráulicos permanecem conforme o sistema a gás. A Figura 39 mostra o detalhe isométrico dessa suíte.

Figura 39: Isométrico da suíte 3 do sistema proposto junto com os quantitativos de materiais



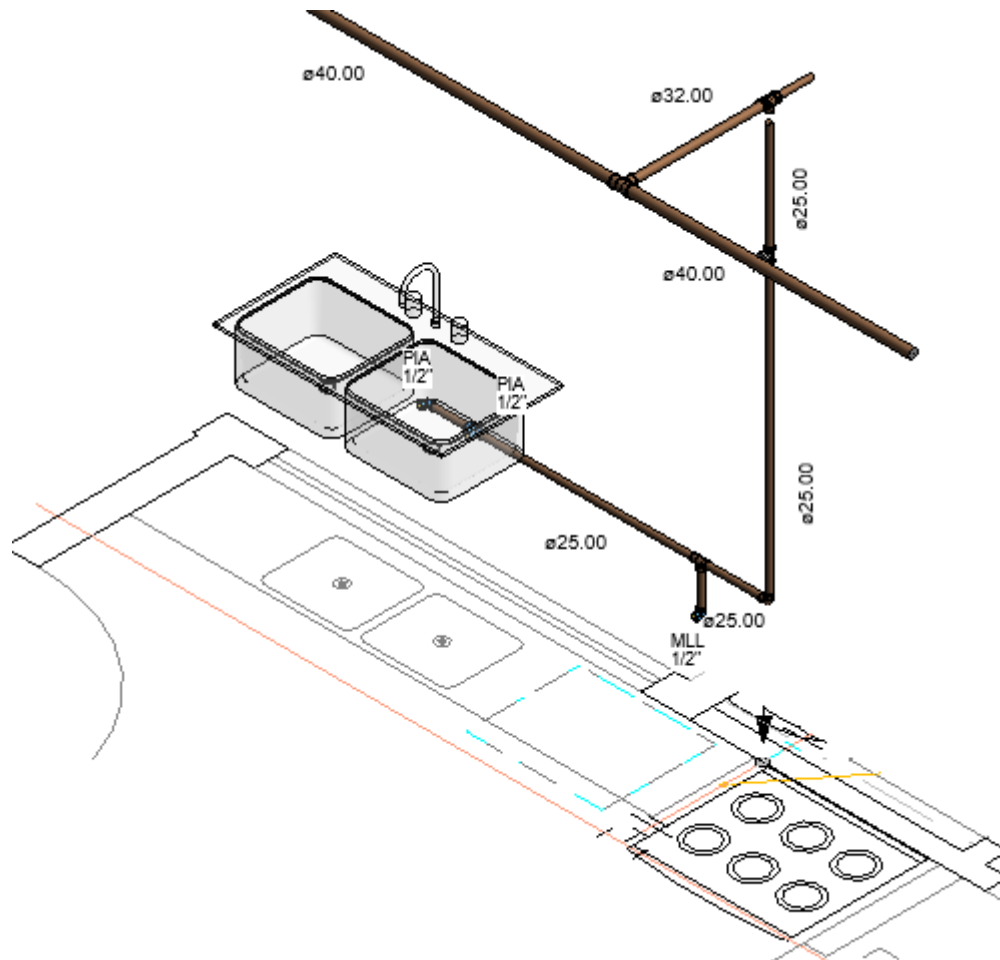
WC SUITE 3		
Água Fria Soldável:	2	ADAPT SOLD CTO 25MMX3/4 CB
Água Fria Soldável:	4	JOELHO 90 SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável:	3	JOELHO 90 SOLD BUCHA LATAO 25MM
Água Fria Soldável:	1	LUVA SOLD BUCHA LATAO 25MMX3/4
Água Fria Soldável:	2	TE SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável:	1	TE SOLD BUCHA LATAO 25MMX3/4 CB

Fonte: Construtora X, adaptado pelo autor (2022)

4.2.2.5 Isométrico da cozinha

Com a modificação das tubulações para a utilização de água, foi retirado o ponto hidráulico para água quente. Os pontos hidráulicos da pia continuam no mesmo local do sistema de aquecimento a gás. As alturas dos pontos hidráulicos permanecem conforme o sistema de aquecimento a gás. A Figura 40 mostra o detalhe isométrico da cozinha.

Figura 40: Isométrico da cozinha do sistema proposto junto com os quantitativos de materiais



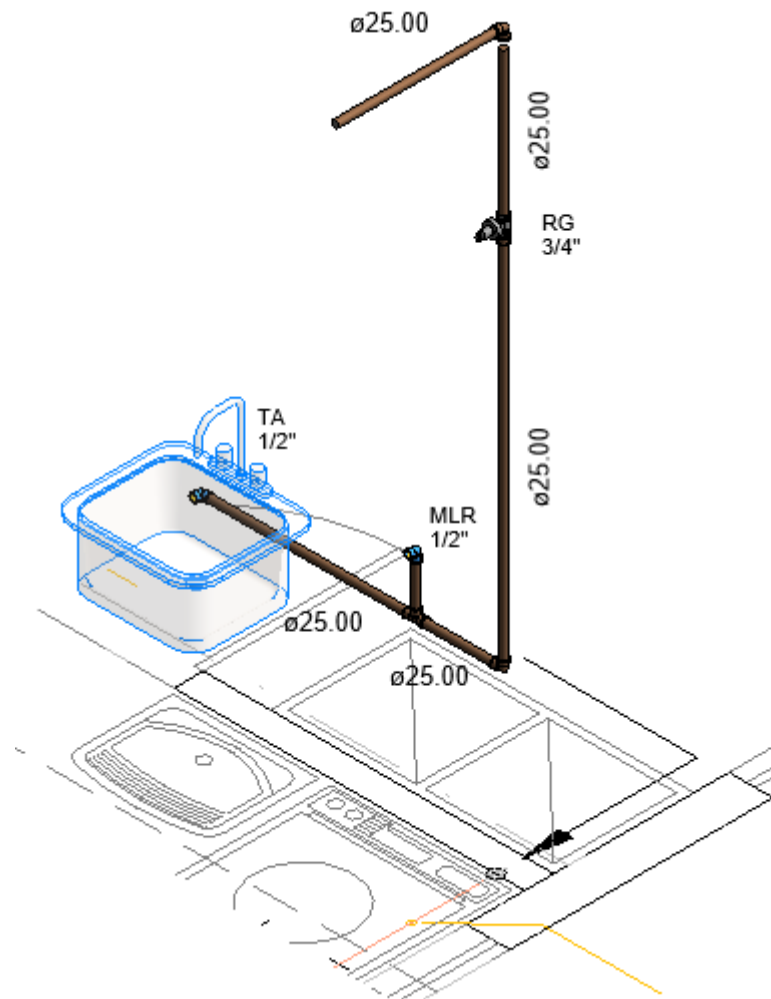
COZINHA		
Água Fria Soldável	1	ADAPT SOLD CTO 25MMX3/4 CB
Água Fria Soldável	1	JOELHO 90 SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável	2	JOELHO 90 SOLD BUCHA LATAO 25MM
Água Fria Soldável	1	TE SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável	1	TE SOLD BUCHA LATAO 25MMX3/4 CB

Fonte: Construtora X, adaptado pelo autor (2022)

4.2.2.6 Isométrico da área de serviço

Com a modificação das tubulações para a utilização de água, foi retirado o aquecedor de passagem. Os pontos hidráulicos estão locados conforme o sistema de aquecimento a gás. As alturas dos pontos hidráulicos permanecem conforme o sistema de aquecimento a gás. A Figura 41 mostra o detalhe isométrico da área de serviço.

