



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS –
FATECS
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIBITI

CAUÊ CESAR MAURICIO

REUSO DE ÁGUA

ESTUDO DE CASO: SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS SERVIDAS E
PLUVIAIS EM UMA ESTRUTURA SANITÁRIA MÓVEL PARA PARQUE OU
ÁREA PÚBLICA

BRASÍLIA-DF
2016



CAUÊ CESAR MAURICIO

REUSO DE ÁGUA

**ESTUDO DE CASO: SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS SERVIDAS E
PLUVIAIS EM UMA ESTRUTURA SANITÁRIA MÓVEL PARA PARQUE OU
ÁREA PÚBLICA**

Relatório final de pesquisa de iniciação científica
PIBITI apresentado à assessoria de pós-graduação e
pesquisa faculdade de tecnologia e ciências sociais
aplicadas – FATECS

Orientação: Prof.^a Dra. Eliete de Pinho Araujo

**BRASÍLIA-DF
2016**

SUMÁRIO

Página

RESUMO	4
1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1. A ÁGUA	7
2.2. CONCEITO DE REUSO	8
2.3. REUSO DE ÁGUA NA HISTÓRIA	13
2.4. APLICAÇÕES DE ÁGUA DE REUSO	16
2.5. LEGISLAÇÃO	20
2.6. TÉCNICAS DE REÚSO	21
2.6.1 QUALIDADE DA ÁGUA	24
2.6.2. TRATAMENTO DA ÁGUA	25
2.6.3. ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE	27
2.6.4. ARQUITETURA MÓVEL	27
3. METODOLOGIA	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
APÊNDICE	45

REUSO DE ÁGUA

ESTUDO DE CASO: SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS SERVIDAS E PLUVIAIS EM UMA ESTRUTURA SANITÁRIA MÓVEL PARA PARQUE OU ÁREA PÚBLICA

Cauê Cesar Mauricio - UniCEUB, PIBITI Institucional, aluno bolsista.
caue.cm@outlook.com

Eliete de Pinho Araujo - UniCEUB, Professor orientador.
eliete.araujo@uniceub.br

Em meio a uma crise da água, num panorama em que a sociedade não está efetivamente conscientizada a respeito da preservação e uso sustentável dos recursos hídricos, bem como a crescente demanda por água potável, vê-se a necessidade do desenvolvimento de técnicas e soluções sustentáveis no campo da construção civil, garantindo o aproveitamento máximo da água utilizada nos edifícios seja residencial, comercial ou industrial. E embora tenha se registrado um aumento considerável em técnicas sustentáveis na arquitetura nos últimos anos, a disseminação de um sistema viável e sustentável de reaproveitamento de água nas edificações ainda é pouco empregada. O objetivo foi desenvolver um projeto de sistema de captação de água pluvial e tratamento de esgoto para reuso em uma estrutura de banheiro móvel para parque ou área pública. Dessa forma, visou estudar e desenvolver a melhor técnica de reuso de águas servidas em instalações sanitárias e hidráulicas, assim como o aproveitamento de águas pluviais na edificação, levando em consideração a viabilidade econômica, executiva e sustentável do projeto. A metodologia foi fazer um levantamento de dados nas referências bibliográficas, Após, foi realizado estudo de projetos executados e as soluções utilizadas em cada um, resultando na análise das alternativas de sistemas de reuso de água. Após, foi feita pesquisa *in loco* de projetos que tenham empregado mecanismos similares, depois avaliados os benefícios do reuso de água em instalações hidráulicas; a viabilidade econômica e executiva da aplicação do mecanismo; os ganhos socioambientais; os dados teóricos e práticos que auxiliam no futuro aprimoramento desse mecanismo; depois escolhido o partido do projeto, onde foram incluídos os estudos relacionados aos materiais, às diretrizes e soluções bioclimáticas, aos períodos de chuva e ao volume da água da chuva, e ao dimensionamento das estruturas hidráulicas de modo a comportar a necessidade de uso. Finalmente, foi desenvolvido um projeto de uma instalação de banheiro público móvel para uso em parques ou eventos temporários em áreas públicas. Dessa forma, o objeto final dessa pesquisa, o projeto de arquitetura, contribuirá para a firmação dessa ideia no campo da arquitetura e construção, tornando-se um modelo base para o desenvolvimento de futuros projetos de estudantes e profissionais das áreas de arquitetura e engenharia civil. Os resultados foram atingir os profissionais das escolas de arquitetura e engenharia; demonstrar como a qualidade de vida está diretamente ligada às questões ambientais e à saúde; elucidar regras básicas para orientação de novos projetos e procedimentos; exemplificar a estrutura arquitetônica desenvolvida no sistema de reuso e mobilidade do objeto. A pesquisa tem a intenção de publicar um artigo teórico, bem como o projeto modelo. Como objeto de estudo, a pesquisa apresentou uma solução de reuso de água a ser implantado no projeto para uma estação de banheiros públicos móvel, baseando-se na reutilização de esgoto primário e secundário, assim como águas pluviais.

Portanto, exemplificou-se um projeto arquitetônico, a viabilidade da implantação desta tecnologia e a sua viabilidade para implantação nas mais variadas tipologias arquitetônicas.

Palavras-chave: Reuso de água. Reaproveitamento de águas pluviais. Arquitetura móvel. Saúde. Projeto.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, poucos projetos de arquitetura pensam nos impactos socioambientais da construção civil, e em um contexto em que os recursos naturais chegam a uma insuficiência anunciada, é emergente a implantação de tecnologias sustentáveis a fins de reduzir os impactos ambientais sem prejudicar a vida do homem. E tendo em vista o panorama Mundial, Brasileiro e Regional sobre o tema água, enfocando a escassez, má distribuição, desequilíbrio do sistema, desperdício e má utilização da água, e conhecendo-se as possíveis técnicas que visam à economia de água potável, bem como a preservação dos recursos hídricos; a implementação de um sistema eficiente e viável para o seu reaproveitamento na construção civil, mostra-se um meio possível para reverter o atual quadro de abastecimento de água nos centros urbanos.

Dessa forma o reúso de água aparece como uma alternativa possível e viável para a frenagem desse processo de extração da água, utilizando águas residuárias de esgotos e da própria chuva para outras finalidades após passarem pelo primeiro uso. No entanto vale ressaltar que o reúso não é a única maneira de garantir a vida às próximas gerações, mas sim sua associação a uma nova forma de utilizar a água, otimizando seu uso, não desperdiçando, reaproveitando-a e devolvendo seus resíduos finais de forma pura ou minimamente limpa à natureza, de forma a não contaminar as fontes primárias. Em meio a este contexto, é primordial o investimento em estudos que revelem novas formas de reaproveitamento da água, de modo que, se demonstrada a viabilidade econômica e executiva deste sistema, seja incorporado aos novos projetos de arquitetura, de modo quase que essencial.

Além disso, a crescente disseminação de eventos de caráter temporários em espaços públicos urbanos tem demandado estruturas cada vez mais elaboradas para o conforto dos usuários. As estruturas sanitárias configuram uma das que mais incomodam o público em tais situações. Dessa forma, a inovação em relação à esse equipamento para uso em eventos temporários, parques e áreas públicas em geral, tem grande potencial no aprimoramento dos espaços públicos urbanos, seja em termos temporários seja na facilidade de sua montagem e implantação.

Outro ponto a se destacar é o tema da mobilidade na arquitetura. Essa nova estrutura de construção tem atingido cada vez mais força na sociedade contemporânea em razão de sua praticidade de construção, padronização de montagem, diversidade de composição, e principalmente quanto ao quesito sustentabilidade/racionalização.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver um projeto de uma unidade de banheiro móvel para parque ou área pública utilizando um sistema de captação de água pluvial e tratamento de esgoto para reuso na própria unidade sanitária.

Portanto, essa pesquisa objetiva gerar grande influência nos jovens estudantes de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia, contribuindo fortemente para um maior contato da nova geração de profissionais com as novas tecnologias voltadas para uma melhor qualidade de vida e preservação dos recursos hídricos.

2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A Água

A água é um elemento composto por dois átomos de hidrogênio (H) e um de oxigênio (O), formando a molécula H₂O. É encontrada em três estados físicos, sendo eles: líquido, sólido e gasoso. Considerando-se os três estados mencionados, é considerado o elemento mais abundante no planeta Terra. A água é um elemento vital à Vida na Terra, tanto a espécie humana, como animais, plantas e tantos outros seres vivos dependem dela para sua sobrevivência. Cerca de 80% do organismo humano é composto de água, e sua ingestão é um dos mais importantes fatores para a conservação da saúde, seja qual for à forma de vida. Aproximadamente 70% da superfície terrestre são coberta por água, no entanto somente 3% deste volume correspondem à água doce, sendo encontrada sob a forma de geleiras polares, neve, mananciais e aquíferos. Segundo Brega Filho e Mancuso (2002) a água distribui-se na terra sob a seguinte forma:

- 97,5% - Água salgada formando os oceanos
- 2,5% - Água doce distribuída da seguinte maneira:
 - 68,9% - Calotas polares
 - 29%,7 - Aquíferos
 - 0,5% - Rios e Lagos
 - 0,9% - Na forma de vapor

A água doce para uso humano é proveniente na maior parte de aquíferos e rios de água doce. Atualmente o seu uso é dividido em três destinos, sendo eles:

- Agricultura 69%
- Indústria 22%
- Consumo humano 9%

Ainda segundo Brega Filho e Mancuso (2002), o Brasil é um país privilegiado com relação à disponibilidade de água, detendo de 53% do manancial de água doce disponível na América Latina e 9% no panorama Mundial. No entanto, mesmo com a grande disponibilidade de recursos hídricos, o país sofre com a escassez de água potável em algumas regiões. A distribuição de água potável no Brasil se faz em aproximadamente 72% na região amazônica, 27% na região centro-sul e apenas 1% na região nordeste. Fato este que mostra o desigual fornecimento de água à população brasileira. Além disso, outro fator agravante no panorama brasileiro é a questão do saneamento básico, em que grande parte da população não é atendida por redes de distribuição de água e coleta de esgoto. Dessa forma essa parcela da comunidade, estimada em 55% da população total, fica sujeita a uma série de doenças transmitidas pela qualidade da água usada.

