

Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG
Curso de Engenharia Civil

MARCOS VINÍCIUS TEIXEIRA DA SILVA
MIKAEL RODRIGUES ARAUJO

ESTUDO DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA EM
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR

Publicação Nº 05

Goianésia - GO
2022

MARCOS VINÍCIUS TEIXEIRA DA SILVA
MIKAEL RODRIGUES ARAUJO

**ESTUDO DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA EM
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR**

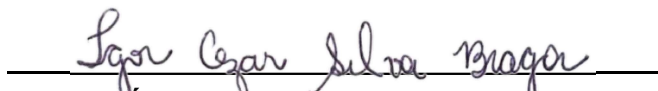
Publicação Nº 05

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, EM FORMA DE ARTIGO,
SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG**

APROVADO POR:



**ROBSON DE OLIVEIRA FÉLIX, Mestre (FACEG)
(ORIENTADOR)**



**IGOR CÉZAR SILVA BRAGA, Mestre (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**JÉSSICA NAYARA DIAS, Mestre (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, MARCOS VINÍCIUS;
ARAÚJO, MIKAEL RODRIGUES.

Estudo de reaproveitamento de água cinza em edificação residencial unifamiliar 2022 , 22P, 297 mm (ENC/FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2022).

ARTIGO – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

1. ÁGUA CINZA	2. REAPROVEITAMENTO
3. Correlações	4. Sistema Hidrossanitário
I. ENC/FACEG	II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, M. V. T. e ARAÚJO, M. R. Estudo de reaproveitamento de água cinza em edificação residencial unifamiliar, Publicação 05 2022/2 Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, Goianésia, GO, 22p. 2022.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Marcos Vinícius Teixeira da Silva e Mikael Rodrigues Araújo

TÍTULO DO TRABALHO DO ARTIGO: Estudo de reaproveitamento de água cinza em edificação residencial unifamiliar

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2022

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Marcos Vinícius Teixeira da Silva
Rua 26, 256
76380169 – Goianésia/GO - Brasil



Mikael Rodrigues Araújo
Rua 7, 552
76385858 – Goianésia/GO - Brasil

ESTUDO DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR

Marcos Vinícius Teixeira da Silva¹

Mikael Rodrigues Araújo²

Me. Robson de Oliveira Félix³

RESUMO

As constantes variações climáticas e o crescente aumento populacional influenciam na disponibilidade hídrica em geral, gerando preocupação com a falta de água tão discutida mundialmente, abrindo espaço de pesquisas para oportunidade de inovações dentro da engenharia civil, sendo uma delas a reutilização de água cinza, principalmente para residências unifamiliares. A aplicação de um sistema sustentável de reuso de água cinza de modo viável ao consumidor é o que move as diretrizes deste trabalho, demonstrando os resultados de um projeto originalmente pensado para o reaproveitamento no seu sistema hidrossanitário, redesignando volumes que em um projeto padrão seriam descartados na primeira utilização. Para o estudo, foi utilizado um projeto residencial com área construída de 196,62 m², considerando 1.200 L de consumo diário total na residência, unido a informações de efluentes reaproveitáveis e demanda hídrica não potável para descargas sanitárias e torneiras de jardim. Para a análise de viabilidade econômica, foi desenvolvido dois projetos hidráulicos e sanitários, sendo eles convencional e com sistema de reaproveitamento de água cinza mediante *software* QiBuilder para obtenção de listas de materiais e custos de implantação. Um paralelo entre os resultados é visível, identificando uma diferença financeira de R\$ 10.411,90 para a implantação de sistema de reaproveitamento de água cinza, equivalente a um aumento de 162% no custo de instalações hidrossanitárias na edificação, principalmente pelo custo do sistema de tratamento necessário para qualificar a água para reuso. O projeto, além de sustentável, é uma boa alternativa de economia, porém ao mesmo tempo questionável quanto ao alto custo de implantação, considerando que o usuário pretenda ter um retorno a curto prazo das adaptações, afinal os resultados demonstram que o *payback* financeiro do projeto é de aproximadamente 38 meses. Ademais, o sistema de reuso é uma excelente opção de investimento sustentável a longo prazo, contanto que haja planejamento prévio tanto na obra quanto na destinação final do volume de água reaproveitada.

Palavras-chave: reuso de água cinza, engenharia civil, sustentabilidade.

¹ Discente do curso de Engenharia Civil da Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG). E-mail: marcosvtg2009@hotmail.com

² Discente do curso de Engenharia Civil da Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG). E-mail: rodriguesmikael@gmail.com

³ Mestre, professor do curso da Faculdade Evangélica de Goianésia. E-mail: robsonfelix.eng2014@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Dentre os fatores característicos para a coexistência da vida, nos limites da astronomia, tem-se a água líquida. Aplicando esse fato diante a realidade mundial, onde a porcentagem de água doce e líquida disponível é inferior a 3%, um alerta deve ser ligado. A água doce define-se então como um dos bens mais preciosos e necessários para a existência dos seres vivos, entretanto uma grande parcela desses seres vivos é responsável pela escassez eminente desse recurso, bem como irresponsabilidades acerca de assuntos como a utilização moderada e ecologia das fontes hídricas (SCHERER, 2014).

A deficiência de água em âmbito mundial divide-se em dois fatores, sendo eles a distribuição desigual, além da disponibilidade discrepante dos recursos (LIMA, 2005). A segregação de recursos em geral na sociedade contemporânea somada à oferta natural desses recursos, muitas vezes em regiões de grande concentração populacional, é insuficiente, enquanto são abundantes em locais onde a demanda é mínima, pertencendo ao Estado a responsabilidade de uma plena gestão da água.

Visando o melhor aproveitamento dos recursos hídricos, a reutilização da água cinza é uma opção viável e ecologicamente favorável, já que essa água consiste naquela que seria descartada após a utilização em chuveiros, pias, máquinas de lavar roupa e lavatórios, se abstendo de casos em que a água é considerada negra, proveniente de máquinas de lavar louça e bacias sanitárias. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em 2021 o consumo urbano atingiu a parcela de 17% do consumo geral nacional, número que cresceu anualmente, alertando assim a real necessidade de medidas sobre o assunto (BRASIL, 2021).

Nesse contexto, agregando a demanda de alternativas de valorização da água líquida acessível com as constantes inovações inerentes a construção civil, propõe-se neste trabalho, a adequação de um projeto residencial convencional com mudanças no aspecto hidrossanitário de reaproveitamento da água cinza, analisando e apontando os prováveis custos e benefícios, além do retorno financeiro futuro esperado com o novo modelo. A intenção é economizar no consumo de atividades básicas diárias, apresentando um prazo de retorno financeiro de um sistema mais sustentável.

As consequências positivas do reaproveitamento de água são diversos, variando entre o despejo nos cursos de água, a diminuição do consumo de águas de lençóis freáticos e subterrâneas proporcionando aumento nos números de água potável disponível, assim como novos modelos de consumo (SILVA *et al.* 2013).

Alguns estudos apontam que a fração de água cinza oriundas do consumo residencial é capaz de suprir até 49% das aplicações domésticas que elas se encaixam (SANT'ANA, 2011). Trazendo para a realidade nacional, onde a segregação econômica e sanitária é presente, medidas como essas podem impactar consideravelmente no custeio básico familiar, pensando até mesmo no âmbito governamental, incentivando financeiramente ou aplicando em seus programas de moradias, refletindo no consumo geral final, bem como nas faturas mensais de cada residência.

O trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de reutilização residencial unifamiliar de água cinza, a fim de implementar um novo sistema hidrossanitário, mostrando da importância da reutilização perante a crise hídrica de relevância mundial até as vantagens e desvantagens ao aplicar tal sistema na edificação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A distribuição de água em solo nacional é taxada como abundante, principalmente se comparada a níveis mundiais, fator que desperta certo desmazelo quanto a preservação e

utilização perspicaz da população nacional. A disponibilidade de água em excesso para locais de baixa demanda, como Amazônia, somada a alta carência hídrica de metrópoles como São Paulo, explicam a realidade de falta de água, aumento das tarifas públicas e constantes racionamentos, além disso, medidas cada vez mais drásticas vem sendo realidade, a exemplo disso, cerca de 20 propostas de melhorias a nível constitucional, bem como legítimas acerca da gestão de águas em solo brasileiro (ANA, 2019).

Após os fatos citados, vale expandir a nível mundial, onde os conceitos de desenvolvimento sustentável, ecologia e reutilização são predominantes principalmente no aspecto da utilização hídrica, já que é cada vez um fator mais valioso, estratégico, além de ser tema assíduo de debates entre as nações e suas organizações. Afinal, o risco é eminente de restrições na distribuição e controle drástico, ligado a crescente demanda na geração de energias e irrigação agrícola (IPCC, 2014).

Devido as problemáticas apresentadas, questões como reutilização de águas são pertinentes e atuais, portanto, apresentadas a fim de explicar e viabilizar métodos e suas particularidades. De Oreo et. al. (1996), ressalta que a efetividade de projetos de conservação hídrico variam conforme aplicação final, ou seja, a reutilização de água pode ser para fins potáveis ou não, determinando o tipo de processo adotado, como por exemplo, de aproveitamento das águas pluviais (AAP), como o de água cinza (RAC).

Para o reaproveitamento de águas para fins não potáveis, o reuso está associado a descargas sanitárias, lavagem de veículos e/ou áreas externas, além de irrigação de áreas permeáveis (ELIZIÁRIO, 2015).

Como descrito na NBR 13969 (ABNT, 1997):

No caso do esgoto de origem essencialmente doméstico ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem dos pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens etc.

Alguns estudos confirmam a eficácia desses sistemas de reaproveitamento, por exemplo em atividades básicas diárias, como a descarga sanitária, cuja água pode advir da segregação controlada da utilização em pias e máquinas de lavar, tendo como resultado cerca de 17,7% e 34,8% em águas pluviais e cinzas, respectivamente (GHISI, 2007).

2.1. Classificação por Cores de Rede de Esgoto

Quando se analisa a água utilizada em edificações, mediante suas características físicas, químicas e biológicas, pode-se classificá-la, segundo Monteiro (2014) como água branca, amarela, negra ou cinza. Água branca é aquela que passa por tratamento e é encanada até chegar nas residências da população. É potável, sendo obtida em rios e lagos e podendo ser consumida pelos seres humanos (CAVALEIRO, 2014).

A água classificada como negra é advinda principalmente da excreção humana, contendo dejetos de urina e fezes, o que torna imprópria para o consumo e possui tratamento separado das demais, por meio das caixas de esgoto sanitário. Seu volume é superior as demais tipologias ligadas a água, além da sua concentração de microrganismos, muitas vezes portadores tanto de patologias, como também nutrientes (GONÇALVES, 2006).

A água amarela, segundo Cavaleiro (2014), se dá pelo fato de o efluente conter urina, que é proveniente de vasos sanitários ou mictórios adaptado para separar fezes e urinas. Do mesmo modo da água negra, não é viável a sua reutilização em edificios residenciais. A água

cinza, para Rampelotto (2014), consiste nos efluentes oriundos de lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar roupa, pias, mas que não seja proveniente dos vasos sanitários.

O Manual da FIESP (BRASIL *et al*, 2005, pg.58) conceitua água cinza para reuso como aquelas que são oriundas de aparelhos domésticos como chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas e que não tenha contribuição de pia de cozinha ou bacia. Ela é a melhor alternativa quando se pensa em reaproveitamento para uso doméstico, pois é possível produzir um sistema capaz de realizar seu tratamento, sendo técnica e economicamente acessível (REBÊLO, 2011).