Figura 41: Isométrico da área de serviço do sistema proposto junto com os quantitativos de materiais



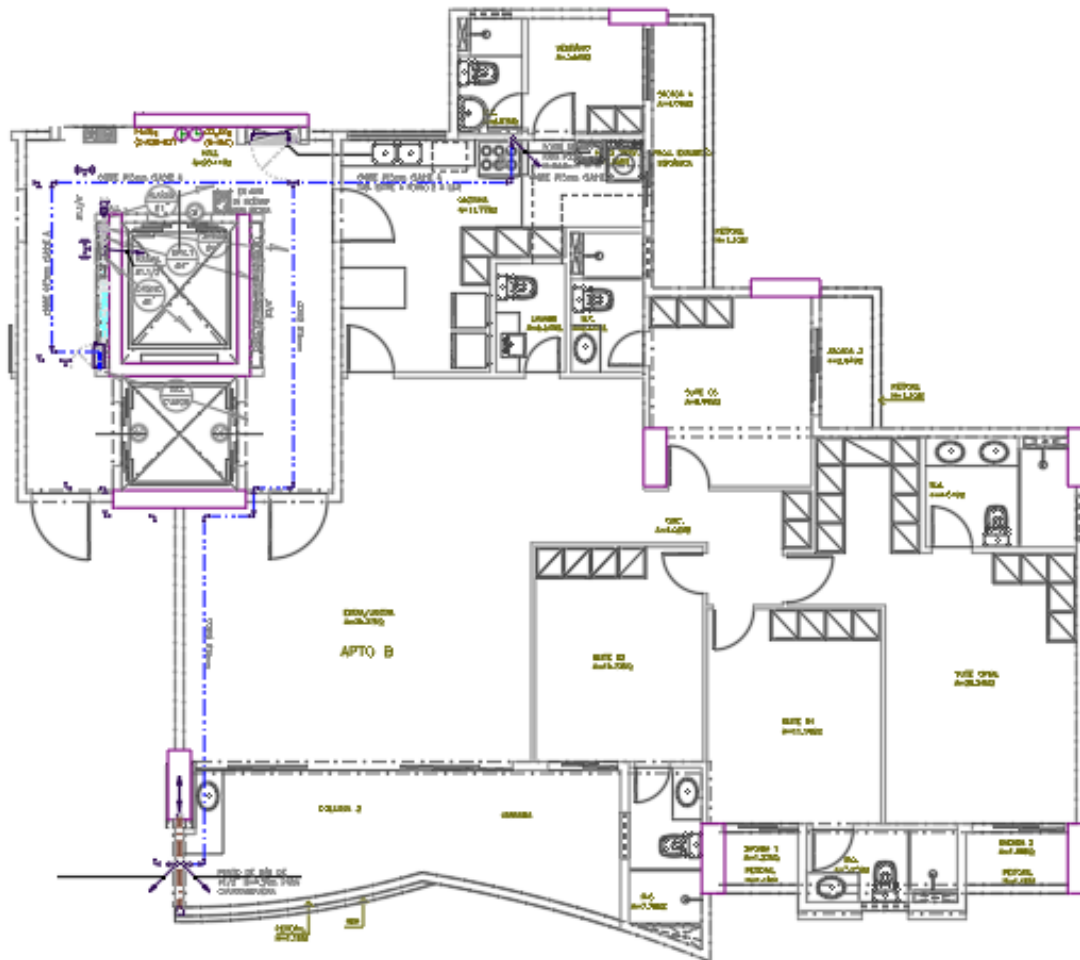
ÁREA DE SERVIÇO		
Água Fria Soldável	1	ADAPT SOLD CTO 25MMX3/4 CB
Água Fria Soldável	1	JOELHO 90 SOLD 25MM CB
Água Fria Soldável	2	JOELHO 90 SOLD BUCHA LATAO 25MM
Água Fria Soldável	1	TE SOLD 25MM CB

Fonte: Construtora X, adaptado pelo autor (2022)

4.2.3 Projeto de gás

Com a alteração do sistema de aquecimento de água, o aquecedor de passagem foi retirado juntos com a tubulação que derivava até o equipamento. A Figura 42 mostra a alteração do projeto.

Figura 42: Projeto de gás do sistema proposto



Fonte: Construtora X, adaptado pelo autor (20220)

4.3 Custo de construção dos sistemas

Os subtópicos a seguir mostrarão os materiais, suas quantidades e valores que compõe os orçamentos de construção dos sistemas a gás e elétrico.

4.3.1 Custo de construção do sistema com aquecedor de passagem

Para realizar o orçamento de construção do sistema a gás é necessário levantar os materiais e quantificar cada um deles para que se tenha uma boa precisão no orçamento. Esse sistema será composto dos projetos de água fria, água quente, projeto de gás e projeto elétrico.

4.3.1.1. Projeto hidráulico – água fria

Abaixo segue os materiais, quantidades e valores para o projeto de água fria no qual se teve um valor total de R\$ 3.343,49 por apartamento. Os itens destacados de cinza com a letra em vermelho sofrerão mudanças em relação ao projeto hidráulico de água fria do sistema elétrico.

Tabela 15: Quantitativo e orçamento do projeto hidráulico – água fria com aquecedor de passagem

Item	Material	Unidade	1 ap.	Preço unitário	Valor total
1	Adesivo plástico pvc comum 850 g	un	1	R\$ 53,58	R\$ 53,58
2	Adaptador pvc Sold. Curto 25 x 3/4	un	22	R\$ 1,05	R\$ 23,10
3	Adaptador pvc Sold. Curto 32 x 1"	un	5	R\$ 2,00	R\$ 10,00
4	Base Registro de Gaveta 1"	un	3	R\$ 79,25	R\$ 237,75
5	Base Registro de Gaveta 3/4"	un	14	R\$ 52,94	R\$ 741,16
6	Base Registro de Pressão 3/4"	un	1	R\$ 52,94	R\$ 52,94
7	Base Monocomando 3/4"	un	4	R\$ 279,00	R\$ 1.116,00
8	Bucha Red. pvc Sold. Curta 50x32mm	un	1	R\$ 5,40	R\$ 5,40
9	Bucha Red. pvc Sold. Curta 40x32mm	un	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
10	Bucha Red. pvc Sold. 40x25mm	un	3	R\$ 3,95	R\$ 11,85
11	Bucha Red. pvc Sold. Curta 32x25mm	un	1	R\$ 0,92	R\$ 0,92
12	Joelho pvc Sold. 25 x 90°	un	48	R\$ 0,69	R\$ 33,12
13	Joelho pvc Sold. 25 x 45°	un	13	R\$ 1,77	R\$ 23,01
14	Joelho pvc Sold. 32 x 90°	un	3	R\$ 2,42	R\$ 7,26
15	Joelho pvc Sold. 40 x 90°	un	5	R\$ 5,93	R\$ 29,65
16	Joelho pvc Sold. 50 x 90°	un	1	R\$ 5,94	R\$ 5,94
17	Joelho pvc Sold. Bucha Latão 25 x 1/2" x 90°	un	14	R\$ 5,94	R\$ 83,16
18	Luva Soldavel 25mm	un	3	R\$ 0,92	R\$ 2,76
19	Luva Soldavel 40mm	un	1	R\$ 4,36	R\$ 4,36
20	Luva pvc Sold. L/R 25 x 1/2"	un	6	R\$ 2,25	R\$ 13,50
21	Luva pvc sold. LR 25 x 3/4"	un	1	R\$ 1,77	R\$ 1,77
22	Luva pvc sold. LR 32 x 1"	un	2	R\$ 5,46	R\$ 10,92
23	Plug pvc 1/2"	un	32	R\$ 0,76	R\$ 24,32
24	Registro esfera (fecho rápido) 1"	un	1	R\$ 80,16	R\$ 80,16
25	Te pvc Sold. Reduzido 50 x 32 mm	un	1	R\$ 15,11	R\$ 7,56
26	Te pvc Sold. Reduzido 40 x 32 mm	un	2	R\$ 9,98	R\$ 14,97
27	Te pvc Sold. Reduzido 40 x 25 mm	un	6	R\$ 9,67	R\$ 58,02
28	Te pvc Sold. Reduzido 32 x 25 mm	un	1	R\$ 6,71	R\$ 6,71
29	Te pvc Sold. Bucha Latão 25 x 1/2"	un	5	R\$ 11,94	R\$ 59,70
30	Tê pvc Soldavel 25 mm	un	17	R\$ 1,23	R\$ 20,91