Pedro Mancuso e Hilton Santos (2003) abordam com clareza o atual panorama do abastecimento de água no Brasil:

“Há muito tempo ouve-se falar que a água é um bem finito. Muitos a classificam como o insumo do século, e afirmam ainda que ela será a causa de conflitos internacionais em razão de sua disputa. O Brasil é privilegiado nesse aspecto. Em seu território, se localizam as mais extensas bacias hidrográficas do planeta. (...) Ao mesmo tempo, o crescimento da população vem demandando, continuamente, água em quantidade e qualidade compatíveis. Muitos dos mananciais utilizados estão cada vez mais poluídos e deteriorados. (...) Considerando a limitação dos mananciais de superfície, é provável, que em um futuro não muito distante, as águas subterrâneas venham a ser preferencialmente destinadas ao abastecimento público. Em decorrência dessas tendências, uma alternativa viável é a de utilização de água de reuso.”

“O problema da água surge da distribuição desigual da precipitação e do mau uso que se faz da água captada. Em muitas regiões do globo, a população ultrapassou o ponto em que podia ser abastecida pelos recursos hídricos disponíveis. (...) a escassez progressiva da água em âmbito mundial tem incentivado pesquisas do mais alto nível científico e tecnológico para países da comunidade europeia, e de forma análoga para os 21 países componentes do MENA.”

“o reuso da água, até a alguns anos tido como opção exótica, é hoje uma alternativa que não pode ser ignorada, notando-se distinção cada vez menor

entre técnicas de tratamento de água versus técnicas de tratamento de esgoto.”

Dirceu Telles e Regina Costa (2007) se posicionam da seguinte maneira quanto à questão da água no Brasil:

“Efetivamente, o que falta no Brasil não é água, mas determinado padrão cultural que agregue ético e melhor desempenho dos governos, da sociedade organizada, das ações públicas e privadas, promotoras do desenvolvimento econômico em geral, e da água doce em particular.”

Já para Demóstenes Filho, Patrícia Santini e Margarida Ferreira (2002), a questão da água no Brasil esta diretamente vinculada ao governo e mais ainda aos próprios cidadãos. Para estes autores, grandes iniciativas quanto à preservação da água surgem de ações coletivas cidadãs, quando uma ação coletiva pode gerar grande repercussão no âmbito macro da sociedade. Ainda além, para eles ações significativas na racionalização da água estão nas ações individuais do cidadão, representando uma questão de ética, cidadania, humanismo. No entanto, para isso, é necessária uma mudança de comportamento da sociedade quanto ao respeito pelos recursos hídricos, que pode estar diretamente ligado às ações governamentais e coletivas.

Para Pedro Mancuso e Hilton Santos (2003) a conclusão a respeito do panorama global atual é que a sobrevivência do homem relaciona-se à sua capacidade de reaproveitamento dos recursos escassos, em particular a água, bem como a sua proteção, recuperação e o uso consciente.

2.2. Conceito de Reuso

De forma simplificada, pode-se entender o significado do reuso de água pela frase utilizada por Mierzwa (2002):

“Uso de efluentes tratados para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis”.

Segundo Brega Filho e Mancuso (2002), reúso de água subtente uma tecnologia desenvolvida segundo os fins a que a água se destina e de como a mesma tenha sido anteriormente utilizada. A conceituação precisa da expressão reúso de água está condicionada ao exato momento a partir do qual se admite que o reúso tenha sido feito.

“por exemplo, entre uma comunidade que capta água de um rio contendo esgotos de uma grande metrópole e outra cidade às margens de outro grande rio onde apenas algumas pessoas despejam esgotos, existem diferenças em termos de diluição, distâncias percorridas pelos efluentes e fatores naturais referentes à recuperação da qualidade desses rios. Neste caso é impossível determinar o preciso instante em que foi iniciado o reúso de água.

A prática de descarregar esgotos, tratados ou não, em corpos de água superficiais é a solução normalmente adotada pelas comunidades no mundo inteiro, para afastamento de resíduos líquidos. Geralmente esses corpos de água servem como fonte de abastecimento a mais de uma comunidade, havendo casos em que a mesma cidade lança seus esgotos e faz uso do mesmo corpo hídrico como manancial para potabilização. A comunidade, a indústria ou o agricultor que coleta a água, em verdade, está utilizando-a pela segunda terceira ou mais vezes.

É clássico o caso da cidade de Londres que capta água dos rios Tâmsa e Lea, este último usado pela cidade de Stevenage para afastamento de seus esgotos, onde são lançados após tratamento.

No Brasil, é bastante conhecido o caso das cidades no vale do rio Paraíba, onde existe uma sucessão de cidades que captam água e dispõem os seus esgotos no mesmo rio.”

Neste sentido, segundo Brega Filho e Mancuso (2002), a caracterização de reúso deve considerar o volume de esgoto recebido pelo corpo de água, em relação ao volume de água inicialmente existente no rio. No caso de comunidades que utilizam água de um rio que recebe quantidades crescentes de esgoto, não se deve falar em reúso para a situação da comunidade que capta água cuja diluição pode ser caracterizada, na prática, como infinita. O oposto seria a reutilização do esgoto para fins potáveis, sem devolvê-lo antes ao meio ambiente, o que para alguns seria classificado como reúso potável direto.

A literatura é vasta na terminologia reúso de água, e existem diferenças consideráveis entre vários autores sobre seu conceito. De maneira geral, o reúso de água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não. Entretanto, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO, 1973, citada por Brega Filho e Mancuso 2002), o reúso de água se define nas seguintes categorias:

- 1- Reuso Indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída.

- 2- Reuso Direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável.
- 3- Reciclagem interna: é o reúso de água internamente em instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Já Lavrador Filho (1987) classifica a terminologia com maior nível de detalhamento, utilizando-se das seguintes definições:

- 1- Reúso de Água: para designar o aproveitamento de águas já utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para o atendimento das necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Podendo ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas.
- 2- Reúso Indireto Não Planejado de Água: decorre da reutilização da água uma ou mais vezes em alguma atividade humana e a mesma é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Nesta situação, o reúso da água é um subproduto não intencional da descarga de montante. Após sua descarga no meio ambiente, o efluente será diluído e sujeito a processos como autodepuração, sedimentação, dentre outros, além de eventuais misturas com outros despejos advindos de diferentes atividades humanas.
- 3- Reúso Planejado de Água: o reúso acontece como resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. Esta categoria pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água. O reúso planejado também pode ser denominado Reúso Intencional da Água.
- 4- Reúso Indireto Planejado de Água: para este tipo, os efluentes, após receber o devido tratamento, são descarregados de forma planejada nos corpos de água superficiais ou subterrâneos, para ser utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico.
- 5- Reúso Direto Planejado de Água: os efluentes, após os tratamentos necessários, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso, sendo submetidos aos tratamentos adicionais e armazenamentos necessários, mas não sendo, em nenhum momento, descarregado no meio ambiente, durante o seu transcurso.

- 6- Reciclagem de Água: trata-se de reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular do reuso direto.

Por fim a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção São Paulo, utiliza-se a classificação definida por Westerhoff (1984), segundo a qual existem duas grandes categorias de reuso: potável e não potável. Estas, por sua vez, são subdivididas em:

- 1- Reuso Potável

- 1.2- Reuso potável direto: ocorre quando o esgoto recuperado, através de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- 1.3- Reuso potável indireto: neste caso o esgoto, após tratamento, é disposto em águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e, finalmente, utilizado como água potável.

- 2- Reuso Não Potável:

- 2.2- Fins agrícolas: quando se pratica esta modalidade de reuso, em geral, ocorre recarga do lençol subterrâneo, mas o principal objetivo desta prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais ou plantas não alimentícias, tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para criação de animais.
- 2.3- Fins industriais: abarca os usos industriais de refrigeração, águas de processo para utilização em caldeiras entre outros processos industriais.
- 2.4- Fins recreacionais: classificação reservada para a irrigação de campos de esportes, parques e também para enchimento de lagoas ornamentais, entre outros.
- 2.5- Fins domésticos: consideram-se os casos de reuso de água para irrigação de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios para reserva contra incêndio e resfriamento de equipamentos de ar condicionado.

Embora as literaturas citadas mencionem somente águas residuárias para reuso, vale ressaltar que a captação de águas pluviais e seu uso pode ser considerada uma forma de reuso de água, uma vez que é usada de maneira secundária após seu processo natural. Dessa forma a água pluvial que é precipitada, coletada, armazenada podendo ou

não passar por processos de purificação pode ser considerada como água de reúso. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

2.3. Reúso de Água na História

E embora o termo reúso tenda a parecer um conceito do século XXI, emergente em virtude do crescimento populacional e a escassez do recurso ao homem, essa prática já foi posta em uso muito tempo atrás, ao longo da história da humanidade.

Nos primórdios da civilização as primeiras cidades surgiram às margens de rios e mananciais, permitindo assim o desenvolvimento da agricultura e a vida nas cidades. O uso da água limitava-se pelo transporte desta, de um poço, riacho ou manancial ao local de destino. E em que muitas vezes essa água era armazenada, utilizada, recaptada, e reutilizada, passando por processos primitivos de purificação, como a fervura, o filtro de pano, ou a exposição ao sol. E em razão do limitado conhecimento do homem sobre a transmissão de doenças, muitas vezes tais processos não eram suficientes para tornar potável a água de reúso, ou até mesmo a água recém-coletada, provocando epidemias e doenças nas cidades ao longo da história (BERNARDIS, 2002).