2.2. CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA CINZA

Não é possível estabelecer uma composição precisa da água cinza, pois depende de uma série de fatores, podendo ser influenciada até pelo costume e estilo de vida utilizador. Entretanto, ao comparar com o esgoto comum, é perceptível os baixos níveis de matéria orgânica e nutrientes nessas águas, pois não estão incluídos resíduos fecais, urina e papel higiênico (ERIKSSON *et al*, 2002).

2.2.1 Características Físicas e Químicas

Os fatores que definem a água como sendo cinza, não sendo apenas devido a terminologia que remete a ideia da coloração, mas também por ser advinda de chuveiros, tanques e máquinas de lavagem (FIORI, *et al*. 2006). Sendo assim, líquidos provenientes desses, principalmente das atividades citadas, possuem também características físicas que as separam das demais, conforme afirma Bazarella (2005) o visual turvo e possíveis materiais solidificados são pertencentes as águas cinza, além de serem fatores que dificultam a sua desinfecção de microrganismos.

Ademais, dentre os fatores importantes, as variações das características dessa água cinza são as fontes de abastecimento, bem como as de distribuição da água de reuso, podendo variar entre residências e tipos de qualidade de vida (REBELO, 2011). Estudos realizados, adotaram resultados de turbidez próximos a 56 uT (Unidade de Turbidez) por meio de Rampelotto (2014).

Contudo, fatores que diferenciam as águas cinza, das negras, são principalmente a concentração de material contaminado com excreções, insumos tóxicos e de substâncias poluidoras, o que possibilita identificar possibilidades de reutilização e tratamento para as mesmas, ainda que não potáveis, podem ser aplicadas para fins domésticos e residenciais, valorizando assim tanto suas características quanto sua disponibilidade em meio industrial e urbano (CARDOSO, 2018).

De acordo com May (2009) divide-se os parâmetros químicos em grupos como: compostos orgânicos, compostos nitrogenados e fosforados e outros componentes. Na água cinza, mesmo que não ocorra contribuição dos vasos sanitários, é possível notar uma quantidade significativa de matéria orgânica e inorgânica. Essas, são oriundas de resíduos corporais e produtos químicos utilizados no cotidiano (MAY, 2009).

Para obter um indicativo de risco de depleção de oxigênio, usa-se valores de DQO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), onde grande parte da DQO se encontra em detergentes e produtos de limpeza. É esperado que os níveis do esgoto doméstico e DQO sejam semelhantes, além de obter valores baixos para concentrações de DBO (ERIKSSON *et al.*, 2002).

Em relação ao nitrogênio na água cinza, Eriksson *et al* (2002) descreve essas concentrações de 0,6 a 74 e 20 a 80 (mg.L^{-1}) o que represente um valor inferior ao esgoto

convencional. Além disso, com concentrações entre 4 e 70 mg.L⁻¹, o que mais contribui para o nível de nitrogênio são resíduos originados na cozinha.

Por ainda ser permitido o uso de detergente com fosfato em alguns locais, a principal fonte de fósforo em água cinza são os detergentes (ERIKSSON *et al.*, 2002). Logo explica o fato dessa concentração ser mais notada em águas oriundas de máquinas de lavar do que em água que provêm dos chuveiros (MAY, 2009). Segundo Otterpohl (2001) chega a 70% menor a quantidade de fósforo na água cinza onde é proibido o uso desses detergentes.

De acordo com Bazzarella (2005), o nível de pH da água cinza é dependente do pH da água de abastecimento. Entretanto, o uso de alguns produtos químicos, como o detergente e sabão, podem contribuir com um aumento do pH. Além disso, tem-se informação sobre riscos de entupimento das tubulações através de médias de alcalinidade e dureza (ERIKSSON *et al.*, 2002).

Os óleos e graxas tem como principais fontes, óleos e gorduras utilizados no preparo da comida, além de ser encontrados através de resíduos existente no corpo e roupas (MAY, 2009).

2.3 TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

Os tipos de tratamentos de água cinza podem variar principalmente em relação a vazão em curtos períodos e a degradação biológica ligada a esse tratamento. Segundo Jefferson *et al.* (1999), existem diversos modelos e processos desenvolvidos no tratamento de água cinza, variando entre obras residenciais de pequeno porte até projetos avançados de maior escala.

Os processos de tratamento de água cinza se assemelham às estações de tratamento de esgoto, principalmente devido as características biológicas da água. Porém, as exigências inerentes a qualidade da água tratada são superiores principalmente na aplicação direta em edificações, conforme os exemplos a seguir descritos por Jefferson *et al* (1999):

a) Métodos Simples de tratamento

1. O efluente originado dos chuveiros, lavatórios e da máquina de lavar serão encaminhados ao reservatório de equalização;
2. Posteriormente será dirigido ao tratamento biológico (biodisco), para que ocorra a degradação da matéria orgânica;
3. Em seguida passará para o reservatório de decantação secundária, a sedimentação acontece em forma de lodo, formado pelo material orgânico já degradado;
4. Após isso ele continua até o sistema de filtração para retirada das partículas sólidas ainda dispersas;
5. Por último, a água cinza é encaminhada para desinfecção, por adição de cloro.

b) Sistema Biológico

O tratamento biológico de água cinza ocorre a fim de retirar o material biodegradável, indicado principalmente para sistemas grandes com maior demanda de distribuição. Esses procedimentos, biorreatores MBR com membranas (*membrane bio-reactor*), ajustam reatores de lodo ativado com membranas de microfiltração (KISHINO *et al.*, 1996).

Associação Reator Anaeróbio de Manta de lodo e fluxo ascendente (UASB) + Biofiltros Configurações de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) associando em série reatores UASB e BF já têm sido objeto de pesquisa pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES desde 1996 (BOF, 1996; VERONEZ, 2001). No Brasil, associações em série de reatores UASB e biofiltros aerados submersos (BF) já são utilizadas largamente como solução para o tratamento de esgoto em pequenos e médios municípios (GONÇALVES, 2003).

Outro trabalho experimental desenvolvido em Florianópolis consiste em um sistema para tratamento e reuso de água cinza gerada em uma residência unifamiliar (MAGRI *et al.*, 2008). O processo de tratamento era composto por:

1. Caixa receptora das água cinza;
2. Filtro aeróbio de brita;
3. Filtro aeróbio de areia;
4. Reservatório.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse tópico são descritos os passos necessários para obtenção dos dados referentes à estimativa do consumo, dimensionamento e detalhamento do projeto hidrossanitário de reuso de água cinza e custos de implantação.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Para o estudo de reaproveitamento de água cinza, foi utilizado um projeto de uma residência unifamiliar de padrão médio, localizada no município de Jaraguá, estado de Goiás. A residência possui uma área construída de 196,69 m², construída em um terreno de 450,00 m², conforme planta baixa apresentada no Anexo C.

A edificação possui garagem (33,25 m²), Hall de entrada (4,11 m²), Sala TV (15,61 m²), Cozinha/Copa (35,77 m²), 2 suítes americanas (11,52 m²), Suíte Master (16,78 m²), Closet (5,25 m²), Banheiro americano (4,94 m²), Banheiro master (3,78 m²), Hall Circulação (5,39 m²), Banheiro externo (3,15 m²), Área de serviço (6,73 m²), Varanda (20,99 m²).

3.2 CONSUMO DE ÁGUA

O consumo total de uma residência de padrão médio é determinado pela relação entre o número de pessoas e o consumo *per capita* de água por dia para a edificação em questão, conforme Equação 1.

$$CD = P \times C \quad (1)$$

Sendo:

CD = Consumo diário de água na edificação (L/dia)

P = Número de pessoas na edificação

C = Consumo médio de água por pessoa por dia

Conforme ABRANTES (2015), de acordo com dados do Ministério das Cidades, o consumo médio diário de água por pessoa no Brasil é de aproximadamente 166 litros por dia. Para efeito de cálculo, Trata Brasil (2020) recomenda a utilização de 200L diários por pessoa de consumo (C), para edificações residenciais. Quanto ao número de pessoas (P), Patrick (2017) define para edificações residenciais, um número de 2 pessoas por quarto.

Considerando que a edificação possui 3 quartos e totalizando 6 pessoas na residência, tem-se um consumo de 1200 L/dia para a edificação do estudo de caso.

3.3 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA

A Tabela 1 apresenta percentuais de consumo de água para cada equipamento doméstico baseado em diferentes fontes, sendo elas: Barreto (2008), Botelho (2013), Coelho (2008), Sant'ana *et al* (2013a), PURA-USP (2006) e Mieli (2001). Com isso, é possível fazer uma estimativa do consumo de água por cada equipamento doméstico, auxiliando na definição do percentual referente a aparelhos com potencial de aproveitamento de água cinza, bem como percentual de aparelhos que podem ser abastecidos com tais águas. Os aparelhos analisados foram: bacia sanitária (VS), lavatório (LV), chuveiro (CH), pia de cozinha e máquina de lavar louça (MLL), máquina de lavar roupa (MLR), tanque de lavar roupa (TLR), torneira de jardim e calçadas (TJ).

Tabela 1 – Consumo de água por aparelho sanitário por diversos autores, em %

Aparelhos Sanitários	Barreto (2008)	Botelho (2013)	Coelho (2008)	Sant'ana (2013a)	PURA-USP (2006)	Mieli (2001)	Média
VS	5	33	23	17	29	35	24%
LV	4	8	5	9	6	6	6%
CH	14	15	18	23	28	27	21%
PIA/MLL	12	26	15	17	22	18	18%
MLR	20	0	20	21	9	7	13%
TLR	14	13	5	9	6	4	8%
TJ/Outros	31	5	14	4	0	3	10%

Fonte: Autores (2022)

Com esses valores obtidos na Tabela 1, é possível, através da média, separar e estimar a porcentagem de água que será para reuso e descarte. A Tabela 2 e 3 apresentam tais percentuais, bem como os aparelhos definidos como efluente reaproveitáveis, ou seja, os aparelhos que fornecem água para o sistema de tratamento e reuso, e os aparelhos de demanda, àqueles que podem ser abastecidos com água não potável, que nesse caso, seria a água cinza tratada no sistema.

Tabela 2 – Porcentagem de reaproveitamento

Efluente reaproveitável	
Aparelhos Sanitários	Média de consumo em porcentagem
Lavatório (LV)	6%
Chuveiro (CH)	21%
Máquina de lavar roupa (MLR)	13%
Tanque de lavar roupa (TLR)	8%
Total de Efluente reaproveitável	48%

Fonte: Autores (2022)

Tabela 3 – Porcentagem de reuso

Demanda de água de reuso	
Aparelhos Sanitários	Média de consumo em porcentagem
Vaso Sanitário (VS)	24%
Torneira de Jardim e Calçada (TJ) e outros	10%
Total de Demanda de água de reuso	34%

Fonte: Autores (2022)

Conforme descrito na Tabela 2, para edificações residenciais, tem-se um potencial de reaproveitamento de 48% do consumo total de água, enquanto mostrado na Tabela 3, o consumo referente aos aparelhos com potencial de uso de água não potável corresponde à 34%, isso implica em um sistema que consegue abastecer totalmente os aparelhos não potáveis, e ainda com uma parcela significativa destinada à descarte.

3.4 SOFTWARES DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Para a análise do desenvolvimento de projeto hidrossanitário de reaproveitamento de água cinza em edificação residencial, foi realizado um comparativo entre o projeto convencional hidrossanitário, com o lançamento pelos autores de um sistema de reaproveitamento de parte dos efluentes, ditos reaproveitáveis, para reuso em aparelhos com caráter não potável.