31	Tubo pvc Sold. 40 mm c/ 6 m	Tb	3	R\$ 83,23	R\$ 249,69
32	Tubo pvc Sold. 32 mm c/ 6 m	Tb	1	R\$ 53,49	R\$ 53,49
33	Tubo pvc sold. 25mm c/ 6mts	Tb	9	R\$ 19,82	R\$ 178,38
34	União 40 mm	Um	1	R\$ 29,79	R\$ 29,79
35	Válvula de retenção vertical 1"	Um	1	R\$ 89,64	R\$ 89,64
total:				R\$ 3.343,49	

Fonte: Autor (2022)

4.3.1.2. Projeto hidráulico – água quente

Segue os materiais, quantidades e valores para o projeto de água quente no qual se teve um valor total de R\$ 1.346,69 por apartamento. Esse quantitativo não será realizado no sistema elétrico, tendo em vista que a tubulação de água quente não será necessária.

Tabela 16: Quantitativo e orçamento do projeto hidráulico – água quente com aquecedor de passagem

Item	Material	Unidade	1 ap.	Preço unitário	Valor total
1	Adesivo Especial CPVC c/ 75 g.	un	2	R\$ 28,79	R\$ 57,58
2	Bucha de redução aquatherm 28 x 22 mm	un	3	R\$ 2,57	R\$ 7,71
3	Conector aquatherm 22 mm x 1/2"	un	1	R\$ 22,43	R\$ 22,43
4	Conector aquatherm 22 mm x 3/4"	un	18	R\$ 19,45	R\$ 350,10
5	Conector aquatherm 28 mm x 1"	un	3	R\$ 34,25	R\$ 102,75
6	Curva de transposição 22 mm	un	2	R\$ 11,05	R\$ 22,10
7	Joelho 90° aquatherm 22 mm	un	22	R\$ 4,32	R\$ 95,04
8	Joelho 90° aquatherm 28 mm	un	8	R\$ 7,06	R\$ 56,48
9	Joelho de transição aquatherm 22x1/2"	un	6	R\$ 15,11	R\$ 90,66
10	Luva aquatherm 22 mm	un	1	R\$ 2,46	R\$ 2,46
11	Luva aquatherm 28 mm	un	4	R\$ 5,14	R\$ 20,56
12	Luva de transição aquatherm 22x1/2"	un	1	R\$ 11,05	R\$ 11,05
14	Te aquatherm 28x22 mm	un	4	R\$ 8,49	R\$ 33,96
15	Tubo aquatherm 3 mts 22 mm	un	5	R\$ 43,66	R\$ 218,30
16	Tubo aquatherm 3 mts 28 mm	un	3	R\$ 85,17	R\$ 255,51
			total:	R\$ 1.346,69	

Fonte: Autor (2022)

4.3.1.3. Projeto gás

Abaixo segue os materiais, quantidades e valores para o projeto de gás no qual se teve um valor total de R\$ 2.162,53 por apartamento. Os itens destacados de cinza com a letra em vermelho sofrerão mudanças em relação ao projeto de gás do sistema elétrico.

Tabela 17: Quantitativo e orçamento do projeto de gás com aquecedor de passagem

Item	Material	Unidade	1 ap.	Preço unitário	Valor total
1	Conector de Cobre RF 15 x 1/2"	un	1,00	R\$ 12,98	R\$ 12,98
2	Conector de Cobre RF 22 x 3/4"	un	1,00	R\$ 16,98	R\$ 16,98
3	Joelho de Cobre 15mm x 90°	un	12,00	R\$ 4,38	R\$ 52,56
4	Joelho de Cobre R/F 15 x 1/2" x 90°	un	3,00	R\$ 14,98	R\$ 44,94
5	Luva de Cobre 15mm	un	6,00	R\$ 3,99	R\$ 23,94
6	Pasta p/ Sodagem de Cobre c/ 250 g	un	2,00	R\$ 25,87	R\$ 51,74
7	Removedor para limpeza de tubo de cobre	un	2,00	R\$ 17,80	R\$ 35,60
8	Solda 50 x 50 carretel 500 g	un	2,00	R\$ 119,78	R\$ 239,56
9	Tê de Cobre 15mm	un	2,00	R\$ 10,98	R\$ 21,96
10	Tubo de Cobre Classe "A" 15mm c/ 5 m	tb	6,00	R\$ 189,90	R\$ 1.139,40
11	Válvula VG - 1. 3/4" x 1/2"	un	1,00	R\$ 56,60	R\$ 56,60
12	Válvula esfera p/ gás 1/2" - Macho/Fêmea	un	3,00	R\$ 56,09	R\$ 168,27
13	Fita Anti Corrosiva 50mm x 30m x 0,20mm	un	2,00	R\$ 149,00	R\$ 298,00
total:				R\$ 2.162,53	

Fonte: Autor (2022)

4.3.1.4 Projeto elétrico

Abaixo segue os materiais, quantidades e valores para o projeto elétrico no qual se teve um valor total de R\$ 11.218,44 para as unidades do 1° ao 8° pavimento tipo, que são alimentadas com cabos de 6 mm², e R\$12.802,29 para as unidades do 9° ao 19° pavimento tipo, que são alimentadas com cabos de 10 mm². Os itens destacados de cinza com a letra em vermelho sofrerão mudanças em relação ao projeto elétrico do sistema elétrico.

Tabela 18: Quantitativo e orçamento do projeto elétrico com aquecedor de passagem

Item	Material	Unidade	1 ap.	Valor unitário	Valor total
1	Abraçadeira Tipo D c/ cunha 3/4"	und	85	R\$ 1,19	R\$ 101,15
2	Abraçadeira Tipo D c/ cunha 1.1/4"	und	5	R\$ 2,91	R\$ 14,55
3	Abraçadeira de Nylon T-80	und	5	R\$ 35,70	R\$ 178,50
4	Bucha + parafuso n° S 6 c/ arruela lisa	und	150	R\$ 0,49	R\$ 73,50
5	Caixa pvc Embutir 4x2"	und	68	R\$ 2,07	R\$ 140,76
6	Caixa pvc Embutir 4x4"	und	44	R\$ 3,74	R\$ 164,56
7	Eletroduto Flexível 3/4"	m	425	R\$ 2,20	R\$ 935,00
8	Duto Corrugado canaflex 1.1/4"	m	4	R\$ 5,28	R\$ 21,12
9	Duto Corrugado canaflex 1.1/2"	m	6	R\$ 6,33	R\$ 37,98