O grande marco de epidemia através da água registrado na história antiga, segundo Bernardis (2002), culminou no surto de cólera que assolou Londres em 1854, no distrito de *Broad Street*, em que o médico sanitarista John Snow desenvolveu estudos para compreender a transmissão da doença. Através de estudos de casos e mapeamento dos infectados, Snow desvendou o problema encontrando na água local resíduos fecais, determinando assim a transmissão da doença no bairro. Contribuindo de forma significativa para a preservação da água, quanto à sua qualidade e os estudos epidemiológicos.

Segundo Metcalf e Eddy (1995) apud (MANCUSO; SANTOS, 2003), o uso de água residuárias, inicialmente sem tratamento, e posteriormente, tratadas em fossas sépticas, para fins de irrigação paisagística, teve origem no parque *Golden Gate*, em São Francisco, na Califórnia (EUA). Vinte anos mais tarde, foi construída uma estação de tratamento convencional e água residuária do parque passou a ser direcionada à estação. Cabe ainda destacar que a primeira utilização de águas residuárias em um sistema de coleta e distribuição data de 1926, no parque *Grand Canyon*, no Arizona (EUA), em que a água residuária atendia a lavatórios, sistema de irrigação de áreas verdes e na indústria como água de refrigeração.

Ainda assim é possível relatar uma série de ações nesse campo ainda no século passado, sobretudo nos Estados Unidos. Como projeto de reutilização de água para irrigação de jardins no estado da Califórnia em 1929 e no Colorado em 1960, também o primeiro projeto de grande alcance em recarga de aquíferos com águas residuárias na cidade de Los Angeles em 1962. E reunindo em 1977 um total de 536 projetos de reutilização de efluentes no país. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

Também é possível relatar casos de reúso de água na cidade de Tóquio (Japão), em 1951, na utilização de efluentes secundários em uma indústria de papel, levando a comercialização do efluente secundário para a indústria, vale ressaltar que o país tem implantado abrangentes projetos de urbanos de reúso e recuperação de águas, utilizando água de reúso em áreas urbanas na indústria na dissolução de neve entre outras finalidades. E no Peru, a Estação Experimental de San Juan de *Miraflores*, em funcionamento há mais de vinte anos, realiza pesquisas em tratamento e reúso para a aquicultura e agricultura, utilizando efluentes tratados em lagoas de estabilização. Desde 1991, na Austrália, com a criação de um programa de reuso implantado pelo governo, a indústria tem usado cada vez mais água residuária na irrigação de plantações pastagens e jardins (REBOUÇAS, 2004).

Em seu livro “Uso Inteligente da Água”, Aldo Rebouças (2004) compara a questão do reuso de água entre o Brasil e os países desenvolvidos:

“Fornecer água pelo menor custo possível e exigir que sua utilização seja feita da forma cada vez mais eficiente, são premissas dos sistemas de abastecimento público nos países desenvolvidos. Certamente, não parece serem as premissas do setor e recursos hídricos no Brasil, em particular, onde ainda se tem os interesses da “política de bastidores” que se desenvolve entre os grupos interessados nos gabinetes indevassáveis e que dá suporte às “estratégias de escassez.” "Ao contrario dos países desenvolvidos, o reuso não potável da água tem se desenvolvido muito, sobretudo, durante a ultima década do século passado, como alternativa mais barata para fins agrícolas, industriais recreação e domésticos.”

De acordo com Hilton Santos e Mancuso (2002), países da Comunidade Econômica Europeia têm incentivado pesquisas aplicadas do mais alto nível científico e tecnológico para o reúso potável da água. Citando o Projeto Poseidon, do qual o objetivo é o desenvolvimento de tecnologias de remoção de produtos farmacêuticos e de higiene pessoal que passam através dos processos convencionais de tratamento de esgotos, nas

estações de tratamento. Acarretando em contaminação da água de abastecimento dos aquíferos superficiais e profundos, e de forma em longo prazo prejudicial à saúde humana.

No Brasil, a prática do reúso de água iniciou-se nos engenhos de cana de açúcar, com a utilização do efluente originário das destilarias de álcool para irrigar as plantações de cana. E registra-se que em 1993, algumas indústrias do estado de São Paulo iniciaram um programa de reúso de água para a refrigeração de seus processos de fabricação, configurando a *General Motors*, instalada em São Caetano, como responsável por tratar e reciclar 100% da água utilizada na fábrica (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Segundo Filho (2002), alguns exemplos brasileiros merecem destaque, como a Estação Experimental Jesus Netto, que ocupa uma área de 12.300m² às margens do rio Tamandateí, no bairro do Ipiranga em São Paulo, responsável por tratar 60L/s de esgotos sanitários por meio de dois sistemas de tratamento paralelos. O reúso de água na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Jesus Netto foi a primeira iniciativa da Sabesp nesse campo desenvolvida além da escala piloto, com aplicação em escala real e compromissos realizados com clientes externos. Além disso, a implantação de um parque temático, em 1999 localizado próximo à cidade de São Paulo, também merece destaque. Em virtude de localizar-se junto a um córrego, a construção do empreendimento só seria possível, caso adotasse como ponto de partida a hipótese de descarte zero do efluente no corpo receptor. Dessa forma, por se tratar de um parque temático, em que existia possível contato da água de reúso e público, o parque implementou um sistema dual de reciclagem de água em que o descarte final se fazia nos jardins e gramados, atendendo às necessidades hídricas do parque e o equilíbrio ambiental.

Por fim, cita-se o programa P1MC da organização ASA (Articulação do Semiárido Brasileiro), que com início no ano 2000, tem como objetivo a implantação de um milhão de cisternas em comunidades carentes na região nordeste. De forma que o programa consiste em processos de conscientização, capacitação e orientação do manejo dos recursos hídricos e própria construção da cisterna. Estas cisternas ficam localizadas próximas às residências de modo a permitir a captação das águas pluviais em períodos de chuva e sua utilização nos períodos de estiagem. Segundo dados fornecidos pela organização até 08/10/2015 haviam sido construídas 562.336 cisternas rurais.

Comparando brevemente os exemplos citados, é possível identificar uma característica marcante na implantação de sistemas de reúso de água em um quadro entre

países desenvolvidos e em desenvolvimento, como o Brasil. De forma geral pode-se dizer que nos países desenvolvidos, como Japão, Estados Unidos, e Europa, de modo geral, a prática do reúso está inserida em um contexto amplo, em que é uma medida institucionalizada, regulamentada, e impulsionada pelo governo, visando o bom gerenciamento de recursos hídricos e a saúde pública. Em contrapartida, no Brasil, por exemplo, vê-se que o histórico do reúso de águas está associado às questões de ordem econômico-financeiras ou de licenciamento ambiental. Para Dirceu Telles e Regina Costa (2007), esse quadro tem mudado significativamente na última década, primeiramente o reúso apareceu, em meio à outras tecnologias, mais como forma de status do que benefício propriamente dito, conferindo às edificações ou empresas o selo “sustentável”. Mas após a crise da água vivenciada em grandes metrópoles brasileiras nos últimos anos o assunto de reúso de água começa a aparecer como alternativa inevitável à sobrevivência das futuras gerações.

2.4. Aplicações de Águas de Reúso

Existem muitas possibilidades de reúso de água registrados na literatura e informalmente no cotidiano das pessoas, variando conforme a aplicação, custos de implantação, de operação, manutenção e agentes locais. No entanto de forma simplificada, classifica-se as aplicações da água de reúso em: uso em área urbana, uso industrial, o uso associado à recarga artificial de aquíferos e o uso em atividades agrícolas, cujas definições e detalhamentos são a seguir especificados, de acordo com a abordagem feita por Ivanildo Hespanhol (1999).

2.4.1. Usos Urbanos

No setor urbano, o potencial de reúso de efluentes é amplo e diversificado. No entanto, por estar associado às atividades urbanas e possível contato com homem sua aplicação demanda certos parâmetros de qualidade, requerendo assim, sistemas de tratamento e de controle avançados, o que pode levar a custos incompatíveis com os benefícios de sua adoção. De acordo com as definições adotadas, os esgotos tratados podem ser utilizados para fins potáveis e não potáveis, desde que obedeçam aos critérios básicos indicados a seguir.

2.4.1.1. Usos urbanos para fins potáveis

Essa finalidade apresenta o produto final de reúso sob forma de água potável. Dessa forma sua composição deve apresentar critérios de qualidade segundo à legislação sanitária, se apropriando de mecanismos de purificação altamente avançados.

Águas de reúso oriundas de efluentes de estações de tratamento de esgotos, sobretudo de grandes cidades associadas à núcleos industriais, apresentam grau de risco elevado para a finalidade potável, já que o produto é passível de apresentar organismos patogênicos, metais pesados e compostos orgânicos sintéticos em sua composição. Além disso, os custos dos sistemas de tratamento avançados que seriam necessários levariam, na maioria dos casos, à inviabilidade econômico-financeira desse processo.

E de acordo com o autor a prática de reúso urbano para fins potáveis só poderá ser considerada garantindo-se sistemas de tratamento de vigilância sanitária adequados, obedecendo, estritamente, aos seguintes critérios básicos:

- Empregar unicamente sistemas de reúso indireto;
- Utilizar exclusivamente esgotos domésticos;
- Empregar barreiras múltiplas nos sistemas de tratamento;
- Adquirir aceitação pública e assumir as responsabilidades pelo empreendimento.

2.4.1.2. Usos urbanos para fins não potáveis

Os usos urbanos não potáveis envolvem riscos menores e devem ser considerados como a primeira opção de reúso na área urbana. Englobando fins onde a água não é ingerida por pessoas ou animais, atendendo, por exemplo, na irrigação paisagística, reúso sanitário, lavagem de ruas, resfriamento de aparelhos de refrigeração entre outros. No entanto, cuidados especiais devem ser tomados quando ocorre contato direto do público com o produto ou a área onde foi utilizado. Os sistemas de tratamento para esse efluente podem variar em razão da origem da água e do grau de qualidade desejado, refletindo assim nos custos de implantação.

Segundo Ivanildo, diversos países da Europa, assim como os países industriais da Ásia, localizados em regiões de escassez de água, exercem, extensivamente, a prática de reúso urbano não potável proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos localmente disponíveis.