O projeto hidráulico e sanitário convencional foi obtido juntamente com o projeto de arquitetura já apresentado, pelo responsável técnico pela edificação, e tais projetos foram disponibilizados em formato .DWG, além de arquivos editáveis em plataforma BIM, desenvolvidos pelo *software* QIBuilder 2017, da empresa ALTOQI.

Todas as alterações no projeto, como lançamento de tubulações, conexões e cálculos para listagem de material foi feita pelo *software* QIBuilder 2017, da empresa AltoQI, além do Excel para alguns cálculos orçamentários.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONSUMO E APLICAÇÕES DO PROJETO MODELO

O objetivo da aplicação do sistema de reutilização de água cinza é redirecionar esse volume para uma estação simples de tratamento para que seja viável seu reaproveitamento, segregando essa água posteriormente em um reservatório distinto a água potável para distribuição nas demais finalidades.

Segundo a NBR 13969 (ABNT, 1997), é permitido a redistribuição da água não potável para as diversas demandas que podem variar entre as residências, portanto essa quantidade pode variar da quantidade de moradores, bem como as atividades exercidas na moradia, uma vez que o destino desse reuso não é potável.

Conforme definido anteriormente, o consumo diário do projeto modelo é de 1200 L/dia. Assim, tem-se a estimativa de consumo e reaproveitamento diário da residência apresentado nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Porcentagem e estimativa de consumo em litros do efluente reaproveitável

Efluente reaproveitável		
Aparelhos Sanitários	Média de consumo (%)	Consumo média diário (L)
Lavatório (LV)	6%	72
Chuveiro (CH)	21%	252
Máquina de lavar roupa (MLR)	13%	156
Tanque de lavar roupa (TLR)	8%	96
Total Reaproveitável	48%	576

Fonte: Autores (2022)

Tabela 5 – Porcentagem e estimativa de consumo da demanda de água de reuso em litros

Demanda de água de reuso		
Aparelhos Sanitários	Média de consumo (%)	Consumo média diário (L)
Vaso Sanitário (VS)	24%	288
Torneira de Jardim e Calçada (TJ)	10%	120
Total de Demanda	34%	408

Fonte: Autores (2022)

Observa-se pela análise das Tabelas 4 e 5 que a demanda de aparelhos para a água tratada, 408 litros, seria suficiente, com descarte de cerca de 168 L para demais atribuições, pois os aparelhos com potencial de reaproveitamento somam 48% do consumo de água da edificação, ou seja, um volume de 576 litros por dia. Vale lembrar que o cenário varia entre as edificações, principalmente em situações com área permeável expressiva, que pode se tornar um fator relevante dependendo da sua extensão. Conforme afirma Pereira (2018), o consumo diário médio para esse tipo de área pode chegar a 1,5 L/m², portanto basta uma área verde bem arborizada de 112 m² para consumir esse volume sobressalente, tornando o sistema cada vez menos oneroso.

4.2 PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA

Como forma de apresentar resultados referentes ao reuso de água cinza em um sistema residencial unifamiliar, foram feitas adaptações no sistema hidrossanitário dito convencional fornecido pelo engenheiro responsável pela residência utilizada no estudo de caso, acrescentando um sistema de tratamento necessário para a utilização da água cinza no sistema.

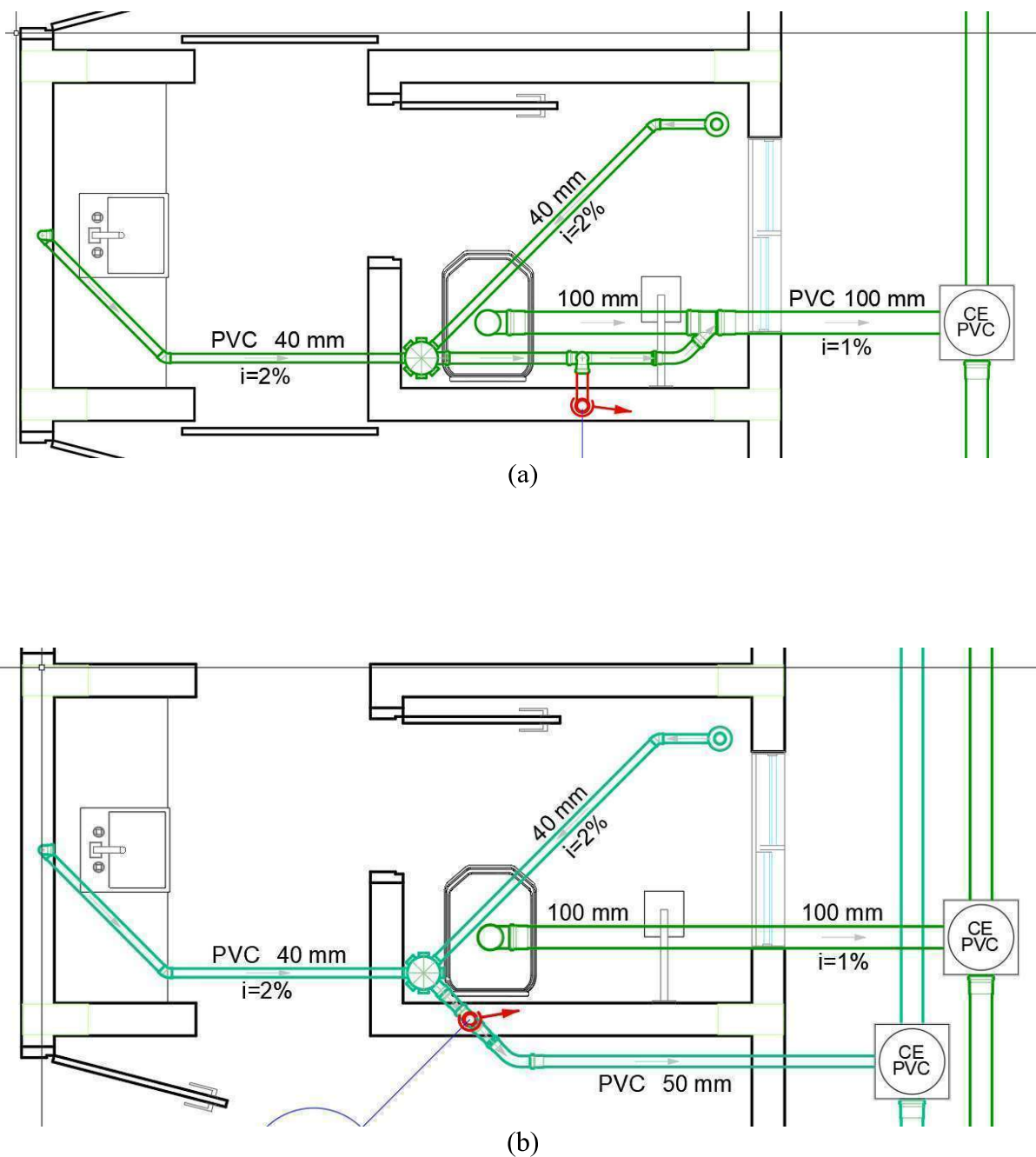
4.2.1 Projeto sanitário

Uma parcela da água descartada no sistema sanitário do projeto é a responsável pela redistribuição da água quando reaproveitável, bem como a segregação no esgoto daquele volume insalubre, portanto ele encaminha essa água para o sistema de tratamento e depois redistribui para os devidos fins de reutilização, logo o projeto convencional deve ser modificado em sua maioria para adequação dessas etapas.

conforme afirma Pereira (2018), o sistema convencional contava com cinco caixas de passagem que tiveram seu número aumentado para dez após as alterações, sendo que sua função é descontinuar as tubulações, separando efluentes com potencial reutilização daqueles que devem ser obrigatoriamente descartados.

A inserção das novas caixas de passagem ocorreu de forma distribuída em cada ambiente em que a água cinza seria coletada para tratamento e reuso, e os projetos sanitários convencional e de reaproveitamento de água cinza estão detalhados em Apêndice B. A Figura 2 ilustra a modificação realizada no sistema sanitário do banheiro das suítes 2 e 3. A Figura 2a apresenta a distribuição sanitária convencional do projeto original, enquanto a Figura 2b ilustra a modificação necessária para separar a água cinza de reaproveitamento, das demais águas que serão descartadas no sistema público de esgoto.

Figura 2 – Ligação do banheiro da suíte 2 e 3 de forma convencional (a) e para reaproveitamento (b)

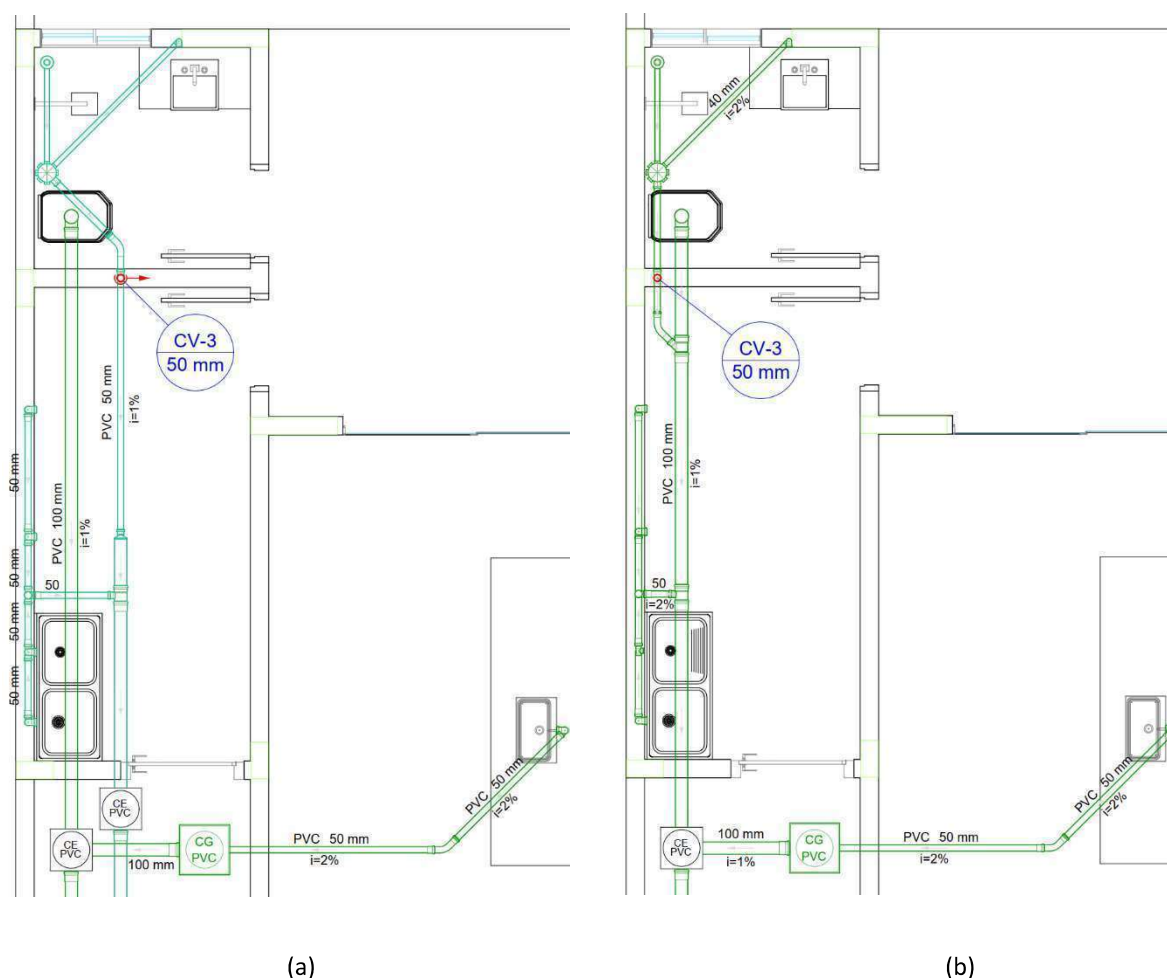


Fonte: Autores, 2022.