10	Luva pvc pressão 3/4"	und	20	R\$ 1,00	R\$ 20,00
11	Quadro de distribuição p/ 32 circuitos - Tigre	und	1	R\$ 381,98	R\$ 381,98
12	Quadro p/ rack pvc 40x40 cm - Tigre	und	1	R\$ 330,94	R\$ 330,94
13	Cabo flrível 2,5 mm ² - Vermelho	m	215	R\$ 2,43	R\$ 522,45
14	Cabo flexível 2,5 mm ² - Branco	m	200	R\$ 2,43	R\$ 486,00
15	Cabo flexível 2,5 mm ² - Preto	m	250	R\$ 2,43	R\$ 607,50
16	Cabo flexível 2,5 mm ² - Azul	m	515	R\$ 2,43	R\$ 1.251,45
17	Cabo flexível 2,5 mm ² - Verde	m	315	R\$ 2,43	R\$ 765,45
18	Cabo flexível 2,5 mm ² - Amarelo	m	315	R\$ 2,43	R\$ 765,45
19	Disjuntor TermoMagnetico 10 A	und	4	R\$ 10,29	R\$ 41,16
20	Disjuntor TermoMagnetico 16 A	und	10	R\$ 11,49	R\$ 114,90
21	Disjuntor TermoMagnetico 20 A	und	1	R\$ 12,20	R\$ 12,20
22	Disjuntor Diferencial Residual 40 A	und	1	R\$ 216,65	R\$ 216,65
23	Cabo coaxial	m	90	R\$ 1,69	R\$ 152,10
24	Cabo CCI 3 pares	m	90	R\$ 2,74	R\$ 246,60
25	Cabo UTP 4 pares	m	70	R\$ 3,98	R\$ 278,60
26	Fita isolante scott	und	3	R\$ 30,54	R\$ 91,62
27	Fita isolante imperial	und	2	R\$ 9,22	R\$ 18,44
28	Tomada corrente universal 2P+T - Simples	und	25	R\$ 12,15	R\$ 303,75
29	Tomada corrente universal 2P+T - Dupla	und	8	R\$ 18,98	R\$ 151,84
30	Tomada p/ caixa 4x4" c/ 1 módulo RJ11, 1 RJ45 e 1 TV	und	5	R\$ 107,49	R\$ 537,45
31	Tomada p/ caixa 4x2" c/ 1 módulo RJ11	und	2	R\$ 28,35	R\$ 56,70
32	Interruptor de 1 seção simples c/ 1 tomada 2P+T	und	5	R\$ 24,42	R\$ 122,10
33	Interruptor de 1 seção paralelo c/ 1 tomada 2P+T	und	3	R\$ 28,29	R\$ 84,87
34	Interruptor de 1 seção paralelo	und	7	R\$ 15,54	R\$ 108,78
35	Interruptor de 1 seção simples	und	6	R\$ 11,89	R\$ 71,34
36	Interruptor de 2 seções simples	und	4	R\$ 19,02	R\$ 76,08
37	Interruptor de 3 seções simples	und	1	R\$ 26,50	R\$ 26,50
38	Interruptor de 3 seções - 2 seções paralelas e 1 simples	und	1	R\$ 39,22	R\$ 39,22
39	Interruptor de 2 seções - 1 seção paralela e 1 simples	und	1	R\$ 26,39	R\$ 26,39
40	Pulsador p/ campainha	und	2	R\$ 13,13	R\$ 26,26
41	Campainha p/ caixa 4x2" c/ 2 tipos de toque	und	1	R\$ 25,11	R\$ 25,11
42	Tampa cega 4x4"	und	3	R\$ 11,72	R\$ 35,16
				total:	R\$ 9.662,16

Alimentação 6 mm ²					
1	Cabo flexível 6 mm ² - Branco	m	62	R\$ 5,94	R\$ 368,28
2	Cabo flexível 6 mm ² - Preto	m	62	R\$ 5,94	R\$ 368,28
3	Cabo flexível 6 mm ² - Vermelho	m	62	R\$ 5,94	R\$ 368,28
4	Cabo flexível 6 mm ² - Azul	m	62	R\$ 5,94	R\$ 368,28
5	Cabo flexível 6 mm ² - Verde	m	14	R\$ 5,94	R\$ 83,16
				total 1 unidade:	R\$ 11.218,44

Alimentação 10 mm ²					
1	Cabo flexível 10 mm ² - Branco	m	96	R\$ 7,87	R\$ 755,52
2	Cabo flexível 10 mm ² - Preto	m	96	R\$ 7,87	R\$ 755,52
3	Cabo flexível 10 mm ² - Vermelho	m	96	R\$ 7,87	R\$ 755,52
4	Cabo flexível 10 mm ² - Azul	m	96	R\$ 7,87	R\$ 755,52
5	Cabo flexível 10 mm ² - Verde	m	15	R\$ 7,87	R\$ 118,05
total 1 unidade:				R\$ 12.802,29	

Fonte: Autor (2022)

4.3.2 Custo de construção do sistema com chuveiro e torneira elétrica

Assim como no sistema a gás, foi realizado o levantamento de materiais e quantificação para a composição do orçamento do sistema elétrico. Esse sistema será composto dos projetos de água fria, projeto de gás e projeto elétrico.

4.3.2.1 Projeto hidráulico – água fria

Abaixo segue os materiais, quantidades e valores para o projeto de água fria no qual se teve um valor total de R\$ 2.405,64 por apartamento. Os itens destacados de cinza com a letra em vermelho sofrerão mudanças em relação ao projeto hidráulico de água fria do sistema a gás.

Tabela 19: Quantitativo e orçamento do projeto hidráulico – água fria com o sistema elétrico

Item	Material	Unidade	1 ap.	Preço unitário	Valor total
1	Adesivo plástico pvc comum 850 g	un	1	R\$ 53,58	R\$ 53,58
2	Adaptador pvc Sold. Curto 25 x 3/4	un	22	R\$ 1,05	R\$ 23,10
3	Adaptador pvc Sold. Curto 32 x 1"	un	5	R\$ 2,00	R\$ 10,00
4	Base Registro de Gaveta 1"	un	3	R\$ 79,25	R\$ 237,75
5	Base Registro de Gaveta 3/4"	un	14	R\$ 52,94	R\$ 741,16
6	Base Registro de Pressão 3/4"	un	5	R\$ 52,94	R\$ 264,70
7	Bucha Red. pvc Sold. Curta 40x32mm	un	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
8	Bucha Red. pvc Sold. 40x25mm	un	3	R\$ 3,95	R\$ 11,85
9	Bucha Red. pvc Sold. Curta 32x25mm	un	1	R\$ 0,92	R\$ 0,92
10	Joelho pvc Sold. 25 x 90°	un	48	R\$ 0,69	R\$ 33,12
11	Joelho pvc Sold. 25 x 45°	un	13	R\$ 1,77	R\$ 23,01
12	Joelho pvc Sold. 32 x 90°	un	3	R\$ 2,42	R\$ 7,26
13	Joelho pvc Sold. 40 x 90°	un	5	R\$ 5,93	R\$ 29,65
14	Joelho pvc Sold. 50 x 90°	un	1,00	R\$ 5,94	R\$ 5,94
15	Joelho pvc Sold. Bucha Latão 25 x 1/2" x 90°	un	14	R\$ 5,94	R\$ 83,16

16	Luva Soldavel 25mm	un	3	R\$ 0,92	R\$ 2,76
17	Luva Soldavel 40mm	un	1	R\$ 4,36	R\$ 4,36
18	Luva pvc Sold. L/R 25 x 1/2"	un	6	R\$ 2,25	R\$ 13,50
19	Luva pvc sold. LR 25 x 3/4"	un	1,00	R\$ 1,77	R\$ 1,77
20	Luva pvc sold. LR 32 x 1"	un	2,00	R\$ 5,46	R\$ 10,92
21	Plug pvc 1/2"	un	32,00	R\$ 0,76	R\$ 24,32
22	Registro esfera (fecho rápido) 1"	un	1,00	R\$ 80,16	R\$ 80,16
23	Te pvc Sold. Reduzido 50 x 32 mm	un	1,00	R\$ 15,11	R\$ 15,11
24	Te pvc Sold. Reduzido 40 x 32 mm	un	1,50	R\$ 9,98	R\$ 14,97
25	Te pvc Sold. Reduzido 40 x 25 mm	un	6,00	R\$ 9,67	R\$ 58,02
26	Te pvc Sold. Reduzido 32 x 25 mm	un	1,00	R\$ 6,71	R\$ 6,71
27	Te pvc Sold. Bucha Latão 25 x 1/2"	un	4,50	R\$ 11,94	R\$ 53,73
28	Tê pvc Soldavel 25 mm	un	17,00	R\$ 1,23	R\$ 20,91
29	Tubo pvc Sold. 40 mm c/ 6 m	tb	3,00	R\$ 83,23	R\$ 249,69
30	Tubo pvc Sold. 32 mm c/ 6 m	tb	1,00	R\$ 53,49	R\$ 53,49
31	Tubo pvc sold. 25mm c/ 6mts	tb	9,00	R\$ 19,82	R\$ 178,38
32	Válvula de retenção vertical 1"	un	1	R\$ 89,64	R\$ 89,64
total:				R\$ 2.405,64	

Fonte: Autor (2022)

4.3.2.2 Projeto gás

Abaixo segue os materiais, quantidades e valores para o projeto de água fria no qual se teve um valor total de R\$ 1.961,03 por apartamento. Os itens destacados de cinza com a letra em vermelho sofrerão mudanças em relação ao projeto de gás do sistema a gás.