2.4.2. Usos industriais

O reúso para fins indústrias pode ser visualizado sob diversos aspectos, conforme as possibilidades existentes no contexto interno ou externo às indústrias. Os principais usos industriais em que a água de reúso pode ser empregada são:

- Torres de resfriamento;
- Caldeiras;
- Lavagem de peças e equipamentos,
- Irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e veículos;
- Processos industriais.

A água de reúso na indústria pode se dividir conforme a seguinte classificação:

2.4.2.1. Reúso Macroexterno

É o processo que o tratamento do esgoto é efetuado por companhias municipais ou estaduais de saneamento, fornecendo efluentes tratados como água de utilidade na indústria, dependendo do nível de qualidade à qual é destinado.

2.4.2.2. Reúso Macrointerno

Corresponde ao reúso de águas servidas na própria indústria, onde por exemplo a água após ter passado pela primeira utilização, pode ser reempregada em outro processo que demande menor qualidade, ou reciclada e empregada novamente na mesma função.

2.4.2.3. Reúso interno específico

Trata-se de efetuar a reciclagem de efluentes de quaisquer processos industriais nos próprios processos nos quais são gerados, ou em outros processos que se desenvolvem em sequência e que suportam qualidade compatível com o efluente em questão.

2.4.3. Recarga Artificial de Aquíferos

Os aquíferos subterrâneos são alimentados, de maneira contínua através de áreas de recarga naturais, tais como lagos, rios, campos irrigados, ou pela própria infiltração de águas de chuva. Muitas estações de tratamento realimentam aquíferos ou áreas de recarga naturais com águas de reúso de efluentes tratados, com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água, incrementarem reservas hídricas, ou resolver problemas localizados. No entanto, muitas vezes o produto final não detém de parâmetros suficientes de água potável, mas ao ser lançado em corpos de água, as concentrações de substâncias não potáveis se diluem não poluindo a jusante. Entretanto diversas linhas de pesquisa apontam que em longo prazo o acúmulo dessas substâncias nas fontes primárias ou secundárias, pode ser prejudicial à saúde humana e o equilíbrio ambiental. (HESPANHOL 1999).

2.4.4. Uso Agrícola

A aplicação de esgotos em atividades agrícolas é uma prática antiga, existindo relatos que em Atenas antes da era cristã, já se usava águas oriundas do esgoto para irrigar campos de colheita. Além disso, a deposição de águas residuárias no solo é uma forma efetiva de controle da poluição de mananciais, e alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas.

Os sistemas de reúso de água para fins agrícolas adequadamente planejados proporcionam melhorias ambientais e melhorias de condições de saúde, entre as quais:

- Minimização das descargas de esgotos em corpos de água;
- Preservação dos recursos subterrâneos (aquíferos);
- Conservação do solo, pela acumulação de húmus, e aumento da resistência à erosão;
- Aumento da concentração de matéria orgânica do solo;
- Aumento da produção de alimentos, principalmente em áreas carentes, elevando, desta forma, os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais da população.

Entretanto, o reúso de água em atividades agrícolas deve ser praticado com as devidas precauções de segurança sanitária, a fins de que não ocorra poluição do solo ou lençóis freáticos e a própria contaminação do gênero produzido. Dessa forma, devem ser feitos estudos acerca do tipo de solo da área irrigada, a profundidade das reservas

subterrâneas imediatas, assim como as espécies à serem irrigadas com esse tipo de água entre outros fatores de risco.

Segundo o autor, a demanda atual para o setor agrícola brasileiro representa 70% do volume total da necessidade de água no país, com forte tendência para chegar a 80% até o final desta década. Assim, diante do significado que essas grandes vazões assumem, em termos de gestão de nossos recursos hídricos, é de extrema importância que se atribua prioridade para institucionalizar, promover e regulamentar o reúso para fins agrícolas, em âmbito nacional (HESPANHOL 1999).

2.5. Legislação

O conceito de qualidade de água está vinculado à padrões estabelecidos pelas agências reguladoras sanitárias. Dessa forma, a qualidade de uma determinada porção de água pode ser analisada a partir de uma comparação direta com os padrões de qualidade determinados pela legislação. Tratando-se do reúso de água, esse fator é de suma importância, uma vez que águas de esgoto estão sendo reutilizadas. Assim tornam de extrema responsabilidade os testes de qualidade dos sistemas implantados em função dos destinos finais do produto de reúso.

A legislação brasileira estabelece padrões de qualidade para água potável na portaria 36/GM e Portaria 1469 de 2000. Em relação ao reúso de água, a legislação em vigor (Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei 9433,8 de Janeiro de 1997) ao instituir os fundamentos de gestão de recursos hídricos, cria condições jurídicas e econômicas para a hipótese do reúso de água como forma de utilização racional de preservação ambiental (Mancuso e Santos, 2000)

Entretanto a Norma Brasileira NBR 13969 (ABNT, 1997) estabelece a necessidade de tratamento de efluentes e o seu devido reúso, desde que os efluentes gerados sejam de origem doméstica ou tenham características similares. A seguir são apresentados os graus de tratamento relativo ao reúso estabelecidos pela norma:

- Classe 1 – Lavagem de carros e outros usos que réquiem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes. Turbidez inferior a cinco NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez); coliforme fecal inferior a 200NMP (Número Mais Provável) /100ml; sólidos

dissolvidos totais inferior a 200mg/l; ph entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5mg/l e 1,5mg.l.

- Classe 2 – Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, exceto chafarizes. Turbidez inferior a cinco NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez); coliforme fecal inferior a 500NMP (Número Mais Provável) /100ml; cloro residual superior a 0,5mg/l.
- Classe 3– Reúso nas descargas de vasos sanitários. Turbidez inferior a 10 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez); coliforme fecal inferior a 500NMP (Número Mais Provável) /100 ml.
- Classe 4– Reúso em pomares, cereais, forragens para gados e outros cultivos através do escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 500NMP (Número Mais Provável) /100 ml; e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/l. (as aplicações devem ser interrompidas pelo menos dez dias antes da colheita)

2.6. Técnicas de Reúso

Tendo como tema central o estudo de técnicas de reúso de água para uma estação de banheiros públicos, este trabalho se aterá à pesquisa de tecnologias referentes ao processo de reúso de esgoto urbano não potável, segundo as definições já mencionadas anteriormente. Dessa forma apresentar-se-ão à seguir algumas das principais técnicas de reúso de águas servidas conforme a literatura utilizada.

- **Captação de águas pluviais**

Para Pedro Mancuso e Hilton Santos (2003), o sistema de captação de águas da chuva é considerado um dos sistemas mais simples de reúso de água, pois na maioria dos casos a água captada já se encontra limpa, demandando poucos ou nenhum processos de purificação. Esse sistema se caracteriza pela coleta de águas pluviais, em coberturas, pisos, entre demais áreas precipitadas, direcionando-a à reservatórios dimensionados conforme a vazão estimada do produto coletado. Após isso, a água armazenada no reservatório é tratada ou não, conforme as necessidades do destino final, e então direcionada ao uso. Dentre os quais se se pode citar como exemplo:

- Irrigação paisagística;
- Lavagem de ruas e pisos;

- Uso não potável, como bacias sanitárias e torneiras;
- Uso potável, desde que tratado conforme as exigências sanitárias de qualidade.

Conforme Soares (1997), o aproveitamento de água da chuva traz numerosas vantagens, tais como simplicidade e facilidade de manutenção e controle, baixos custos de implantação. Além disso, a água tratada de maneira simples, pode ser aplicada com vantagens quando comparada com o sistema de reutilização de águas residuárias, embora dependa de períodos chuvosos para o abastecimento. E ainda apresenta benefícios ambientais, como redução de consumo de água potável, controle de drenagem pluvial, prevenção de enchentes, e manutenção do equilíbrio hidrológico.

- **Reúso de Águas Cinza**

O reúso de águas cinza compreende na reutilização de águas usadas em pias de cozinha, lavatórios sanitárias, máquinas de lavar roupa/louça, chuveiros, entre outras finalidades em que a água não é acompanhada de dejetos. Esse tipo de água recebe o nome de águas cinza em função da coloração final do produto, acumulando resíduos de sabão na maior parte. O reúso de águas cinza pode ser aplicado tanto na irrigação de jardins como na reutilização doméstica, como lavagem de pisos, ou até mesmo na descarga sanitária. Em alguns casos, se faz uso de tratamento conforme a qualidade de água desejada, ou a diluição, melhorando o aspecto da água, ou usar o produto como recebido, por exemplo, na irrigação paisagística (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Além deste sistema, tem-se conhecimento de inúmeras outras tecnologias que reutilizam águas cinza, variando em grau de complexidade, segundo vazões e graus de qualidade final. O sistema de filtração por caixa de areia apresenta-se como alternativa de fácil execução, bons custos iniciais, facilidade de manutenção, e satisfação quanto à qualidade para uso não potável. Mas processos como diluição por tanque de osmose reversa, ou tanque de flotação por ar dissolvido se apresentam como alternativas também viáveis de implantação (RICHTER; NETTO, 2003).

- **Bacia de Evapotranspiração**

Segundo Vieira (2010), o tanque de evapotranspiração é uma tecnologia proposta por permacultores para tratamento da água negra e consiste em um sistema plantado, onde ocorre decomposição anaeróbica da matéria orgânica, mineralização e absorção dos nutrientes e da água pelas raízes das plantas nas imediações. A ideia original é atribuída

ao permacultor americano Tom Watson, adaptada em projetos implantados por permacultores brasileiros, principalmente no Estado de Santa Catarina e na região do Distrito Federal.