Conforme pode-se observar, na Figura 2a os refugos de toda instalação são destinados a uma mesma caixa de esgoto (CE). Por sua vez, na figura 2b tem-se duas caixas, uma recebendo os efluentes da bacia sanitária e a outra do restante dos dispositivos.

A Figura 3 ilustra a instalação sanitário do lavabo, área de serviço e cozinha.

Figura 3 – Instalação sanitário de lavabo, área de serviço e cozinha de forma convencional (a) e para reaproveitamento (b)



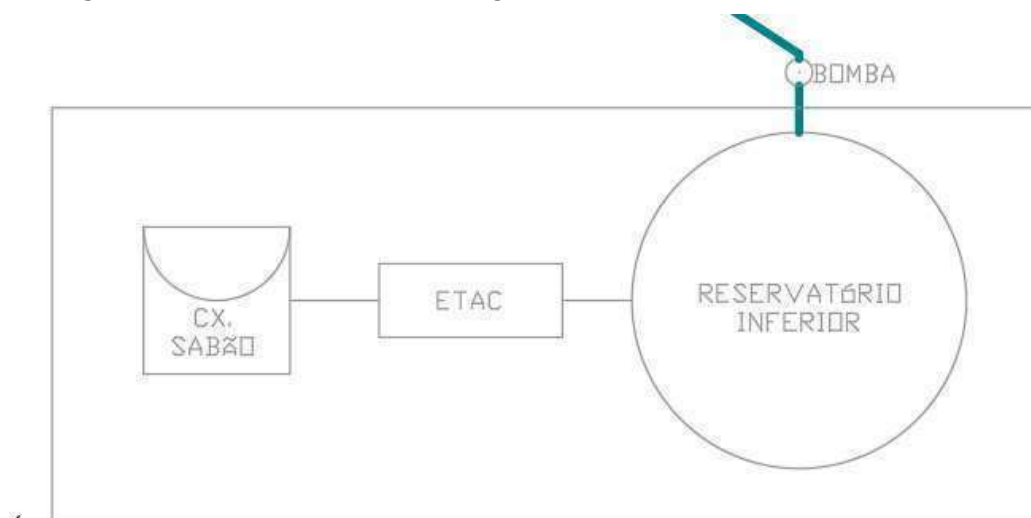
Fonte: Autores, 2022.

A instalação sanitária do lavabo, área de serviço e cozinha se concentra na parte esquerda da planta baixa da edificação, e coleta toda a água até um ponto de caixa de inspeção no projeto convencional original (Figura 3a). Após as modificações, tem-se dois caminhos da instalação de esgoto, sendo coletada os efluentes do lavatório, chuveiro, máquinas e tanques de lavar roupa para o sistema de reaproveitamento, conforme Figura 3b.

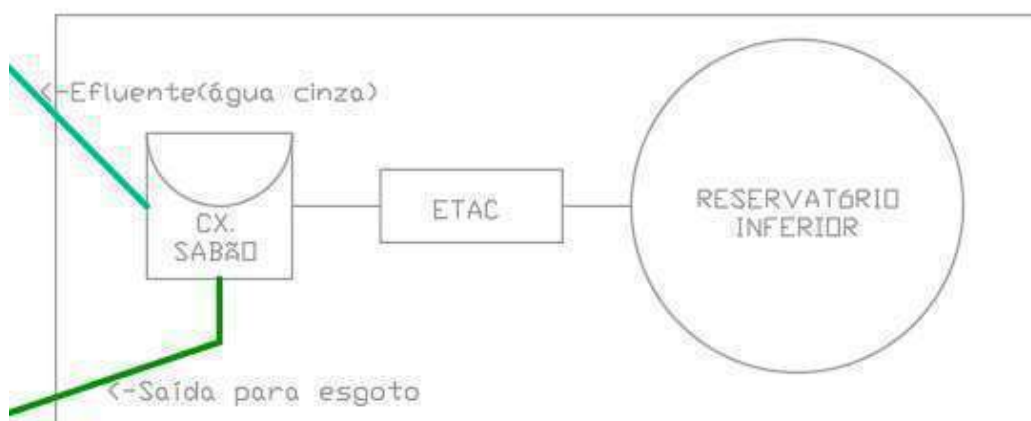
4.2.2 Sistema de tratamento

Após a ramificação do sistema de esgoto entre a água cinza que será reaproveitada, das demais águas descartadas em rede pública de esgoto, é necessário o dimensionamento de um sistema de tratamento contendo casa de máquina, caixa de sabão, filtro, reservatório inferior e bomba periférica. A Figura 4 mostra o sistema de tratamento em planta.

Figura 4 – Sistema de tratamento de água cinza, sistema hidráulico (a) e sanitário (b)



(a)



(b)

Fonte: Autores, 2022.

A caixa de sabão coleta a água cinza que veio da residência e direciona para a ETAC (estação de tratamento da água cinza), responsável pelo tratamento. Após essas etapas, o líquido é encaminhado para o reservatório inferior, onde por meio de uma bomba será direcionada de volta para o reservatório superior que ficou destinado a receber essa água tratada.

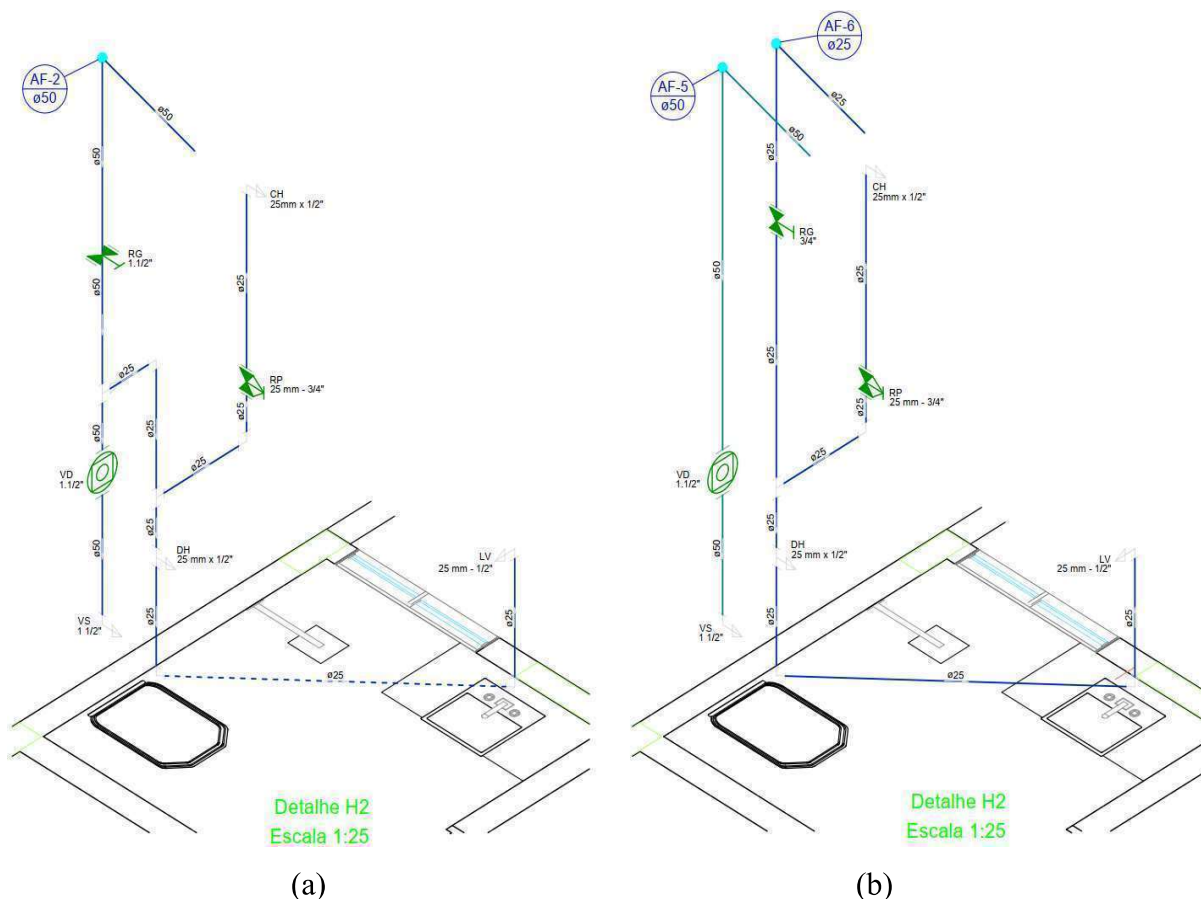
4.2.3 Projeto hidráulico

O projeto hidráulico é o responsável por definir todas as tubulações, conexões e caminhos de distribuição da água a todos aparelhos hidráulicos da edificação, seja de caráter potável ou não potável. Para o desenvolvimento de um sistema de reaproveitamento de água cinza, o projeto hidráulico deve também sofrer adaptações que ramifiquem os aparelhos que necessitam de água potável, daqueles que podem ser abastecidos por efluentes tratados de reuso. Os projetos hidráulicos estão detalhados no Apêndice A.

Conforme definido na Tabela 3, os aparelhos que receberão a água cinza após sistema de tratamento serão os vasos sanitários e as torneiras de jardim, que correspondem a 34% do

consumo de água da edificação. A Figura 5 destaca a distribuição hidráulica do banheiro da suíte 1, sendo Figura 5a a instalação convencional e Figura 5b a instalação de reaproveitamento.

Figura 5 – Instalação hidráulica de banheiro de forma convencional (a) e para reaproveitamento (b)



Fonte: Autores, 2022.

Conforme pode-se observar, na Figura 5a há uma única tubulação de água fria que desce e alimenta a pia, chuveiro e vaso sanitário. Por sua vez, na Figura 5b tem -se a separação dessa tubulação, uma recebendo a água reutilizada e encaminhando para o vaso sanitário e a outra fornecendo a água para o restante dos dispositivos.

4.2 COMPARATIVO DE CUSTO DE SISTEMA CONVENCIONAL E REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA

Após detalhamento de projetos hidrossanitários convencionais, e projetos de reaproveitamento de água cinza em aparelhos não potáveis, é possível definir os custos de implantação de ambos os sistemas, como forma comparativa de custo, utilizando-se das listas de materiais detalhadas em projeto.

A Tabela 6 apresenta o quantitativo de materiais para instalação sanitária, bem como os valores de custo unitário e total do sistema que foram obtidos através da tabela Sinapi de 09/2022 de Goiás e da Goinfra de 09/2022.