Tabela 20: Quantitativo e orçamento do projeto de gás com o sistema elétrico

Item	Material	Unidade	1 ap.	Preço unitário	Valor total
1	Conector de Cobre RF 22 x 3/4"	un	1	R\$ 16,98	R\$ 16,98
2	Joelho de Cobre 15mm x 90°	un	13	R\$ 4,38	R\$ 56,94
3	Joelho de Cobre 22mm x 90°	un	1	R\$ 7,98	R\$ 7,98
4	Joelho de Cobre R/F 15 x 1/2" x 90°	un	3	R\$ 14,98	R\$ 44,94
5	Luva de Cobre 15mm	un	6	R\$ 3,99	R\$ 23,94
6	Pasta p/ Sodagem de Cobre c/ 250 g	un	2	R\$ 25,87	R\$ 51,74
7	Removedor para limpeza de tubo de cobre	un	2	R\$ 17,80	R\$ 35,60
8	Solda 50 x 50 carretel 500 g	un	2	R\$ 119,78	R\$ 239,56

9	Tê de Cobre 15mm	un	1	R\$ 10,98	R\$ 10,98
10	Tubo de Cobre Classe "A" 15mm c/ 5 m	tb	5	R\$ 189,90	R\$ 949,50
11	Válvula VG - 1. 3/4" x 1/2"	un	1	R\$ 56,60	R\$ 56,60
12	Válvula esfera p/ gás 1/2" - Macho/Fêmea	un	3	R\$ 56,09	R\$ 168,27
13	Fita Anti Corrosiva 50mm x 30m x 0,20mm	un	2	R\$ 149,00	R\$ 298,00
			total:	R\$ 1.961,03	

Fonte: Autor (2022)

4.3.2.3 Projeto elétrico

Abaixo segue os materiais, quantidades e valores para o projeto elétrico no qual se teve um valor total de R\$ 17.718,60 para as unidades do 1º ao 19º pavimento tipo, que são alimentadas com cabos de 25 mm². Os itens destacados de cinza com a letra em vermelho sofrerão mudanças em relação ao projeto elétrico do sistema a gás.

Tabela 21: Quantitativo e orçamento do projeto elétrico com o sistema elétrico

Item	Material	Unidade	1 ap.	Valor unitário	Valor total
1	Abraçadeira Tipo D c/ cunha 3/4"	und	85	R\$ 1,19	R\$ 101,15
2	Abraçadeira Tipo D c/ cunha 1.1/4"	und	5	R\$ 2,91	R\$ 14,55
3	Abraçadeira de Nylon T-80	und	5	R\$ 35,70	R\$ 178,50
4	Bucha + parafuso n° S 6 c/ arruela lisa	und	150	R\$ 0,49	R\$ 73,50
5	Caixa pvc Embutir 4x2"	und	73	R\$ 2,07	R\$ 151,11
6	Caixa pvc Embutir 4x4"	und	44	R\$ 3,74	R\$ 164,56
7	Eletroduto Flexível 3/4"	m	469	R\$ 2,20	R\$ 1.031,80
8	Duto Corrugado canaflex 1.1/4"	m	4	R\$ 5,28	R\$ 21,12
9	Duto Corrugado canaflex 1.1/2"	m	6	R\$ 6,33	R\$ 37,98
10	Luva pvc pressão 3/4"	und	20	R\$ 1,00	R\$ 20,00
11	Quadro de distribuição p/ 32 circuitos - Tigre	und	1	R\$ 381,98	R\$ 381,98
12	Quadro p/ rack pvc 40x40 cm - Tigre	und	1	R\$ 330,94	R\$ 330,94
13	Cabo flexível 2,5 mm ² - Vermelho	m	215	R\$ 2,43	R\$ 522,45
14	Cabo flexível 2,5 mm ² - Branco	m	200	R\$ 2,43	R\$ 486,00
15	Cabo flexível 2,5 mm ² - Preto	m	250	R\$ 2,43	R\$ 607,50
16	Cabo flexível 2,5 mm ² - Azul	m	515	R\$ 2,43	R\$ 1.251,45
17	Cabo flexível 2,5 mm ² - Verde	m	315	R\$ 2,43	R\$ 765,45
18	Cabo flexível 2,5 mm ² - Amarelo	m	315	R\$ 2,43	R\$ 765,45
19	Cabo flexível 4 mm² - Vermelho	m	5	R\$ 4,04	R\$ 20,20
20	Cabo flexível 4 mm² - Azul	m	5	R\$ 4,04	R\$ 20,20
21	Cabo flexível 4 mm² - Verde	m	5	R\$ 4,04	R\$ 20,20
22	Cabo flexível 6 mm² - Vermelho	m	51	R\$ 5,94	R\$ 302,94
23	Cabo flexível 6 mm² - Azul	m	51	R\$ 5,94	R\$ 302,94
24	Cabo flexível 6 mm² - Verde	m	51	R\$ 5,94	R\$ 302,94

25	Disjuntor TermoMagnetico 10 A	und	5	R\$ 10,29	R\$ 51,45
26	Disjuntor TermoMagnetico 16 A	und	11	R\$ 11,49	R\$ 126,39
27	Disjuntor TermoMagnetico 20 A	und	1	R\$ 12,20	R\$ 12,20
28	Disjuntor TermoMagnetico 25 A	und	1	R\$ 12,50	R\$ 12,50
29	Disjuntor TermoMagnetico 36 A	und	4	R\$ 15,55	R\$ 62,20
30	Disjuntor Diferencial Residual 40 A	und	4	R\$ 216,45	R\$ 865,80
31	Disjuntor Diferencial Residual 80 A	und	1	R\$ 379,00	R\$ 379,00
32	Conector para chuveiro elétrico	und	4	R\$ 30,51	R\$ 122,04
33	Cabo coaxial	m	90	R\$ 1,69	R\$ 152,10
34	Cabo CCI 3 pares	m	90	R\$ 2,74	R\$ 246,60
35	Cabo UTP 4 pares	m	70	R\$ 3,98	R\$ 278,60
36	Fita isolante scott	und	3	R\$ 30,54	R\$ 91,62
37	Fita isolante imperial	und	2	R\$ 9,22	R\$ 18,44
38	Tomada corrente universal 2P+T - Simples	und	25	R\$ 12,15	R\$ 303,75
39	Tomada corrente universal 2P+T - Dupla	und	8	R\$ 18,98	R\$ 151,84
40	Tomada p/ caixa 4x4" c/ 1 módulo RJ11, 1 RJ45 e 1 TV	und	5	R\$ 107,49	R\$ 537,45
41	Tomada p/ caixa 4x2" c/ 1 módulo RJ11	und	2	R\$ 28,35	R\$ 56,70
42	Interruptor de 1 seção simples c/ 1 tomada 2P+T	und	5	R\$ 24,42	R\$ 122,10
43	Interruptor de 1 seção paralelo c/ 1 tomada 2P+T	und	3	R\$ 28,29	R\$ 84,87
44	Interruptor de 1 seção paralelo	und	7	R\$ 15,54	R\$ 108,78
45	Interruptor de 1 seção simples	und	6	R\$ 11,89	R\$ 71,34
46	Interruptor de 2 seções simples	und	4	R\$ 19,02	R\$ 76,08
47	Interruptor de 3 seções simples	und	1	R\$ 26,50	R\$ 26,50
48	Interruptor de 3 seções - 2 seções paralelas e 1 simples	und	1	R\$ 39,22	R\$ 39,22
49	Interruptor de 2 seções - 1 seção paralela e 1 simples	und	1	R\$ 26,39	R\$ 26,39
50	Pulsador p/ campainha	und	2	R\$ 13,13	R\$ 26,26
51	Campainha p/ caixa 4x2" c/ 2 tipos de toque	und	1	R\$ 25,11	R\$ 25,11
52	Tampa cega 4x4"	und	3	R\$ 11,72	R\$ 35,16
				total	
				:	R\$ 11.985,40