Resumidamente o sistema funciona como uma fossa séptica, no entanto plantas que consomem grandes quantidades de água são plantadas sobre o sistema, de modo que a água residuária, após passar por filtros naturais e decomposição anaeróbia é absorvida pelas raízes das plantas e retorna ao ciclo hidrológico pela transpiração vegetal. Conforme Vieira (2010), o funcionamento da bacia é descrito pelas seguintes etapas:

1- Fermentação

A água negra é decomposta pelo processo de fermentação (digestão anaeróbia) realizado pelas bactérias na câmara bio-séptica de pneus e nos espaços criados entre as pedras e tijolos colocados ao lado da câmara.

2- Segurança

Os patógenos são enclausurados no sistema, porque não há como garantir sua eliminação completa. Isto é realizado graças ao fato da bacia ser fechada, sem saídas. A bacia necessita ter espaços livres para o volume total de água e resíduos humanos recebidos durante um dia. A bacia deve ser construída com uma técnica que evite as infiltrações e vazamentos para o solo.

3- Percolação

Como a água está presa na bacia ela percola de baixo para cima e com isso, depois de separada dos resíduos humanos, vai passando pelas camadas de brita, areia e solo, chegando até as raízes das plantas, 99% limpas.

4- Evapotranspiração

A evapotranspiração é o principal princípio da bacia, pois graças a ele é possível o tratamento final do efluente, que só sai do sistema em forma de vapor, sem nenhum contaminante. A evapotranspiração é realizada pelas plantas, principalmente as de folhas largas como as bananeiras, mamoeiros, caetés, taioba, etc. que, além disso, consomem os nutrientes em seu processo de crescimento, permitindo que a bacia nunca encha.

5- Manejo

Primeiro (obrigatório), a cobertura vegetal morta deve ser sempre completada com as próprias folhas que caem das plantas e os caules das bananeiras depois de colhidos os frutos. E se necessário, deve ser complementada com as aparas de podas de gramas e outras plantas do jardim, para que a chuva não entre na bacia. Segundo (opcional), de tempos em tempos, devem-se observar os dutos de inspeção e coletar amostras de água para exames. E observar a caixa de extravase, para ver se o dimensionamento foi correto. Essa caixa só deve existir se for exigido em áreas urbanas pela prefeitura para a ligação do sistema com o canal pluvial ou de esgoto.

2.6.1. Qualidade da Água

O reúso de água para qualquer fim depende da sua qualidade de água em relação aos aspectos físicos, químicos e microbiológicos. Os parâmetros físico-químicos em sua maioria são bem compreendidos, sendo possível estabelecer critérios de qualidade orientados para o reúso. Entretanto os níveis microbiológicos são mais difíceis de serem quantificados. Dessa forma, segundo MANCUSO (2007), o padrão de qualidade da água de reúso fica confiado à destinação a qual será dada à água. Assim, permite-se a existência de impurezas presente na água, desde que aceitável para o devido uso. A seguir, são apresentados os seguintes limites de impurezas conforme o uso do produto.

- Classe 1 – Lavagem de carros e outros usos que réquiem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes. Turbidez inferior a cinco NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez); coliforme fecal inferior a 200NMP (Número Mais Provável) /100 ml; sólidos dissolvidos totais inferior a 200mg/l; ph entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/l e 1,5mg.l.
- Classe 2 – Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, exceto chafarizes. Turbidez inferior a cinco NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez); coliforme fecal inferior a 500NMP (Número Mais Provável) /100 ml; cloro residual superior a 0,5 mg/l.
- Classe 3 – Reúso nas descargas de vasos sanitários. Turbidez inferior a 10 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez); coliforme fecal inferior a 500NMP (Número Mais Provável) /100ml.

- Classe 4 – Reúso em pomares, cereais, forragens para gados e outros cultivos através do escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 500NMP (Número Mais Provável) /100ml; e oxigênio dissolvido acima de 2,0mg/l. (as aplicações devem ser interrompidas pelo menos dez dias antes da colheita).

2.6.2. Tratamento de Água

A água de reúso é uma opção correta do ponto de vista ambiental, afirma Rapaport (2004). Entretanto, para que possa ser utilizada deve ser feito um estudo da viabilidade, seja ela técnica ou econômica, de um projeto de reúso de água, além disso, faz-se necessário um levantamento criterioso do volume utilizado em cada aparelho hidráulico-sanitário, para que se possa saber a quantidade fornecida pelas fontes produtoras de efluentes e pelas potenciais fontes consumidoras de água reutilizada e, sobretudo, o tratamento necessário para atender a finalidade do produto.

Para Dirceu Telles e Regina Costa (2007), entende-se inicialmente por esgoto urbano a água com impureza de características orgânicas. Já a água residual industrial altera suas características conforme os produtos usados nos diversos processos industriais. E segundo estes autores, o principal objetivo do serviço de esgotamento sanitário é impedir o contato dos despejos (resíduos e despejos humanos) com a população, com água de abastecimento e irrigação de alimentos, inibindo vetores patogênicos, além da preservação do meio ambiente. Para os autores, o tratamento do esgoto (ou água servida) se resume na busca eficiente da remoção dos poluentes nele contidos. Baseando-se em parâmetros normatizados e varia de acordo com o volume a ser tratado, finalidade, e nível de processamento, além de aspectos técnicos e econômicos. Dessa forma, abordam em seu livro uma vasta gama de sistemas de tratamento de esgoto, variando desde o uso na escala macro industrial à escala doméstica.

Geraldo Sant'Anna (2010), aborda a questão biológica dos efluentes domésticos e industriais:

“Os micro-organismos apresentam com organização celular simples e desempenham papel importantíssimo na reciclagem dos nutrientes no meio ambiente.” Do ponto de vista da tecnologia ambiental asseguram a degradação de inúmeros poluentes, sendo os agentes principais dos chamados processos biológicos de tratamento de efluentes. (...) Esse

sistema, tal como os ambientes naturais, são sistemas abertos, que permitem a convivência de diferentes micro-organismos, estabelecendo relações e interações diversas.

“Quando um efluente contém compostos biodegradáveis, como é o caso do esgoto doméstico, e são descartadas num rio, as bactérias originalmente presentes na água degradam esses compostos e consomem o oxigênio dissolvido na água (...). Assim, a matéria orgânica, mesmo biodegradável, provoca sérios impactos ambientais quando lançada nos cursos de receptores. Portanto os processos de tratamento devem removê-las até que se atinjam níveis que não causem comprometimento dos sistemas aquáticos. (...) E para contornar essa antiga e enorme dificuldade analítica foram propostos alguns indicadores globais de matéria orgânica em efluentes, (...) fornecendo uma indicação do efeito toxico do conjunto dos poluentes presentes num dado efluente.”

Deve-se lembrar de que o tratamento de efluentes deve atender à Legislação (Resolução do CONAMA n. 357/2005) que define a qualidade de águas em função do uso a que está sujeita. Dessa forma, as aplicações do reuso previstas na NBR (NBR 13.969/97), podem ser resumidamente pontuadas em:

- Usos previstos para o esgoto tratado (item 5.6.2 NBR 13.969/97);
- Volume do esgoto a ser reutilizado (item 5.6.3 NBR 13.969/97);
- Grau de tratamento necessário (item 5.6.4 NBR 13.969/97);
- Sistema de reservação e distribuição (item 5.6.5 NBR 13.969/97);
- Manual de operação e treinamento dos responsáveis (item 5.6.6 NBR 13.969/97);
- Amostragem para análise do desempenho e do monitoramento (item 5.6.7 NBR 13.969/97).

Quanto às técnicas de tratamento de água, Léo Heller e Valter de Pádua (2006) abordam em seu livro “Abastecimento de Água para Consumo Humano”:

“Basicamente, o tratamento de água busca remover os organismos patogênicos e substâncias químicas orgânicas ou inorgânicas que podem ser prejudiciais à saúde humana. Mas além da preocupação sanitária, é exigido que a água fosse esteticamente agradável, sendo necessário reduzir sua cor, turbidez, odor e sabor, para que atenda aos requisitos mínimos exigidos pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004). Adicionalmente a água tratada deve ser quimicamente estável, para que não provoque incrustação ou corrosão excessiva na tubulação de distribuição.”

2.6.3. Arquitetura e Sustentabilidade

Para Alison G. Kwok e Walter T. Grondzik (2013), a palavra sustentabilidade em arquitetura vai muito mais além do que o emprego de certas técnicas e materiais em projeto, que causem menores impactos ambientais. Para tanto, afirmam que ser sustentável significa atender as necessidades da geração atual sem prejudicar as gerações futuras. E dessa forma assume o termo edificação “ecológica” ou “verde”, para se tratar de projetos de arquitetura eficientes em consumo de energia, água e demais recursos, além de abordar os impactos ambientais no local e fora dele. Tornando-se somente “sustentável” quando no projeto ocorre a inexistência de impactos líquidos negativos sobre o meio ambiente.

Marian Keeler e Bill Burke (2010) defendem que edificações sustentáveis devem integrar questões referentes à água, em que o consumo desta é apenas um dentre vários aspectos envolvidos na maximização da eficácia no uso da água; outros são: a coleta de água pluvial, o tratamento de águas fecais, a utilização de águas servidas municipais e até mesmo a possibilidade de produzir água própria para uso, por meio de tecnologias de tratamento de água.

Para Alison G. Kwok e Walter T. Grondzik (2013), Louças Sanitárias de baixa vazão se tornaram norma há mais de uma década. Para ir além do uso desse recurso que hoje é banal, considera o emprego de bacias sanitárias com vazão mínima, bacias sanitárias de compostagem e controles automáticos de lavatórios. Afirma ainda que reduções maiores no consumo de água de uma edificação podem ser alcançadas com tubulações separadas para água potável e água servida.

2.6.4. Arquitetura Móvel

Uma tendência da arquitetura contemporânea é a reutilização de materiais descartados, originando novos usos e contribuindo para construções mais conscientes. O container tem aparecido como grande elemento representativo dessa arquitetura, tanto em função de suas enormes potencialidades estruturais, funcionais e construtivas, como linguagem arquitetônica urbana. Além disso, como principal objetivo destas construções, a retirada destes recipientes da natureza favorece a sustentabilidade e a preservação ambiental. Composto de metais não biodegradáveis, o container tem vida útil de

aproximadamente 10 anos, após este período é descartado, gerando lixo nas cidades portuárias (PAULA; TIBÚRCIO, 2012).