Tabela 6 – Custo Total de sistema sanitário convencional e de reuso

MATERIAL	Und	Custo unit.	Qtd. Conv	Qtd. Reuso	Custo total conv.	Custo total reuso
Caixa de gordura pvc 30cm	pç	336,25	1	1	336,25	336,25
Caixa de passagem pvc 30 cm	pç	71,72	5	10	358,60	717,20
Caixa sifonada 150x150x50mm	pç	48,01	3	3	144,03	144,03
Ralo sifonado 100x40mm	pç	10,68	3	3	32,04	32,04
Sifão de copo p/ pia e lav. 1" - 1.1/2"	pç	10,7	4	3	42,80	32,10
Sifão de copo p/ pia e lav. 1" - 2"	pç	26,53	1	2	26,53	53,06
Sifão flexível c/ adapt. 1.1/4" - 2"	pç	16,79	2	1	33,58	16,79
Válvula 1" p/ pia, tanque ou lav.	pç	8,26	4	5	33,04	41,30
Válvula para tanque 40mm	pç	1,8	2	1	3,60	1,80
Curva 45 longa 50mm	pç	16,03	6	4	96,18	64,12
Curva 90 curta 100mm	pç	32,04	3	3	96,12	96,12
Curva 90 curta 40mm	pç	5,69	6	6	34,14	34,14
Joelho 45 40mm	pç	2,6	4	4	10,40	10,40
Joelho 90 100mm	pç	9,7	1	0	9,70	0,00
Joelho 90 50mm	pç	3,08	11	9	33,88	27,72
Joelho 90 c/anel p/ esgoto 40mm	pç	2,98	3	3	8,94	8,94
Junção simples 100x50mm	pç	16,91	3	0	50,73	0,00
Luva simples 100mm	pç	7,05	7	3	49,35	21,15
Luva simples 50mm	pç	3,15	7	2	22,05	6,30
Redução excêntrica 100x50mm	pç	5,78	0	1	0,00	5,78
Tubo pvc ponta-bolsa 100 mm	m	19,96	49,64	89,45	990,81	1785,42
Tubo pvc ponta-bolsa 50 mm - 2"	m	14,69	0,26	5,75	3,82	84,47
Tubo rígido c/ ponta lisa 100 mm	m	14,3	10,61	13,81	151,72	197,48
Tubo rígido c/ ponta lisa 50 mm	m	9,88	11,34	7,68	112,04	75,88
Tubo rígido c/ ponta lisa 40 mm	m	6,74	10,03	9,63	67,60	64,91
Tê 90 40mm	pç	4,07	1	0	4,07	0,00
Tê sanitário 100x50mm	pç	12,25	1	1	12,25	12,25
Tê sanitário 50x50mm	pç	4,85	4	6	19,40	29,10
TOTAL					2783,68	3898,75

Fonte: Autores, 2022.

Analisando os custos referentes à instalação sanitária, pela Tabela 6, há uma diferença de 40,1% na comparação entre instalação sanitária para sistema com reuso e sistema convencional, representando uma diferença de R\$ 1.115,07, com o sistema de reuso mais oneroso. Nota-se que a diferença do custo entre os sistemas, tem como principal motivo, o aumento das caixas de passagem e das tubulações dos subcoletores e coletores horizontais, devido a necessidade de separação entre os aparelhos com potencial de reuso, daqueles que terão apenas o descarte no sistema de esgoto público.

Para confirmar tal afirmativa citada no parágrafo anterior, fica evidente a diferença de custo entre os sistemas para os dois itens a seguir: Caixa de passagem PVC 30cm e Tubo PVC ponta-bolsa 100mm; que juntos, correspondem a uma diferença de R\$ 1.153,21 entre os dois sistemas.

A Tabela 7 apresenta o quantitativo dos materiais para instalação hidráulica, bem como os valores de custo unitário e total do sistema que foram obtidos através da tabela Sinapi de 09/2022 de Goiás e da Goinfra de 09/2022.

Tabela 7 – Custo Total de sistema hidráulico convencional e de reuso

MATERIAL	Und	Custo unit.	Qtd. Conv.	Qtd. Reuso	Custo total conv.	Custo total reuso
Hidrômetro individual 1,5 m ³ /h	pç	124,01	1	1	124,01	124,01
Registro de esfera 1/2"	pç	32,73	0	1	0,00	32,73
Registro de gaveta bruto ABNT 1.1/2"	pç	85,27	1	0	85,27	0,00
Registro de gaveta c/ canopla cromada 1.1/2"	pç	138,85	3	3	416,55	416,55
Registro de gaveta c/ canopla cromada 3/4"	pç	78	2	5	156,00	390,00
Registro de pressão c/ canopla cromada 3/4"	pç	65,57	3	3	196,71	196,71
Válvula de descarga baixa pressão 1.1/2"	pç	221,7	3	3	665,10	665,10
Bolsa de ligação p/ vaso sanitário 1.1/2"	pç	4,42	3	3	13,26	13,26
Engate flexível plástico 1/2 - 30cm	pç	4,84	3	3	14,52	14,52
Tubo de descarga VDE. 38mm	pç	8,15	3	3	24,45	24,45
Tubo de ligação latão c/ canopla p/ vaso 38mm	pç	39,97	3	3	119,91	119,91
Colar de tomada em PVC 1/2"	pç	13,18	0	1	0,00	13,18
Joelho 90 soldável c/ rosca 20mm - 1/2"	pç	2,55	0	1	0,00	2,55
Luva soldável c/ rosca 20mm -1/2"	pç	1,75	0	2	0,00	3,50
Luva soldável c/ rosca 25mm - 3/4"	pç	2,32	3	3	6,96	6,96
Adapt sold. c/ flange p/ cx. d'água 50 mm- 1.1/2"	pç	34,06	1	2	34,06	68,12
Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p reg. 20mm - 1/2"	pç	1	0	1	0,00	1,00
Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p reg. 25mm - 3/4"	pç	1,08	7	13	7,56	14,04
Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p reg. 50mm - 1.1/2"	pç	6,14	11	3	67,54	18,42
Bucha de redução sold. Longa 50x25mm	pç	4,97	4	2	19,88	9,94
Joelho 90° soldável 20mm	pç	0,78	0	9	0,00	7,02
Joelho 90° soldável 25mm	pç	0,88	15	21	13,20	18,48
Joelho 90° soldável 50mm	pç	5,55	5	7	27,75	38,85
Tubos 20mm	m	3,22	0	22,25	0,00	71,65
Tubos 25mm	m	3,81	30,92	94,17	117,81	358,79
Tubos 50mm	m	14,55	41,91	45,43	609,79	661,01
Tê 90 soldável 25mm	pç	1,3	5	8	6,50	10,40
Tê 90 soldável 50mm	pç	11,04	7	3	77,28	33,12
Tê de redução 90 soldável 50X25mm	pç	8,08	0	2	0,00	16,16
Joelho 90° soldável com bucha de latão 25 -3/4"	pç	7,54	3	3	22,62	22,62
Joelho de redução 90° soldável c/ bucha 25-1/2"	pç	19,1	10	11	191,00	210,10
Tê red.90 sold c/ bucha latão B central 25mm -1/2"	pç	9,77	0	1	0,00	9,77
Tê sold c/ bucha latão bolsa central 25mm - 3/4"	pç	13,67	1	1	13,67	13,67
Caixa d'agua em polietileno 500 litros, com tampa	pç	223,86	1	0	223,86	0,00
Caixa d'agua em polietileno 1000 litros, com tampa	pç	389,9	1	2	389,90	779,80
TOTAL					3645,16	4386,38

Fonte: Autores, 2022.

A diferença entre os dois sistemas, para a distribuição hidráulica da edificação, foi de R\$ 741,22, que corresponde a 20,3%, sendo o sistema com reaproveitamento de água cinza o mais oneroso.

Assim como no sistema sanitário, a variação de custo ocorre principalmente pelo fato no aumento do comprimento das tubulações, com destaque para o tubo de 25mm, e dos registros de gaveta de canopla cromada 3/4", pelo fato da necessidade de dois sistemas independentes para alimentação de aparelhos hidráulicos. Os dois itens mencionados geraram uma diferença de custo de R\$ 474,98, sendo responsável diretamente pela diferença total do sistema de água fria.

A Tabela 8 descreve os custos correspondentes a instalação do sistema de tratamento dos efluentes de reuso, que contempla aparelhos como bomba, filtro, reservatório e caixa de sabão.

Tabela 8 – Custo Total de sistema de reaproveitamento de água

MATERIAL	Und	Custo unit.	Qtd. Reuso	Custo total reuso
Sistema de boia	Conj.	285,02	1	285,02
ETAC	pç	1850,00	1	1850,00
Caixa de sabão	m	179,90	1	179,90
Caixa D'agua Em Polietileno 500 Litros, Com Tampa	pç	223,86	1	223,86
Bomba periférica 1/2HP 33l/min - intech machine - bp500	pç	176,56	1	176,56
Estrutura	Conj.	5840,27	1	5840,27
TOTAL				8555,61

Fonte: Autores, 2022.

Ao analisar a Tabela 8, é possível notar que os materiais responsáveis por elevar o custo vem da estrutura onde serão armazenados o sistema e a ETAC.

4.4 REDUÇÃO DA TARIFA DE ÁGUA

Conforme especificado em tópicos anteriores, haverá uma redução prevista neste estudo de 408 litros, o que reduz o consumo diário de água potável de 1200 para 792 litros.

Ao utilizar o modelo de cálculo de para cobrança de tarifas da SANEAGO (Companhia Saneamento de Goiás S.A.), conforme informado na Resolução Normativa 185, de 22 de dezembro de 2021 disponível no Anexo A deste trabalho, é possível notar a redução no consumo. É adotado pela Saneago um modelo em que o valor cobrado por metro cúbico se torna maior à medida que o consumo for aumentando. A Tabela 9 mostra o modelo de cálculo.

Tabela 9 – Cálculos para faturas residenciais

Faixa de consumo (m ³ /mês)	Tarifas básicas fixa	Tarifas		
		Água (R\$/m ³)	Esgoto (R\$/m ³)	
			Coleta e afastamento	Tratamento
1-10	R\$ 14,64	R\$ 4,84	R\$ 3,87	R\$ 0,97
11-15	R\$ 14,64	R\$ 5,47	R\$ 4,38	R\$ 1,09
16-20	R\$ 14,64	R\$ 6,25	R\$ 5,00	R\$ 1,25
21-25	R\$ 14,64	R\$ 7,09	R\$ 5,67	R\$ 1,42
26-30	R\$ 14,64	R\$ 8,01	R\$ 6,41	R\$ 1,60
31-40	R\$ 14,64	R\$ 9,14	R\$ 7,31	R\$ 1,83
41-50	R\$ 14,64	R\$ 10,34	R\$ 8,27	R\$ 2,07
50	R\$ 14,64	R\$ 11,79	R\$ 9,43	R\$ 2,36

Fonte: Autores, 2022.

O consumo médio diário será 1,2 m³, o que resultará em 36 m³ em trinta dias, sendo classificado na faixa 31-40 da Saneago. Portanto, tem-se a seguinte Equação 2:

$$\text{Valor Mensal} = 14,64 + 36 \times 9,14 + 36 \times 7,31 + 36 \times 1,83 = 672,72 \quad (2)$$

Conforme já mencionado, haverá uma economia de água com o sistema de reuso em 34%, reduzindo para 0,792m³, e que resultará em aproximadamente 24 m³ em trinta dias. Alterando os dados na Equação 3 resultará:

$$\text{Valor Mensal} = 14,64 + 24 \times 7,09 + 24 \times 5,67 + 24 \times 1,42 = 354,96 \quad (3)$$

Em termos ambientais, isso resultaria em uma economia de 12 m³ mensais de água, e de R\$ 317,76 em termos financeiros.