Alimentação 25 mm ²					
1	Cabo flexível 25 mm ² - Vermelho	m	51	R\$ 26,06	R\$ 1.329,06
2	Cabo flexível 25 mm ² - Preto	m	51	R\$ 26,06	R\$ 1.329,06
3	Cabo flexível 25 mm ² - Branco	m	51	R\$ 26,06	R\$ 1.329,06
4	Cabo flexível 25 mm ² - Azul	m	51	R\$ 26,06	R\$ 1.329,06
5	Cabo flexível 25 mm ² - Verde	m	16	R\$ 26,06	R\$ 416,96
				total 1 unidade:	R\$ 17.718,60

Fonte: Autor (2022)

A partir dos valores obtidos nos orçamentos de cada sistema e projetos, os valores totais ficaram conforme a Tabela 22:

Tabela 22: Custo de construção dos sistemas

	Sistema a gás	Sistema elétrico
Elétrico		
Alimentação 6 mm ²	R\$ 11.218,44	-
Alimentação 10 mm ²	R\$ 12.802,29	-
Alimentação 25 mm ²	-	R\$ 17.718,60
Água fria	R\$ 3.343,49	R\$ 2.405,64
Água quente	R\$ 1.346,69	-
Gás	R\$ 2.162,53	R\$ 1.961,03

Total para 38 unidades:	R\$ 703.659,15	R\$ 828.163,36
Diferença entre os sistemas:		R\$ 124.504,21

Fonte: Autor (2022)

De acordo com a Tabela 22, compreende-se que o custo de construção do sistema elétrico, para as 38 unidades da edificação, corresponde a R\$ 828.163,36 o que significa um valor de 17,69% a mais que o sistema a gás. Esse valor ficaria R\$ 124.504,21 mais oneroso que o sistema com o aquecedor de passagem a gás para os 38 apartamentos tipo.

4.4 Custo de operação dos sistemas

Para ambos os sistemas, será considerado que cada unidade é habitada por 4 pessoas, no qual cada pessoa irá consumir por 10 minutos água no banho e serão considerados 2 banhos por dia. Além disso, também será considerado que o tempo de utilização da torneira para água quente seja de 1 hora por dia.

4.4.1 Custo de operação do sistema com aquecedor de passagem

Para determinar o tempo de utilização de cada aparelho que consome gás é preciso obter a quantidade de litros abastecida pelo aquecedor. O catalogo do fabricante Rinnai, localizado na Figura 16, página 37, detalha o abastecimento do aquecedor de 32,5 litros por minuto.

Com base na Figura 4, na página 18, a curva de vazão do chuveiro será considerada uma vazão de 10 litros / min. Como 50% dessa vazão é água quente, então a quantidade de água fornecida pelo aquecedor será de 5 litros / min.

1 pessoa realizando 1 banho de 10 minutos: $5 \times 10 = 50$ litros

Quantidade consumida por 4 pessoas: $50 \times 4 = 200$ litros

2 banhos por dia: $200 \times 2 = 400$ litros por dia

Quantidade consumida durante 1 mês: $400 \text{ litros} \times 30 \text{ dias} = 12.000$ litros

Utilizando a curva de vazão da torneira, será considerada a vazão de 5 litros / min. Como 50% dessa vazão é água quente, então a quantidade de água fornecida pelo aquecedor será de 2,5 litros / min.

Quantidade de água abastecida para a torneira: $2,5 \times 60 = 150$ litros por dia

Quantidade consumida durante 1 mês: $150 \text{ litros} \times 30 \text{ dias} = 4.500$ litros

Como se tem a quantidade necessária de água que o aquecedor terá que fornecer a edificação, é preciso calcular o tempo de funcionamento da máquina para que seja possível obter o custo.

Vazão máxima do aquecedor: 32,5 litros / min

Abastecimento de água durante 1 hora de funcionamento: $32,5 \times 60 = 1.950$ litros/h

Consumo total de água quente mensal por residência: $12.000 + 4.500 = 16.500$ litros

Tempo necessário para abastecer uma residência mensalmente: $16.500 / 1.950 = 8,46$ horas

Conforme a Tabela 14, a potência do aquecedor de passagem de 32,5 litros é 47.000 kcal/h. Além disso, o GLP tem um potencial calorífico de 11.900 kcal / kg, o que deve ser considerado nos cálculos. O cálculo de quilogramas por unidade residencial será dado conforme as equações abaixo:

Consumo do aquecedor = $47.000 \text{ kcal/h} \times 8,46 \text{ horas} = 397.620 \text{ kcal}$

Consumo de kg por mês = $397.620 \text{ kcal} / 11.900 \text{ kcal / kg} = 33,41 \text{ kg por mês}$

Com uma pesquisa de mercado, feita em novembro de 2022, foi constatado que o preço médio do quilo de GLP está custando R\$ 10,81 para os reservatórios P190. Com isso, o custo mensal de cada unidade será:

$$31,90 \text{ kg} \times \text{R}\$10,81/\text{kg} = \text{R}\$ 344,84.$$

Para o cálculo do consumo de energia elétrica, conforme a Figura 16 na página 37, o consumo do aquecedor de passagem é de 61 watts em funcionamento e 1,5 watts em stand-by, com isso o cálculo do custo será dado da seguinte maneira:

Tempo utilizado pelo aquecedor em funcionamento por mês: 8,46 horas

Tempo utilizado pelo aquecedor em stand-by por mês: 24 horas / dia x 30 dias = 720 horas

Consumo do aquecedor em funcionamento: $8,46 \times 61 = 0,51 \text{ kWh}$

Consumo do aquecedor em stand-by: $720 \times 1,5 = 1,08 \text{ kWh}$

Consumo total do aquecedor: $1,08 + 0,51 = 1,59 \text{ kWh}$

Custo elétrico do aquecedor: $1,59 \times (0,38302 + 0,53604) = \text{R}\$ 1,45$

Custo total do aquecedor de passagem: $\text{R}\$ 344,84 + \text{R}\$ 1,45 = \text{R}\$ 346,29$

4.4.2 Custo de operação do sistema elétrico

Para o cálculo do consumo de energia elétrica, será considerado a potência do chuveiro elétrico e torneira elétrica, 7500W e 5500W, respectivamente.

1 pessoa realizando 1 banho: 10 minutos

2 banhos por dia: $10 \times 2 = 20 \text{ minutos}$

Quantidade de tempo gasto em 1 mês: $20 \text{ minutos} \times 30 \text{ dias} = 600 \text{ minutos}$

Transformando em horas: $600 / 60 = 10 \text{ horas por mês}$

4 pessoas = $10 \text{ horas} \times 4 = 40 \text{ horas}$

Consumo dos chuveiros elétricos: $40 \text{ horas} \times 7.500 \text{ W} = 300 \text{ kWh}$

Para o consumo da torneira elétrica, os cálculos serão mostrados abaixo:

Consumo de tempo para 1 dia: 1 hora

Consumo para 30 dias: $30 \times 1 = 30$ horas

Consumo da torneira elétrica: $30 \text{ horas} \times 5.500 \text{ W} = 165 \text{ kWh}$

Consumo total dos equipamentos do sistema: $300 + 165 = 465 \text{ kWh}$

Com base na tabela 9 e acrescentando os impostos estaduais, a Tarifa de Energia (TE) está precificada em R\$ 0,38302 e Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) está com o valor de R\$ 0,53604, valores por kWh e referentes ao mês de outubro de 2022 que está com a bandeira tarifaria branca.