Um dos grandes benefícios desse elemento como estrutura na construção civil é a formação do conjunto estrutural autoportante, em que os painéis laterais, assoalho, terças, portas, molduras e trilhos do container funcionam tanto como estrutura como vedação. São resistentes, destinados originalmente a suportar cargas que exigem mais esforço do que uma residência típica. Além disso, a possibilidade de se levar o módulo ao terreno pronto para ser utilizado, configura à essa estrutura a mobilidade necessária a projetos temporários, podendo ainda ser empilhado ou acrescido por outras unidades facilmente (PAULA; TIBÚRCIO, 2012).

A reutilização de containers na construção civil foi incorporada primeiramente na Holanda, Inglaterra e Japão, inicialmente como hotéis, escritórios e habitações estudantis, sendo, após, disseminada e adaptada á residências unifamiliares. No Brasil, a utilização de containers sob essa forma é recente, em 2010 foi construída a primeira loja em container para a empresa Container Ecology Store. Já a primeira residência construída em containers foi em 2011, em São Paulo, pelo arquiteto Danilo Corbas que propôs soluções eficientes, práticas, utilizando design e arquitetura de elevado nível de complexidade de uso, diferentemente do que acontecia no início do uso deste material como elemento construído. Hoje é crescente este tipo de construção no Brasil, já existem empresas especializadas como a Delta Containers, em Curitiba, Paraná e a Ferraro Container Habitat em Florianópolis, Santa Catarina. (PORTAL METÁLICA, 2015).

O uso do container na construção civil se faz em resposta á um numero de grandes vantagens sobre as formas tradicionais de construção sendo elas:

- Modularidade a partir de dimensões padronizadas pela ISO 668:2013;
- Disponibilidade universal
- Custo acessível;
- Grande resistência estrutural e bioclimática;
- Alta durabilidade;
- Crescimento em altura por empilhamento;
- Facilidade em adaptação ou ampliação;
- Economia de materiais e redução de resíduos de obra;
- Mobilidade de transporte do objeto.

- Rapidez na execução de obra e montagem.

Existem diversos modelos de containers disponíveis na indústria, os quais variam em relação a forma, tamanho e resistência. Os principais utilizados na arquitetura, em razão da altura apropriada para o uso humano (pé direito de 2,59 metros) são os da categoria Dry de 20 e 40 pés, ambos com portas nas duas laterais. As dimensões externas do container Dry Standard de 20 pés são: 2,438 metros de largura, 6,06 metros de comprimento e 2,59 metros de altura, e suporta até 22,10 toneladas. O container de 40 pés possui as mesmas dimensões de largura e altura, diferenciando-se na medida de comprimento, tendo 12,92 metros e suportando a carga de até 27,30 toneladas. Os modelos Dry High Cube de 40 pés, também muito utilizados, possuem as medidas de 2,44 metros de largura, 2,79 metros de altura e 12 metros de comprimento (PORTAL METÁLICA, 2015).

Os containeres possuem, de acordo com Goebel (1996), a vida útil mínima prevista se considerada o seu uso original de oito anos e a máxima de 12 (dependendo do material utilizado na sua construção), uma vez que o container é um equipamento durável e de uso repetitivo. Mas ainda não se tem informação da vida útil do container como um elemento da arquitetura. Com relação à destinação final, o container pode ser considerado um material muito vantajoso do ponto de vista da sustentabilidade, pois é fabricado em aço e pode ser totalmente reciclado. O container é um componente bastante versátil, podendo ser facilmente modificado ou transportado para outro local. Sua estrutura é muito resistente, pois é projetado para resistir às diversas intempéries e suportar grandes cargas, e sua manutenção se resume basicamente à pintura.

O container, como já mencionado é uma estrutura autoportante, dessa forma deve-se alterar o mínimo possível suas vedações a fins de não comprometer a estrutura. Por ser um elemento fechado e vedado, a intervenção de projeto se torna mínima, sendo necessários poucos ajustes para adaptação de uso humano, gerando construções aonde a estrutura do container é comumente aparente. No entanto em muitos casos, utiliza-se a estrutura do container em projetos de arquitetura, revestindo-os tanto interna como externamente com materiais tradicionais, conferindo-lhes feições completamente diferentes do original (PAULA; TIBÚRCIO, 2012).

Dentre as modificações necessárias para uso humano do container pode-se listar:

- Adaptação para conforto ambiental;

- Instalações hidráulicas, elétricas e sanitárias;
- Revestimento de pisos ou paredes conforme necessidade de projeto;
- Abertura de vãos para acessos ou ventilação;
- Ponto de alimentação de energia elétrica e água;
- Ponto para encaminhamento de resíduos sanitários caso exista;

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa é Aplicada área de arquitetura e Urbanismo voltado ao tema de instalações hidráulicas sanitárias e mobilidade em arquitetura. O objeto de estudo é um projeto de Unidade de Banheiro Móvel empregando um sistema de reuso de água direto com fim não potável de classe três. Sua abordagem é Qualitativa abordando a interpretação dos resultados obtidos através de análise de campo dos sistemas de reuso de água por tanque de cloração e filtragem simples de sólidos. Se utilizando dos seguintes procedimentos técnicos: Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa experimental e estudo de caso.

A pesquisa experimental foi realizada no Villa Giardini Ecoparque, endereçado em SMNL MI 13, Núcleo Rural Córrego do Tamanduá, Chácara 261, Lago Norte, Brasília-DF. Especificamente analisando os sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais e servidas para abastecimento de lago ornamental e descarga sanitária. A análise do sistema de reuso de águas servidas e pluviais se fez pelo acompanhamento do funcionamento do sistema, pela coleta de amostras de água, e pela análise das amostras por experimentação físico química por meio do Kit de Potabilidade da ALFAKIT, apontando a aprovação do sistema analisado e empregado no estudo de caso.

3.1. Procedimento Metodológico

3.1.1. Pesquisa Bibliográfica: foi feito levantamento de toda a revisão bibliografia referente ao tema do reuso de água pluvial e servida, tratamento de águas e esgoto, armazenamento de água e esgotos, parâmetros de qualidade de água e mobilidade na arquitetura e adaptação do sistema construtivo. E estudo de projetos referentes ao tema e as soluções utilizadas em cada qual.

3.1.2. Escolha do sistema de reúso de água a ser empregado no estudo de caso: Com base na revisão de bibliografia foi escolhido o sistema de reúso de águas servidas e pluviais em bacias sanitárias, utilizando o sistema de filtragem simples de sólidos e cloramento simples por difusão no reservatório de captação. Sendo avaliados os seguintes itens:

- Benefícios do reúso de água em instalações hidráulicas
- Viabilidade econômica e executiva da aplicação do mecanismo
- Os ganhos socioambientais que o mecanismo gera ao ser implantado
- A agregação de informação sobre essa tecnologia no campo da arquitetura
- Os dados teóricos e práticos que auxiliam no futuro aprimoramento desse mecanismo

3.1.3. Acompanhamento do funcionamento do sistema escolhido: foi feita a análise em campo do funcionamento do sistema de reúso direto com fim não potável de classe 1 e 3 empregado no Villa Giardini Ecoparque.

- O sistema implantado pelo parque constitui um conjunto de calhas dispostas na cobertura da unidade de banheiros públicos do parque, em que se captam águas precipitadas direcionando-as a um reservatório enterrado no solo. Junto a esse sistema está integrada uma rede de coleta de águas servidas em lavatórios sanitários (esgoto cinza) onde a água se mistura à água pluvial coletada no mesmo reservatório, compreendido em um volume total de 10.000 l. Antes da reutilização do produto a água passa por uma caixa de filtragem de sólidos simples, com três telas de filtragem e no próprio reservatório a água é tratada por meio da cloração simples por difusão prevenindo a contaminação da água por agentes patogênicos oriundos da captação e melhorando o aspecto visual da água (cor). Por meio de bombas de pressão a água é direcionada à manutenção de lagos paisagísticos do complexo, e nas descargas sanitárias da mesma unidade de banheiros onde a água é coletada. Como o sistema de reúso depende do volume de água precipitada e do uso dos lavatórios sanitários, a fim de não ocorrer falta de água no reservatório o sistema de abastecimento conta com entrada de água limpa por meio de sistema simples por boia e ladrão de extravasamento.

3.1.4. Coleta de amostra de água do reservatório de abastecimento do Villa Giardini Ecoparque, e execução do teste de qualidade de água: primeiramente foi coletada a

amostra de água do tanque de armazenamento de águas de reuso do Villa Giardini Ecoparque e realizado o teste de qualidade de água com base no processo do Kit de Potabilidade da ALFAKIT. O Processo de teste compreendeu as seguintes etapas e respectivos métodos: Alcalinidade e Dureza, Cloretos, PH, Ferro, Amônia, Cloro, Oxigênio Consumido, Cor, Turbidez e Coliformes fecais.

Quadro 1.