4.5 PAYBACK

Payback é o calculado a partir dos custos totais a implantação, manutenção e consumo de energia do sistema e do consumo de água.

4.5.1 Custos totais da implantação do sistema

A Tabela 10 apresenta o custo total de todo o sistema, tal como a diferença do convencional para o de reuso.

Tabela 10 – Custos totais

Custos totais para implantação de sistema			
Sistema/serviço	Convencional	Reuso	Diferença
Sanitário	2783,68	3898,75	1115,07
Hidráulico	3645,16	4386,38	741,22
Tratamento AC	0	8555,61	8555,61
Total	6428,83	16840,74	10411,90

Fonte: Autores, 2022.

De acordo com a Tabela 10, é possível notar a diferença financeira de R\$ 10.411,90 entre o sistema de reuso e convencional, o que resulta em um aumento de aproximadamente 162%. Resultado que também foi encontrado por Gonçalves e Santana (2018), determinou um aumento de 114% na implantação do sistema, lembrando que em tal estudo, o consumo de água não potável em torneiras de jardim era relativamente superior ao desse estudo, o que favorece na redução de custo total, já que a porcentagem da demanda de reuso seria maior, reduzindo assim a taxa de descarte de água do sistema.

Mediante os dados de custo, é importante ressaltar o investimento inicial necessário para a execução do sistema de reuso de água cinza na edificação residencial do estudo de caso.

4.5.2 Manutenção e consumo de energia

Para o funcionamento correto da ETAC é necessário que haja uma manutenção periódica de produtos utilizados no tratamento. Segundo dados da empresa desenvolvedora da

ETAC, ao considerar um consumo de 1,2 litros desses produtos, o que atende a demanda do projeto em estudo, o custo mensal é de aproximadamente R\$ 45,00.

O sistema é composto por uma bomba com potência de 0,37 kW e vazão máxima ($Q_{m\acute{a}x}$) de até 2352 L/H. Considerando a demanda média diária de bombeamento (DMD) de 408 litros, é possível calcular o funcionamento mensal da bomba (FM) de acordo a Equação 4.

$$FM = \frac{DMD \times 30}{Q_{m\acute{a}x}} = \frac{408 \times 30}{2352} = 5,20 \quad (4)$$

Portanto, a bomba funciona 5 horas e 12 minutos e consome 1,924 kWh.

De acordo com a Resolução Homologatória nº 2.963/2021 disponibilizada pela ENEL (Anexo B), o valor da tarifa de kWh para essa residência é de 0,6369. Com isso é possível, através da Equação 5, estipular o valor do consumo mensal (C) do sistema de reuso.

$$C = 1,924 \times 0,6369 = 1,23 \quad (5)$$

O valor de consumo mensal do sistema de reuso será de R\$ 1,23.

4.5.3 Cálculo do *payback*

Para verificar a viabilidade de um investimento, deve-se identificar o tempo necessário para recuperação do investimento inicial, dado com *payback*, devendo para isso, identificar os custos totais para implantação do sistema, bem como custos de manutenção e energia.

A Equação 6 é utilizada para calcular o *payback*, em que PR é o prazo de retorno do investimento em meses, CI é a diferença de custo da implantação do novo sistema, RT é a redução nas tarifas de água mensais, CM é o custo de manutenção mensal do sistema, CE é o custo de energia necessário mensal necessário para o novo sistema, IG são possíveis incentivos governamentais para sistemas que contribuem para o âmbito sustentável.

$$PR = \frac{CI}{RT - CM - CE + IG} = \frac{10.411,90}{317,76 - 45 - 1,23 + 0} = 38,36 \quad (6)$$

Diante disso, com o levantamento de todos os dados e com o cálculo *payback*, é possível estabelecer que o tempo de retorno do investimento do sistema de reuso nessa residência estabelecida no projeto seria de 38 meses, ou seja, aproximadamente 3,2 anos.

Sant'ana, Boeger e Monteiro (2013b), em estudo de viabilidade da implantação de sistema de reuso de água cinza em edificações residenciais em Brasília, concluiu um *payback* de 2,8 anos para o sistema em cenário de reuso para descargas sanitárias, enquanto Gonçalves e Santana (2018) obtiveram um *payback* de 2,5 anos para uma edificação residencial, destacando uma considerável área permeável para consumo por torneiras de jardim.

Kuchinski e Galtaldini (2016), em um estudo para edifício residencial com sistema conjunto de água pluvial e água cinza teve um custo de implantação de R\$ 48.139,77, para uma economia anual de R\$ 15.346,50, gerando um *payback* de 3,14 anos.

5 CONCLUSÕES

Considerando toda estrutura e temática discorrida neste trabalho, nota-se que o sistema proposto de reutilização de água cinza elevou cerca de 162% no custo total do projeto modelo utilizado, portanto uma diferença de R\$ 10.411,90 é a estimativa do investimento para implantação desse sistema.

Para a edificação em estudo, é estimado que o retorno financeiro ocorra dentro de 38 meses (3 anos e 2 meses). Uma forma de otimizar o sistema e reduzir o tempo de retorno, seria a implantação do sistema em edificações residencial com áreas verdes maiores, aumentando assim os 10% de demanda para torneiras de jardim, e conseqüentemente, reduzindo a diferença considerável entre efluentes reaproveitáveis (48%) e demanda de água de reuso (34%), que resulta em um descarte considerável para a proposta estudada, abrindo oportunidade para novos caminhos de estudo envolvendo o tema.

Em geral, considerando a necessidade real e cada vez maior de soluções alternativas para economia sustentável e redução no consumo dos bens naturais, vale reforçar que o sistema é uma boa opção, principalmente com o seguimento do trabalho e as ramificações que ele pode tomar, como por exemplos estudar possíveis incentivos governamentais acerca de residências ou condomínios de programas governamentais que já sejam pensados utilizando esse viés sustentável, ainda que seja com um investimento prévio.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, T. Onde mais se consome água no Brasil. 2015. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/brasil/onde-mais-se-consome-agua-no-brasil/>. Acesso em: 21 maio 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanque sépticos – Unidade de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Gestão de água – Usos da água, 2019.

BAZARELLA, Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações, 2005.

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

BOF, L. **Ecologia: grito da terra, grito dos pobres**, 2.ed. São Paulo: Ática, 1996.

BOTELHO, G.L.P. Avaliação do consumo de água em domicílios: Fatores intervenientes e metodologia para setorização dos usos. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, águas e Saneamento) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA. 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Água. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO: SINDICATO DA INDÚSTRIA DA

CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Conservação e Reuso da Água em Edificação. São Paulo. 2005.

CARDOSO, L. S.. Reutilização de águas residenciais e de espaços coletivos em assentamentos da reforma agrária, 2018.

CAVALEIRO, A. R., Reuso de Águas Cinzas e Águas Pluviais em Edifícios Residenciais. São Paulo, 2014.

COELHO, G.M. Avaliação dos usos finais de água em residências unifamiliares localizadas em Blumenau – SC. Relatório de Iniciação Científica. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

DE OREO, W.B.; HEANEY, J.P.; MAYER, P.W. Flow trace analysis to assess water use. American Water Works Association, v.88, n.1, p. 79-90, 1996.

ELIZIÁRIO. R.M. Avaliação do reuso de águas em uma residência no município de Varginha/MG. Varginha, 2015.

ERIKSSON, E. *et al*, Characteristics of grey wastewater, 2002.

FIORI, S. *et al*. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas, 2006.

GHISI, E. Potential for potable water savings by using Rainwater and graywater in a multi-storey residential Building in southern Brazil. Building and Environment, v.42, n.7, p.2512-2522, 2007.

GONÇALVES, R. F. (Coordenador). Desinfecção de efluentes sanitários. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: FINEP, 2003.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). Uso racional da água em edificações. 1.ed. Rio de Janeiro: Prosab/ABES, 2006. 352p.

GONÇALVES, K.A.; SANTANA, L.S. Estudo da viabilidade técnica e financeira do reaproveitamento de água cinza. 2018. 69f. TCC – Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) Cambio Climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. [2014].

JEFFERSON, *et al*. Technologies for domestic wastewater recycling. Urban Water, 1999.

KISHINO, H. *et al*. Domestic wastewater reuse using a submerged membrane bioreactor. Desalination. v. 106, n. 1-3, p. 115-119, 1996.

KUCHINSKI, V., GASTALDINI, M.D.C.C. Viabilidade técnica e econômica do aproveitamento das águas de chuva e cinza para consumo não potável em edifício residencial de Santa Maria (RS). Revista DAE, 15-19. 2016.

LIMA, J. G. O paradoxo da água. Veja, São Paulo, abril, ano 38, n1926, p.88 2005.

MAGRI, M. E.; FENELON, F. R.; RABELO, L.; ROSSETO, T. S.; PHILIPPI, L. S. Reuso de águas cinzas tratadas em descarga de vaso sanitário e rega de jardim. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIROS DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13., 2008, Belém. Trabalhos técnicos... Rio de Janeiro: ABES, 2008.

MAY, S. Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. 2009. 200f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MIELI, J., 2001. Reúso de água domiciliar. Dissertação M.Sc. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Produção Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ. 2001.

MEIRELES *et al*, REUTILIZAÇÃO RESIDENCIAL DE ÁGUAS CINZAS, 2018.

MONTEIRO, V. R. *Wetlands* construídos empregados no tratamento descentralizado de águas cinzas residencial e de escritório. Florianópolis, 2014. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

OTTERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey- the new colors of sanitation. Water. 2001.

PATRICK, G. Dimensionamento de um sistema hidráulico predial para reúso de águas cinzas em uma edificação residencial. 2017.

PEREIRA, Caio. O que é caixa de inspeção?. Escola Engenharia, 2018.

PURA-USP, 2006. Apresentação do Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. Disponível pelo Ministério das Cidades em: www.cidades.gov.br/pncda/Exemplos/Arqs/PURAUSP_110406.pdf.

RAMPELOTTO, G. Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reuso doméstico. 2014.

REBÊLO, M. Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas, 2011.

SANT'ANA A socio-technical study of water consumption and water conservation in Brazilian dwelling, 2011.

SANT'ANA, D., BOEGER, L. MONTEIRO, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas cinzas em edificios residenciais de Brasília – parte 1: reduções no consumo de água. Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo, Brasília, v.10, n.10, p.77-83, 2013a.

SANT'ANA, D., BOEGER, L. MONTEIRO, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas cinzas em edificios residenciais de Brasília – parte 2: Viabilidade técnica e econômica. Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo, Brasília, v.10, n.10, p.85-94, 2013b.

SCHERER. O ACESSO À ÁGUA POTÁVEL COMO DIREITO HUMANO FUNDAMENTA, 2014.

SILVA *et al*, Panorama global da distribuição e uso de água doce. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, 2013.

TRATA BRASIL, Instituto. Água. 2020. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>. Acesso em: 21 maio 2022.

VERONEZ, F. A. Desempenho de um reator UASB tratando esgoto sanitário e realizando concomitantemente o adensamento e a digestão do lodo de descarte de biofiltros aerados submersos. 2001.151f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFES, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.