Custo dos equipamentos: $465 \times (0,38302 + 0,53604) = \text{R\$ } 427,36$

A partir dos valores obtidos nos custos de operação de cada sistema, os valores totais ficaram conforme a Tabela 23:

Tabela 23: Custo de consumo da operação dos sistemas

	Sistema a gás	Sistema elétrico	Diferença entre os sistemas:
Custo mensal para 1 unidade:	R\$ 346,29	R\$ 427,36	R\$ 81,07
Custo mensal para as 38 unidades:	R\$ 13.159,02	R\$ 16.239,68	R\$ 3.080,66

Fonte: Autor (2022)

De acordo com a Tabela 23, observa-se que o custo de operação do sistema elétrico para um apartamento tipo corresponde a R\$ 427,36 o que significa um valor de 23,41% acima do sistema a gás. Sendo no valor total acima de R\$ 3.080,66 para as 38 unidades residenciais.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho abordou uma área da engenharia civil que é importante nas atuais residências unifamiliares e multifamiliares, que é o sistema de aquecimento de água adotado e seu custo. O estudo possibilitou conhecer um pouco mais sobre as instalações prediais de aquecimento de água utilizando o sistema de aquecimento elétrico ou o sistema de aquecimento a gás e entender a sua importância dentro da construção civil.

O estudo de caso realizado com a análise de custo e benefício dos sistemas de aquecimento em uma edificação residencial multifamiliar, sendo alcançados os objetivos específicos propostos com os estudos sobre os sistemas a gás e elétrico para aquecimento de água de uma residência, o seu dimensionamento e a quantificação com orçamentos de cada sistema e, por fim, um comparativo entre os sistemas.

Em relação ao custo de construção dos sistemas, de acordo com os resultados, o custo total de construção da edificação residencial do sistema com o aquecedor de passagem, obteve-se o valor de R\$ 703.659,15 e o custo com a utilização do sistema com os equipamentos elétricos ficou em R\$ 828.163,36. Com isso, a diferença entre o custo de materiais na edificação foi de R\$ 124.504,21, o que conseguiria executar 6 unidades com o sistema a gás. Em percentual, o custo de construção do sistema elétrico é 17,69% mais oneroso que o sistema executado com o sistema que utiliza o aquecedor de passagem.

Já em relação ao custo de operação dos sistemas, o valor mensal do sistema elétrico ficou em R\$ 16.239,68 e o sistema a gás ficou em R\$ 13.159,02. Em percentual, o custo de operação do sistema a elétrico sobre o sistema a gás ficou em 23,41% mais elevado financeiramente. Com isso, a diferença mensal entre os dois sistemas, que é de R\$ 3.080,66, daria para custear 8 unidades com o sistema elétrico.

Pode-se concluir que o sistema a gás é o mais viável economicamente para execução na construção civil com as características da edificação pois tem um custo menor em relação ao material utilizado. Além disso, esse sistema terá maior benefício para a construtora tendo em vista que a economia em relação ao sistema elétrico é de R\$ 124.504,21.

Também é possível admitir que o sistema de aquecimento com o aquecedor de passagem a gás é o mais econômico para os usuários pois seu custo de operação é de R\$ 346,29 e o custo do sistema com equipamentos elétricos é de R\$ 427,36 o que dá uma diferença mensal

de é R\$ 81,07. Essa diferença geraria uma economia anual de R\$ 972,84 ou 23,51%, o que também torna o sistema mais benéfico.

No geral, o sistema mais adequado para construção e utilização é o sistema a gás pois o seu custo de construção e utilização é menor. Dessa forma, o sistema proposto não é uma opção adequada pois não tem nenhuma vantagem de custo e benefício sobre o sistema executado com o aquecedor de passagem a gás.

Apesar dos resultados apresentados terem mostrado que o sistema de aquecimento utilizando o aquecedor de passagem seja mais viável em relação a material e consumo, deve-se complementar as informações dos custos com a inclusão do custo de mão de obra e custo para futuras manutenções para trabalhos futuros. Além disso, a verificação sobre a geração de energia e o seu impacto na sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- AMBIPAR. **Gestão de energia: breve história da matriz energética brasileira.** 2020. Disponível: <https://www.verdeghaia.com.br/gestao-de-energia-matriz-energetica/>. Acesso: 18 mar. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. **A distribuição de energia.** 2021. Disponível: <https://www.abradee.org.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia/>. Acesso: 29 mai 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410:** Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5459:** Manobra e proteção de circuitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5624:** Eletroduto rígido de aço-carbono, com costura, com revestimento protetor e rosca. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15465:** Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5626:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 1546:** Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- AGENCIA NACIONAL DO PETROLEO. **Gás liquefeito de petróleo - GLP.** 2021. Disponível: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural/gas-liquefeito-de-petroleo-glp>. Acesso: 5 mar. 2022.
- CHAGAS, Marcos Rezende. **Gestão do nível de gás de cozinha (GLP).** Universidade tecnológica federal do Paraná. Curitiba, 2018. 42p.
- CHAGURI JUNIOR, José Jorge. **Sistemas prediais de aquecimento de água a gás: Parâmetros de dimensionamento e gerenciamento.** Dissertação de mestrado. USP. São Paulo, 2009. 103p.
- CONDEX. **Cabo de cobre isolado.** 2020. Disponível: <https://www.condexcabos.com.br/cabo-cobre-isolado>. Acesso: 07 mai. 2022.
- COPPERMETAL. **Vantagens e indicações de uso para tubulação de cobre.** 2020. Disponível: <https://www.coppermetal.com.br/blog/cobre/tubulacao-de-cobre/>. Acesso: 30 abr. 2022.
- COPREL. **Você conhece o caminho da energia elétrica que chega até a sua casa?** 2021. Disponível: <https://www.coprel.com.br/Noticia/voce-conhece-o-caminho-da-energia-eletrica-que-chega-ate-a-sua-casa->. Acesso: 6 mar. 2022.
- CREDER, Hélio. **Instalações elétricas.** 2015. 15ª edição. LTC,

DIMENSIONAL. Eletroduto Flexível Não Metálico Corrugado Pvc Amarelo 3/4 ''.

Disponível:

<https://www.dimensional.com.br/eletrodutoflexivelnaometalicocorrugadopvcamarelo34e020200102wetzelp>. Acesso: 28 mai 2022.

ELEKTRO. Instalações elétricas residenciais. 2003. Disponível:

<http://www.etelg.com.br/downloads/eletronica/apostilas/ie%20parte2.pdf>. Acesso: 29 mai 2022.

ELETROBRAS. Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial. 2019. Disponível: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/PPH-2019.aspx>.

Acesso: 26 fev. 2022.

ELETROLUZ. Chuveiro elétrico: saiba quem foi o inventor. 2020. Disponível:

<https://www.eletroluz.net/blog/chuveiro-eletrico-saiba-quem-foi-o-inventor/#:~:text=Chuveiro%20el%C3%A9trico%3A%20evolu%C3%A7%C3%A3o,devido%20ao%20maior%20isolamento%20el%C3%A9trico>. Acesso: 26 jun 2022.

ENEL. Tarifas ENEL-CE. 2022. Disponível: https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/megamenu/taxas,-tarifas-e-impostos/Tarifas-ENEL-CE%20bandeira-VERDE_%20Maiol22%20REH-3026_220422.pdf. Acesso: 28 abr 2022.