ANEXOS (A) - Tarifas Saneago

1 – TARIFAS BÁSICAS (Lei 14.939, Artigo 57, Parágrafo 8) - custo mínimo fixo:

Serão cobradas por economia de água faturada, e na ausência desta, por economia de esgoto faturada, as seguintes Tarifas Básicas:

Categoria Residencial Social: **R\$ 7,32 /mês**

Categoria Residencial Normal: **R\$ 14,64 /mês**

Categoria Comercial I: **R\$ 14,64 /mês**

Categoria Comercial II: **R\$ 7,32 /mês**

Categoria Industrial: **R\$ 14,64 /mês**

Categoria Pública: **R\$ 14,64 /mês**

2 – TARIFAS / CONSUMO:

CATEGORIAS	Faixas de consumo / economia	TARIFAS		
		ÁGUA (R\$/m ³)	ESGOTO (R\$/m ³)	
	(m3 / mês)			Coleta e afastamento
Residencial Social	1 - 10	2,29	1,83	0,46
	11 - 15	2,58	2,06	0,52
	16 - 20	2,95	2,36	0,59

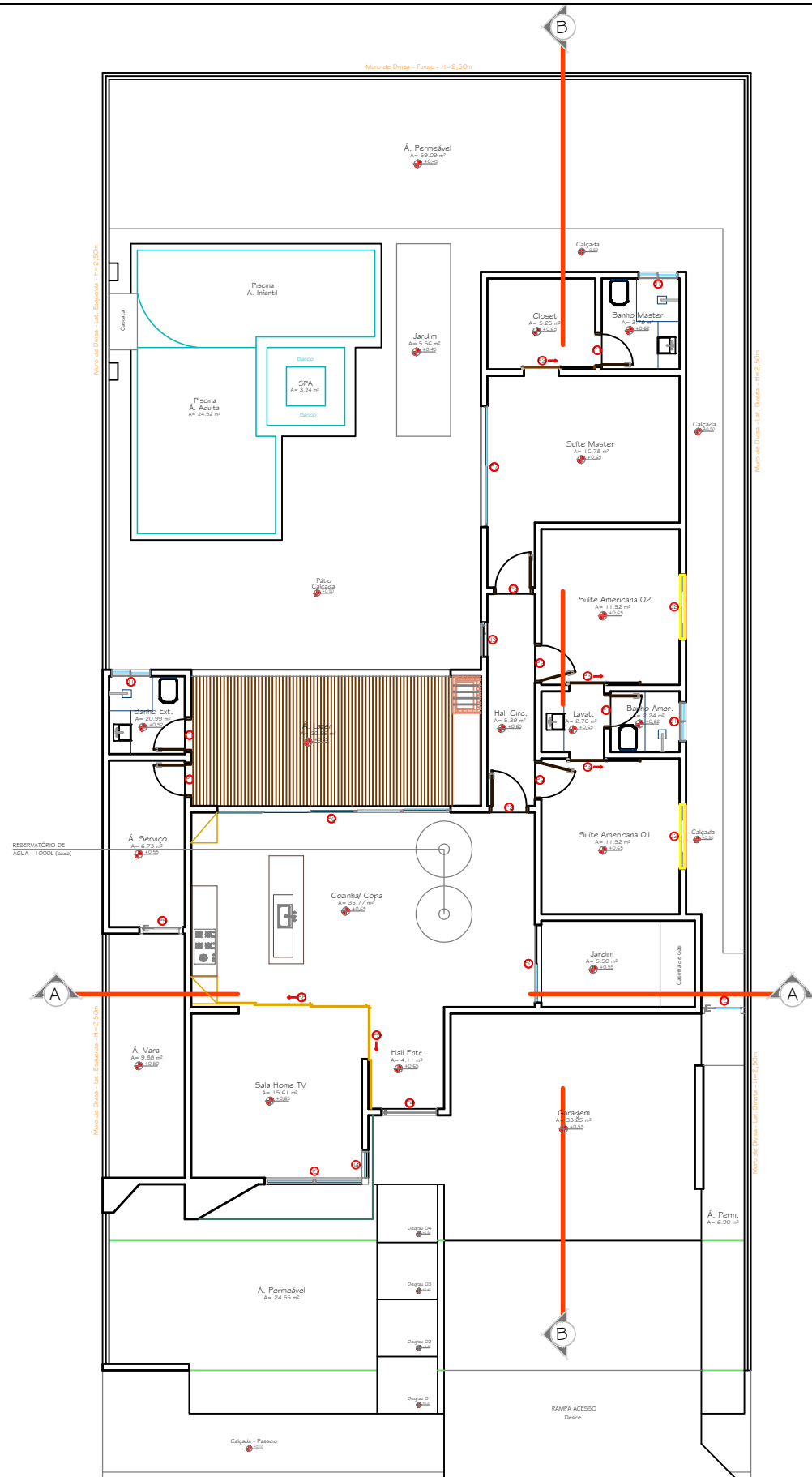
CATEGORIAS	Faixas de consumo / economia	TARIFAS		
		ÁGUA (R\$/m ³)	ESGOTO (R\$/m ³)	
	(m3/mês)			Coleta e afastamento
Residencial Normal	1 - 10	4,84	3,87	0,97
	11 - 15	5,47	4,38	1,09
	16 - 20	6,25	5,00	1,25
	21 - 25	7,09	5,67	1,42
	26 - 30	8,01	6,41	1,60
	31 - 40	9,14	7,31	1,83
	41 - 50	10,34	8,27	2,07
	+ 50	11,79	9,43	2,36
Pública	1 - 10	9,14	7,31	1,83
	+ 10	10,34	8,27	2,07
Comercial I (Médio e Grande Porte)	1 - 10	10,34	8,27	2,07
	+ 10	11,79	9,43	2,36
Comercial II (Pequeno Porte)	1 - 10	5,17	4,14	1,03
Industrial	1 - 10	10,34	8,27	2,07
	+ 10	11,79	9,43	2,36

3 - FONTES ALTERNATIVAS

Serão faturados mensalmente 10m³/economia/mês para os clientes com fontes alternativas de água.

ANEXO (B) - Tarifas ENEL**Tarifas Aplicadas e Valores de Serviços Cobráveis**

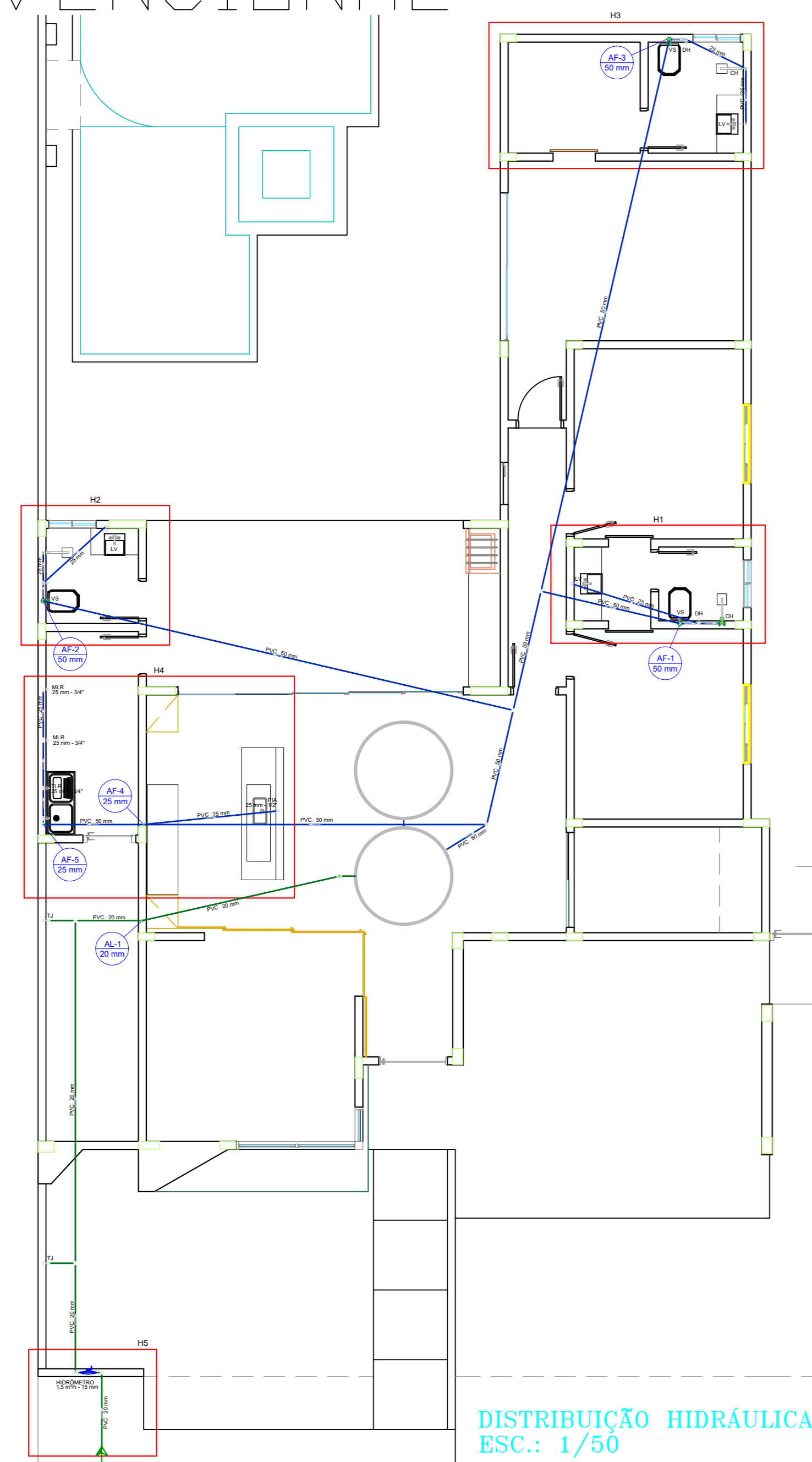
TARIFAS	VALORES (R\$/kWh) ¹
Baixa Renda	0,1951 de 0 à 30 kWh
	0,3344 de 31 à 100 kWh
	0,5016 de 101 à 220 kWh
	0,5574 acima de 220 kWh
Residencial	0,6369
Rural	0,5605
Serviço público de Irrigação Rural	0,5350
Demais Classes	0,6369
Serviço público (água, esgoto e saneamento)	0,5987