FAM. Qual dispositivo DR usar em uma residência? 2018. Disponível:

<https://engfam.com.br/qual-dispositivo-dr-usar/>. Acesso: 17 mai. 2022

FOGÁS. Botijão de gás 45 kg. Disponível: <https://www.fogas.com.br/granel/botijao-de-gas-45kg/>. Acesso: 13 mar. 2022.

FORESTIERI. Cabo Multipolar: conheça as características deste produto para instalações elétricas. 2021. Disponível: <https://www.forestieri.com.br/blog/publicacoes/industrias/cabo-multipolar-conheca-caracteristicas-deste-produto-para-instalacoes-eletricas/>. Acesso: 07 mai. 2022.

GILI, Luiz Carlos et al. Chuveiros eletrônicos: conhecer para ter consciência. no. Equação, v. 1, 2012.

GODOY, Ariel de. Patologia nas instalações hidrossanitárias de prédios residenciais:

Redes de água fria e água quente. UNISC, 2020. 74p.

GUGEL, Eloir Carlos. Instalações prediais de água quente. UFSC, 2005. 22p.

HIDROSUL. Aquecimento da água na história humana até os dias atuais. 2021.

Disponível: <https://hidrosul.com/blog/aquecimento-da-agua-na-historia-humana-ate-os-dias-atuais#:~:text=Tudo%20come%C3%A7ou%20a%20mudar%20em,tentava%20aquecer%20direto%20da%20torneira>. Acesso: 18 mar. 2022.

INICIATIVA VERDE. Banho quente chuveiro elétrico ou a gás? 2014. Disponível:

<https://iniciativaverde.org.br/noticias/banho-quente-chuveiro-eletrico-ou-a-gas>. Acesso em: 05 mar. 2022.

IPCE. Cabos elétricos. Disponível: <http://www.ipce.com.br/old/introducao.html>. Acesso: 08 mai. 2022.

JORNAL O POVO. **Preço do gás de cozinha volta a subir no Ceará, retorna a R\$100 e é o mais caro do nordeste.** 2022. Disponível:

<https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/03/22/preco-do-gas-de-cozinha-volta-a-subir-no-ceara--retorna-a-r--100-e-e-o-mais-carro-do-nordeste.html>. Acesso: 20 mar. 2022.

LIMA FILHO, Domingos Leite. **Projetos de instalações elétricas prediais.** 12. ed. São Paulo: Érica, 2011. 271 p.

LORENZETTI. **Duchas, chuveiros, torneiras e aquecedores elétricos de água.** 2021. Disponível: <https://www.lorenzetti.com.br/docs/default-source/cat%C3%A1logos/ad.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2022.

MELLO, Gustavo Cunha. **Conhecer o gás GLP ajuda a explicar os acidentes e evitá-los.** Blog Prof. Gustavo Cunha Mello, 2011. Disponível em: <https://www.segurado.com.br/bloggustavo/?p=454>. Acesso em: 5 mar. 2022.

MICHEL, Daniel; EDLER, Marco Antônio Ribeiro. **O CHOQUE ELÉTRICO E A PROTEÇÃO DIFERENCIAL RESIDUAL.** 2018.

MONTU, Thiago Mendonça Sandanielli. **Estudos comparativo de sistemas residenciais de aquecimento de água.** Universidade de Brasília. Brasília, 2016. 39p.

MUNDO DA ELÉTRICA. **Neutro, de onde surge? Para que serve?** 2022. Disponível: <https://www.mundodaeletrica.com.br/neutro-de-onde-surge-para-que-serve>. Acesso: 25 mar 2022.

PANDOLFO, Carlos Rodrigo. **Projeto de ducha eletrônica: Facilitando a troca da resistência.** Centro Universitário Univates, 2016. 90p.

PEREIRA, Mateus Yuri Pinheiro. **Montagem e experimento de um aquecedor de água GLP – Modelagem da combustão.** UFRN, 2018. 40p.

PEREIRA, Luis Fernando Freire. OLIVE, Luan Felipe Rodrigues. **Estudo comparativo em projeto hidráulico em PVC e PEX.** Unievangelica, 2018. 68p.

PETROMAX. **Tubos e conexões em cobre.** 2022. Disponível: <https://www.petromax.com.br/nossos-produtos/tubos-e-conexoes-em-cobre.html>. Acesso: 29 mai 2022.

PIRES, Cosme. **O que são as curvas abc nos disjuntores?** 2013. Disponível: <https://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/curvas-abc-nos-disjuntores/>. Acesso: 01 mai. 2022.

RINNAI. **Aquecedor a Gás REU-2402 FEH.** 2022. Disponível: <https://www.rinnai.com.br/aquecedores-a-gas/linha-digital/reu-2402-feh-1#0>. Acesso: 20 mai 2022.

SCHNEIDER. **INTERRUPTOR DIFERENCIAL RESIDUAL EASY9 4P 30MA 63A CLASSE AC 3000A 415V.** 2022. Disponível: <https://loja.se.com/dr---interruptor-diferencial-residual-schneider-ez9r33463-easy9-4p-30ma-63a-classe-ac-1101257/p>. Acesso: 05 mai 2022.

SIEMENS. **Minidisjuntores 5SL, 5SY, e 5SP** A proteção adequada para cada tipo de projeto. 2018. Disponível: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:fcde51c5-5a34-4778-a2e4-346e85b9450a/catalogo-minidisjuntores-set18-alta.pdf>. Acesso: 28 mai 2022.

SILVA, Ângela Beatriz. OLIVEIRA, Thiago Pacheco Lopes. **Desenvolvimento de um sistema conjugado de chuveiro elétrico e água quente de um reservatório para o banho.** Universidade tecnológica federal do Paraná. Pato Branco, 2018. 83p.

SODIMAC. **Tubos e conexões de CPVC.** 2022. Disponível: <https://www.sodimac.com.br/sodimac-br/category/cat170821/tubos-e-conexoes-de-cpvc/>. Acesso: 28 mai 2022.

SULGÁS. **5.1 Dimensionamento das tubulações de instalação predial.** 2020. Disponível: https://www.sulgas.com.br/images/pdf/RIP2020/RIP-2020_5-Dimensionamento.pdf. Acesso: 22 mai 2022.

TIGRE. **Elétrica.** 2022. Disponível: <https://www.tigre.com.br/produtos/obras-e-reformas/eletrica?page=2>. Acesso: 08 mai. 2022.

TRIBUNA DE LIMEIRA. **Gás natural x GLP: Quanto custa o custo mensal.** 2021. Disponível: <http://portaltribuna.com.br/2021/07/gas-natural-x-glp-quanto-custa-o-consumo-mensal/#:~:text=Um%20botij%C3%A3o%20de%20cozinha%20de,16%2C66%20por%20m3>. Acesso em: 20 mar. 2022.

TUDO HOUSE. **Como escolher o melhor aquecedor de água a gás para a sua necessidade.** 2022. Disponível: <https://www.tudohouse.com.br/pagina/como-escolher-o-melhor-aquecedor-de-agua-a-gas-para-a-sua-necessidade.html>. Acesso: 19 mar. 2022.

ULTRAGAS. **Gás GLP x Gás natural: verdadeiro ou falso?** Disponível: <https://ultragazempresas.com.br/comercio/pizzarias/gas-glp-x-gas-natural-verdadeiro-ou-falso/#comment-2666>. Acesso: 30 jun 2022.

VIVA DECORA. **Conheça o chuveiro blindado e descubra quais são as suas vantagens.** 2018. Disponível: <https://www.vivadecora.com.br/revista/chuveiro-blindado/#:~:text=O%20chuveiro%20blindado%2C%20por%20sua,em%20contato%20com%20a%20%C3%A1gua>. Acesso: 07 mai.2022.

WAINER, Jacques et al. **Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação.** Atualização em informática, v. 1, n. 221-262, p. 32-33, 2007.