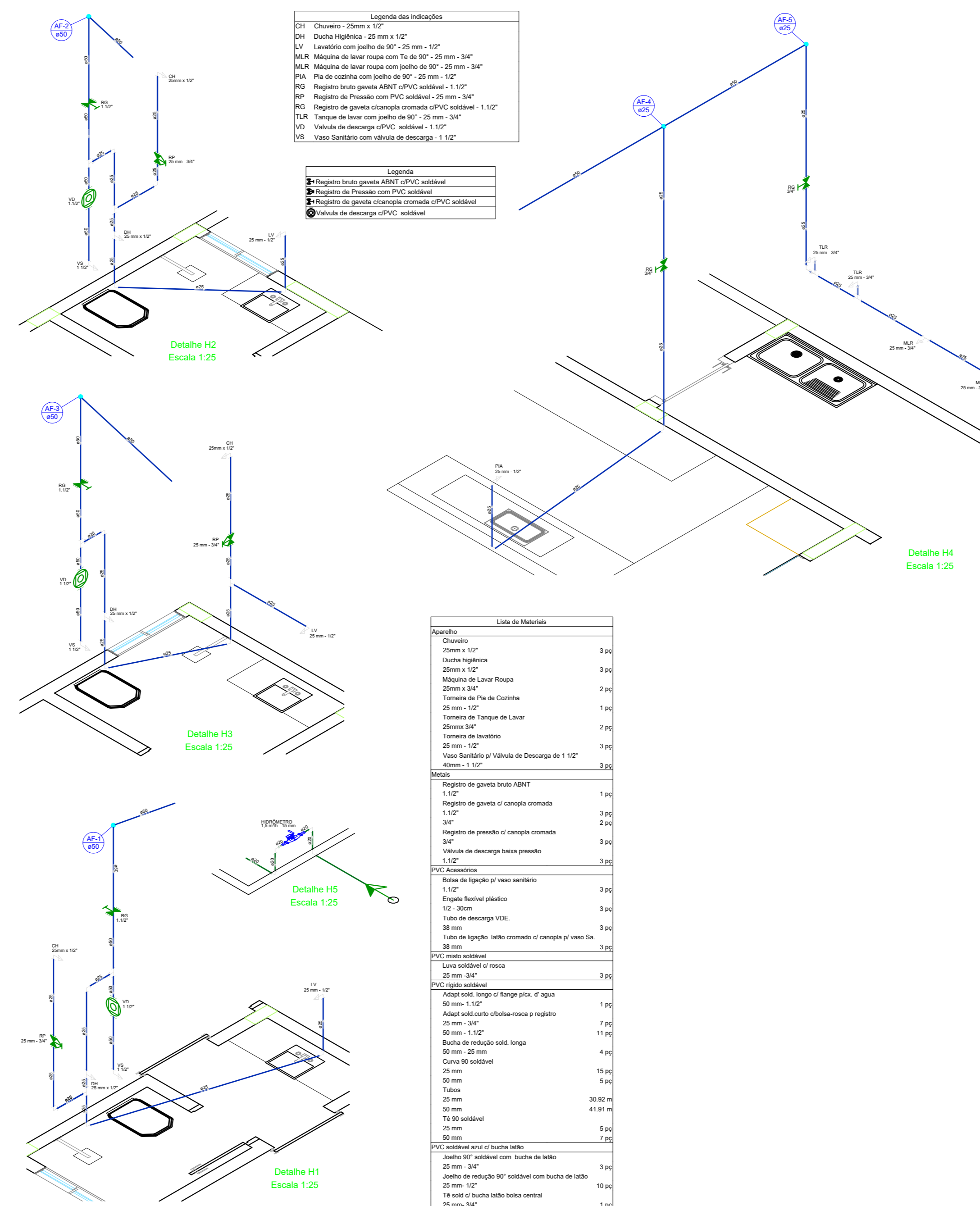
PLANTA BAIXA /LOCAÇÃO

APROVAÇÃO			
TÍTULO	PLANTA BAIXA		
NATUREZA	RESIDENCIAL TÉRREO		
PROPRIETÁRIO	JOÃO LUCAS PEREIRA DUARTE		
ENDEREÇO	RUA QR-11, QD.19, LT.09, RESIDENCIAL QUINTA DOS RIANTES, JARAGUÁ-GOIÁS		
ASSINATURAS	QUADRO DE ÁREAS		
DATA	ESCALA	DESENHO	ARQUIVO
CONTEÚDO -PLANTA BAIXA			PRANCHA 1/1

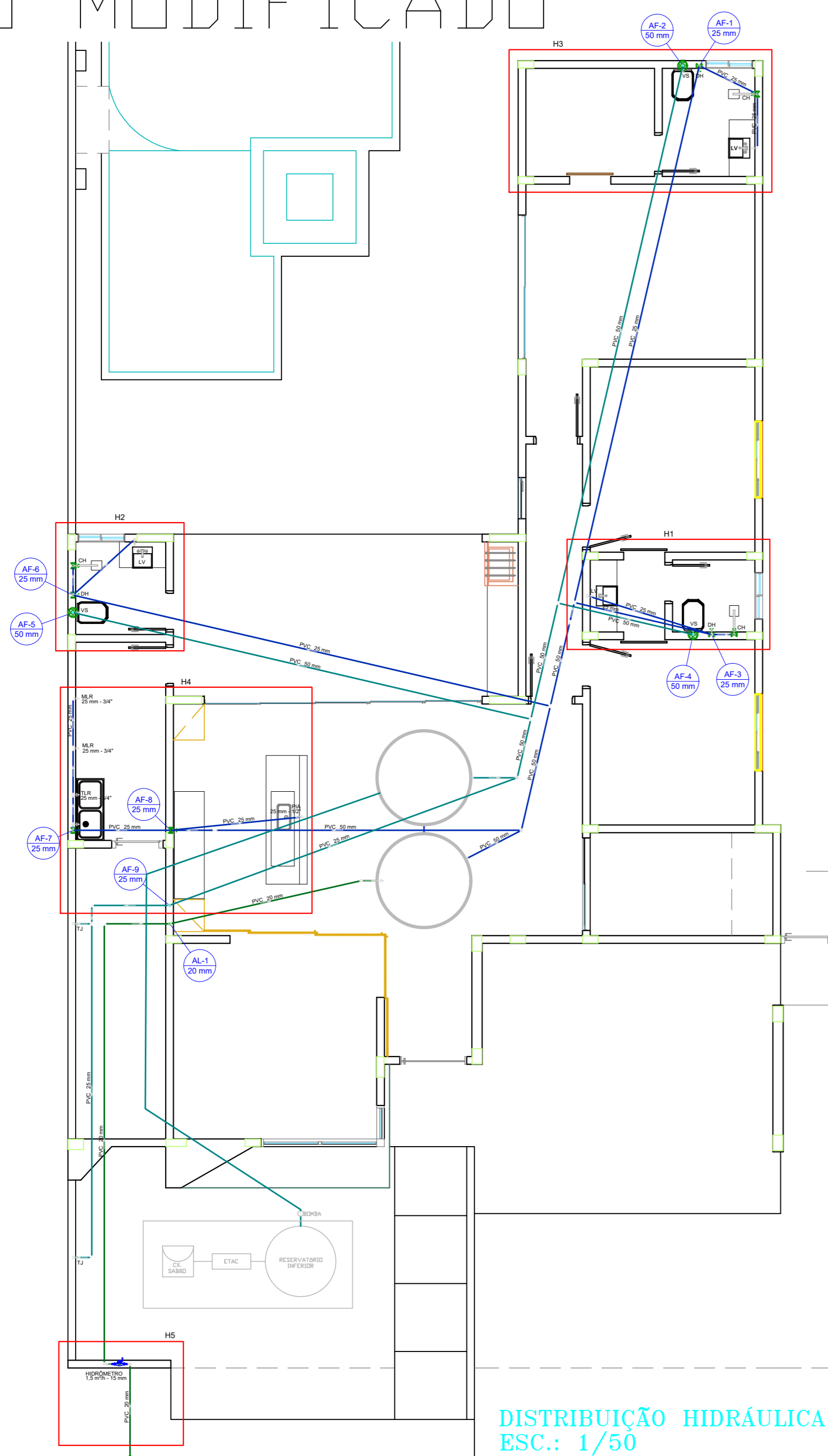
PROJETO CONVENCIONAL



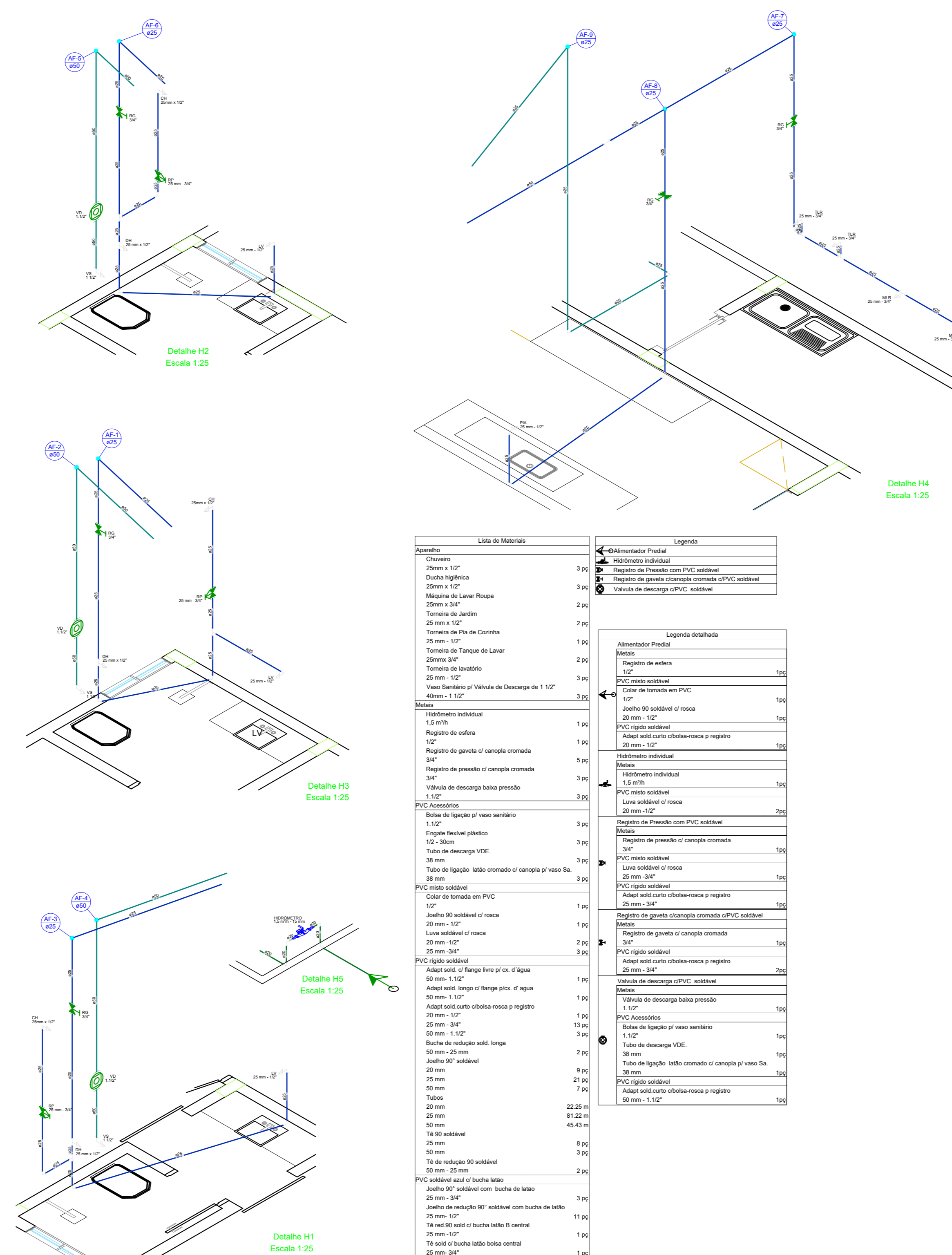
DISTRIBUIÇÃO HIDRÁULICA
ESC.: 1/50



PROJETO MODIFICADO



DISTRIBUIÇÃO HIDRÁULICA
ESC.: 1/50



APROVAÇÃO			
TÍTULO		PROJETO HIDRÁULICO	
NATUREZA		RESIDENCIAL TÉRREO	
PROPRIETÁRIO JOÃO LUCAS PEREIRA DUARTE			
ENDEREÇO RUA QR-11, QD. 19, LT. 09, RESIDENCIAL QUINTA DOS RIANTES, JARAGUÁ-GOIÁS			
ASSINATURAS		QUADRO DE ÁREAS	
DATA	ESCALA	DESENHO	ARQUIVO
CONTEÚDO - DISTRIBUIÇÃO HIDRÁULICA; - DETALHE HIDRÁULICO H1/H2/H3/H4/H5; - LISTA DE MATERIAIS; - LEGENDAS; - LEGENDA DE INDICAÇÕES.			PRANCHA 1/1 FORMATO A0