QUADRO 1

PARÂMETROS	MÉTODO	INFORMAÇÃO
Cloro Livre	DPD	Cartela com faixa entre 0,1 - 0,25 - 0,50 - 0,75 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 3,0 mg L ⁻¹ Cl ₂
Ferro	Ácido tioglicólico	Cartela com faixa entre 0,25 - 0,50 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 3,0 - 4,0 - 5,0 mg L ⁻¹ Fe
Amônia	Azul de indo fenol	Cartela com faixa entre 0,0 - 0,10 - 0,25 - 0,50 - 1,0 - 2,0 - 3,0 mg L ⁻¹ N-NH ₃
pH	Indicador	Cartela com faixa entre 4,5 - 5,0 - 5,5 - 6,0 - 6,5 - 7,0 - 7,5 - 8,0 un. de pH
Turbidez	x	Cartela de comparação visual com faixa entre 50-100-200 NTU
Cor	Comparação visual	Cartela de comparação visual com faixa entre 3,0 - 5,0 - 15,0 - 25 - 50 - 100 mg L ⁻¹ Pt/Co
Oxigênio Consumido	Oxidação com permanganato	Cartela de comparação visual com faixa entre 0,0 - 1,0 - 3,0 - >5,0 mg L ⁻¹ O ₂
Cloreto	Argentimétrico	Micro seringa até 200 mg L ⁻¹ Cl ⁻ com resolução de 4,0 mg L ⁻¹
Dureza Total	Complexação - EDTA	Micro seringa até 200 mg L ⁻¹ CaCO ₃ com resolução de 4,0 mg L ⁻¹
Alcalinidade	Neutralização	Micro seringa até 200 mg L ⁻¹ CaCO ₃ com resolução de 4,0 mg L ⁻¹ .
Coliformes totais e <i>E. Coli</i>	Meio cromogênio em DIP SLIDE em papel - Colipaper (Tecnobac)	Mínimo detectável: 80 UFC / 100 mL

3.1.5. Produção do projeto da unidade sanitária Móvel utilizando-se dos seguintes sistemas estudados e analisados:

Estrutura em Container

Sistema de abastecimento Simples

Sistema de captação de águas pluviais

Sistema de captação de águas servidas em lavatórios sanitários simples

Sistema de filtragem simples

Sistema de cloração simples por difusão

Sistema hidráulico sanitário

Sistema de armazenamento de esgoto negro

3.1.6. Produção gráfica de desenhos diagramáticos e detalhamento arquitetônico do estudo de caso.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já mencionado anteriormente, o produto final da presente pesquisa é o projeto de uma estrutura sanitária móvel, destinada a parques e ou áreas públicas. Um tema novo no campo da arquitetura contemporânea que tem ganhado forte expressividade na última década, assistindo a um crescente aumento da quantidade de eventos temporários sediados em espaços públicos urbanos, como shows musicais, peças de teatro, feiras livres, eventos corporativos, festivais, entre outros.

A globalização e os grandes avanços nas tecnologias contribuem de forma expressiva na estrutura desses eventos, acarretando em eventos com altos níveis de qualidade e conforto aos usuários. No entanto, as estruturas sanitárias configuram como um dos fatores que mais incomodam o público em tais situações, em que muitas vezes esse assunto é ignorado pela organização do evento, optando-se pelo uso do popular banheiro químico, que embora satisfaça a necessidade básica, oferece muito pouco ou nenhum conforto e segurança ao usuário. Em contrapartida, vê-se que em determinados eventos, são construídas estruturas sanitárias específicas para o evento, o que além de ser altamente oneroso acaba por gerar grande quantidade de lixo, em decorrência da demolição da estrutura, após o evento.

Hoje já se registra empresas especializadas neste assunto, desenvolvendo exemplares das mais diversas variedades, sobretudo em países do continente europeu, Ásia e América do Norte. No entanto no Brasil, esse tipo de equipamento pública ainda é

muito pouco explorado. O desenvolvimento de um exemplar de fácil montagem, manutenção e deslocamento, podem implicar não só em benefícios ao conforto do público, em eventos privados ou públicos, mas também no conforto urbano, uma vez que esse equipamento pode vir a funcionar como banheiro urbano. Nesse último caso, a estrutura, modular, autônoma e padronizada, poderia ser disposta em pontos estratégicos das cidades, atendendo aos usuários da cidade, parques ou praças públicas.

Em virtude de se tratar de uma estrutura exemplificativa de estação de banheiro público móvel, em que o projeto deve servir como referência de estudo, independente de fatores, regionais ou locais, levou-se em conta fatores como: materiais de construção, a facilidade de montagem e construção, a praticidade no deslocamento da estrutura, a manutenção do sistema, o conforto do usuário e, sobretudo a racionalização e sustentabilidade do sistema.

4.1. RESULTADOS ESPECÍFICOS

Com o objetivo de desenvolver o projeto de uma unidade de banheiro móvel aplicando um sistema de reuso de água, pesquisaram-se as principais formas de reuso de água, optando pelo sistema de reaproveitamento de águas cinza em descargas sanitárias descrito por Pedro Mancuso e Hilton Santos (2003). A escolha do sistema se mostrou determinante quanto à viabilidade executiva e segurança à saúde do usuário. A fim de poder comprovar a eficiência do sistema e o padrão do subproduto utilizado foram feito acompanhamento e analisado o produto referente ao mesmo sistema empregado no Villa Giardini Ecoparque. A seguir são exibidos os resultados obtidos pelo teste de análise de potabilidade de água feitos com amostra coletada do tanque de reaproveitamento de águas cinza e pluviais do Parque e os respectivos limites estabelecidos pela Portaria nº518 do Ministério da Saúde, relativos ao controle de qualidade água para reaproveitamento não potável. Quadro 2.

QUADRO 2

PARÂMETROS	MÉTODO	LIMITES ESTABELECIDOS	RESULTADO
Cloro Livre	DPD	entre 0,1 - 3,0 mg L ⁻¹ Cl ₂	2,50 mg L ⁻¹ Cl ₂
Ferro	Ácido tioglicólico	faixa entre 0,25 - 0,50 mg L ⁻¹ Fe	0,30 mg L ⁻¹ Fe
Amônia	Azul de indo fenol	faixa entre 0,50 - 1,50 mg L ⁻¹ N-NH ₃	1,25 mg L ⁻¹ N-NH ₃
pH	Indicador	faixa entre 6,0 – 9,5 un. de pH	9,5 un. de pH
Turbidez	x	comparação visual com faixa entre 5,0 -10,0 NTU	8,0 NTU
Cor	Comparação visual	comparação visual com faixa entre 3,0- 25 mg L ⁻¹ Pt/Co	20 mg L ⁻¹ Pt/Co
Oxigênio Consumido	Oxidação com permanganato	faixa entre 1,0 - 3,0 mg L ⁻¹ O ₂	2,25 mg L ⁻¹ O ₂
Cloreto	Argentimétrico	até 250 mg L ⁻¹ Cl ⁻	250 mg L ⁻¹ Cl ⁻
Dureza Total	Complexação - EDTA	até 500 mg L ⁻¹ CaCO ₃	200 mg L ⁻¹ CaCO ₃
Alcalinidade	Neutralização	x	x
Coliformes totais e <i>E. Coli</i>	Meio cromogênio em DIP SLIDE	Ausência	Ausente

A partir dos resultados acima especificados corroborou-se a eficácia do sistema de reaproveitamento de água para consumo não potável de classe 3. Comprando os parâmetros estipulados por Carlos Richter (2003) em seu livro Tratamento de Água.

4.2. O PROJETO

O Projeto do banheiro móvel compreende em uma estrutura modular que abriga um conjunto sanitário básico, de forma a funcionar autonomamente até uma quantidade pré-determinada de usuários, a partir do estudo de pré-dimensionamento, No entanto, prevê-se a associação do sistema com um serviço de abastecimento de água e coleta de esgoto, podendo funcionar perfeitamente sem restrições a quantidade total de usuários.

O sistema estrutural escolhido para construir o módulo sanitário foi à estrutura em container. E os pontos apresentados pela escolha estrutural se apresentam de acordo com a defesa de Kênia Paula e Túlio Tiburcio (2012) sobre a opção do container na arquitetura móvel, sendo: um elemento modular de padrão universal; um sistema estrutural auto portante, combinando estrutura pré-fabricada e vedações; possui facilidade no transporte, locomoção e armazenamento; apresenta segurança estrutural e resistência às ações bio climáticas e, sobretudo, pelo caráter sustentável da estrutura em função da reutilização de peças descartadas pela indústria cargueira sob um novo uso.

A fim de atender às mais diversas ocasiões, o projeto apresenta uma unidade de banheiro publico Masculino, Feminino e para Portadores de Necessidades Especiais PNE intitulada SMC (FIGURA 1). E como premissa incorpora ao seu sistema a tecnologia de reaproveitamento de águas cinza, reutilizando-a na descarga dos vasos sanitários.

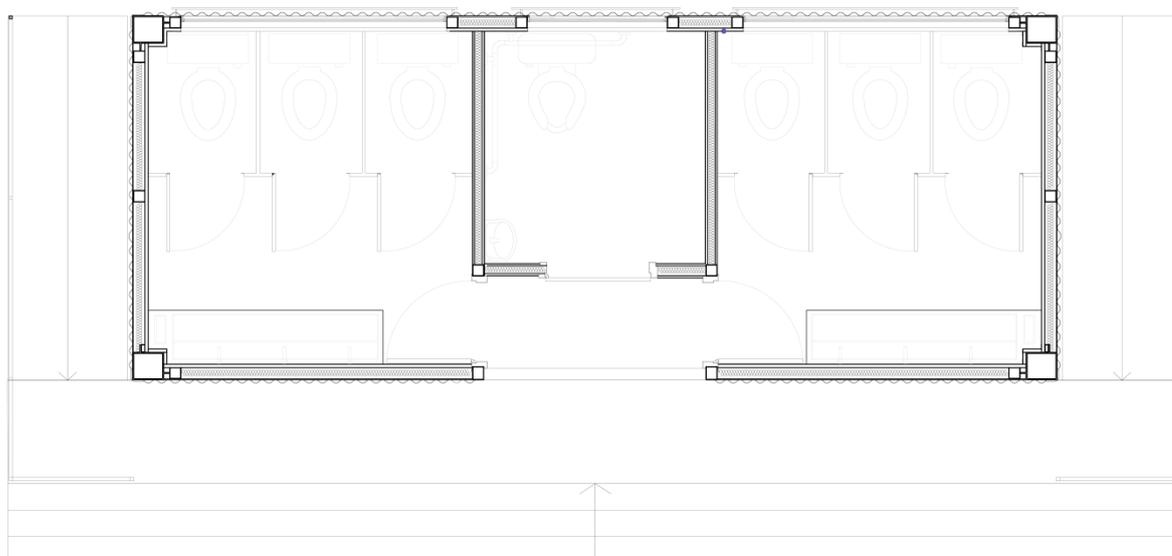


Figura 1: Planta Baixa Geral Unidade SMC. Sem escala

4.2.1. Dimensionamento

O dimensionamento do sistema hidráulico para armazenamento de água no projeto do estudo de caso foi feito com base no Livro de Lucio Heller e Valter de Pádua (2006), seguindo os seguintes fatores:

1. Consumo dos Lavatórios:

- Tempo médio de uso da torneira: 8,2s
- Consumo médio por lavagem de mãos: 1.75L
- Vazão média da torneira de mola: 8,27L/min
- Número de vezes que o visitante lava as mãos durante evento de 4 horas: 3 vezes

Calculo reservatório:

$$\text{Qt de pessoas} \times \text{Consumo Médio} \times \text{número de vezes} \rightarrow 200 \times 1,75 \times 3 \rightarrow = 1.050\text{L}$$

2. Consumo dos vasos sanitários*:

- descarga parcial (troca de líquidos): 3L
- Descarga total (limpeza completa): 6L
- Consumo médio por pessoa durante evento de 4 horas: 11L
- Número de vezes que o visitante usa o equipamento durante evento de 4 horas: 3 vezes

$$\text{Qt de pessoas} \times \text{Consumo Médio} \times \text{número de vezes} \rightarrow 200 \times 11 \times 3 \rightarrow = 6.600\text{L}$$

* vaso sanitário de caixa acoplada com dupla descarga

3. Dimensionamento dos reservatórios:

- | | | |
|----------|---|--|
| superior | { | <ul style="list-style-type: none">- reservatório de água potável para uso nos lavatórios: 4 unidades de 1.000L- reservatório de água de cinza para reuso nos vasos sanitários: 4 unidades de 500L |
| inferior | { | <ul style="list-style-type: none">- reservatório de purificação e bombeamento de água de reuso: 4 unidades de 500L- reservatório de esgoto das bacias sanitárias: 7 unidades de 1.000L |

Dessa forma dimensionou-se a estrutura do banheiro móvel pode atender à um conjunto máximo de 200 pessoas em um evento de 4 horas de duração sem a

necessidade de fornecimento de água e coleta de esgoto durante o uso. No entanto prevê-se a possibilidade de uso do sistema com alimentação direta dos reservatórios de água e captação também direta dos reservatórios de esgoto sanitário, assim a unidade de banheiros pode funcionar ilimitadamente durante o evento ou uso proposto.

4.2.2. Unidade SMC

A unidade SMC é composta por um conjunto de dois banheiros públicos comuns sendo um masculino outro feminino, equipados com um total de seis unidades de cabines sanitárias, três masculinas e três femininas, e 6 unidades de lavatórios de mãos distribuídos igualmente entre si. Além dos banheiros comuns a unidade SMC ainda conta com um sanitário exclusivo para PNE provido de bacia sanitária adaptada com ducha higiênica e um lavatório de mãos (FIGURA 2). Os demais projetos referentes ao SMC se encontram no apêndice.

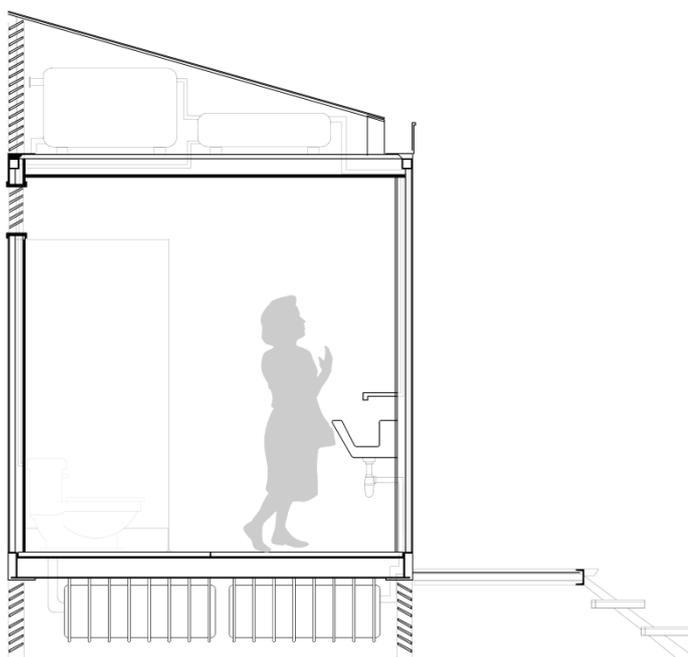


Figura 2: Corte Esquemático.

Sem escala

A partir do estudo de dimensionamento dividiu-se o sistema hidráulico sanitário em quatro unidades, Reservatório de água limpa, Reservatório de água cinza, Reservatório de água cinza em tratamento e Reservatório de esgoto negro, sendo estas unidades distribuídas na parte superior e inferior da estrutura. Sendo assim, a subdivisão destas unidades é feita da seguinte forma:

4.2.3. Reservatórios de Água Limpa (parte superior)

É composto por 4 reservatórios de água limpa com capacidade para 1.000L cada. Esta unidade abastece às torneiras dos lavatórios e o abastecimento do reservatório de águas cinza, em caso de falta de água de reuso. Para atender ilimitadamente aos usuários, esta unidade pode ser alimentada diretamente por uma fonte de água limpa, possuindo entrada direta para alimentação das 4 caixas.

4.2.4. Reservatórios de Tratamento de Águas Cinza (parte inferior)

Após o usuário utilizar as torneiras dos lavatórios para lavagem das mãos, esta água é direcionada à um reservatório de tratamento com capacidade para 1.000. Nesta unidade a água cinza é clorada por difusão simples e filtrada por um sistema de filtragem simples no interior da caixa, após o tratamento que é imediato e contínuo à entrada do produto no reservatório, a água é bombeada para os reservatórios de águas cinza, localizados na parte superior da Unidade SMC, pronta para reutilização. Este reservatório, conta também com a recepção da drenagem pluvial da cobertura do SMC, um sistema de canaletas simples recebe a água precipitada e a direciona para este reservatório, por onde passa pelo tratamento descrito e é encaminhada ao reservatório de reúso.

4.2.5. Reservatórios de Águas Cinza (parte superior)

Localizado na parte superior da unidade SMC este reservatório acumula água cinza utilizada na própria unidade SMC, pronto para uso nas descargas sanitárias da estrutura. Composto por quatro unidades de 500L este reservatório recebe produto de reúso tratado na parte inferior da unidade SMC e alimenta as caixas acopladas das bacias sanitárias. Em caso de baixa dos reservatórios um sistema de alerta aciona a alimentação do reservatório com água limpa, podendo funcionar autonomamente do uso dos lavatórios.

4.2.6. Reservatórios de Esgoto Negro (parte inferior)

Neste processo é coletado e armazenado o produto dos vasos sanitários, esgoto negro. Como abordado por Pedro Mancuso e Hilton Santos (2003) a reutilização desse produto sem oferecer riscos à saúde humana dependeria de grandes sistemas de tratamento de água, o que inviabilizaria o projeto. Dessa forma optou-se por utilizar um sistema de armazenamento de esgoto negro, em que depois de armazenado é descartado na rede de coleta pública, onde será tratado junto à rede urbana e retornado à natureza após eliminação em recarga de mananciais. Esta unidade de reservatórios compreende um total de 7 caixas com capacidade de 1.000L, podendo armazenar um volume restrito de esgoto, sendo assim, para o uso ilimitado da estrutura prevê-se a descarga dos reservatórios, via direta, em uma rede de captação de esgoto urbana próxima a estrutura do SMC.

4.2.7. Viabilidade Econômica

A fim de exemplificar a viabilidade econômica do projeto da Unidade SMC, a presente pesquisa apresenta um estudo de viabilidade econômica realizada com base em estimativas de custo e valores de mercado coletados à data de 20 de Julho de 2016. Quadro 3.

QUADRO 3

ITEM	VALOR
Container Open Top 20	R\$6.000,00
Revestimento Dry Wall	R\$5.000,00
Isolamento Termo Acústico	R\$5.000,00
Reservatórios de água	R\$2.000,00
Tubulações de água e esgoto	R\$1.000,00
Divisórias de cabines em Ferro	R\$500,00
Louças sanitárias	R\$1.500,00
Cuba pré fabricada	R\$1.000,00
Metais hidráulicos	R\$1.300,00
Iluminação	R\$500,00
Acessórios hidráulico sanitários	R\$700,00
Portas	R\$500,00
Vedação e ventilação lateral	R\$1.000,00
Sistema de isolamento das áreas técnicas	R\$3.000,00
Telhamento da área técnica superior	R\$1.000,00
Piso e acabamentos	R\$2.000,00
Piso externo, rampa e escada de acesso	R\$3.000,00
Mão de obra	R\$20.000,00
Despesas externas	R\$5.000,00
TOTAL	R\$60.000,00

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, concluiu-se que o sistema de reuso de águas cinza é uma técnica de reuso viável e possível de ser implantado na arquitetura. A partir dos resultados obtidos com os testes e experimentos realizados durante a pesquisa constatou-se a eficiência do sistema e a segurança no tratamento e uso do produto de reuso. Sendo assim o projeto do

estudo de caso, a unidade de banheiro móvel comum SMC apresentado oferece à nível pré eliminar de projeto o funcionamento da estrutura e do sistema adotado. No entanto entende-se que para maiores aprofundamentos quanto ao sistema empregado e funcionamento da estrutura é necessário à continuação da pesquisa, assim como a possibilidade de se executar o projeto como experimentação prática.

Sendo assim, conclui-se que o sistema de reuso de águas cinza é uma pratica viável de ser implantando não só em estruturas sanitárias móveis mas em outras estruturas arquitetônicas também, sendo uma alternativa de fácil implantação e segura à saúde humana. Dessa forma espera-se que esta pesquisa possa contribuir para o firmamento dessa idéia e para o desenvolvimento de novos projetos referentes a arquitetura móvel e a pratica de reuso de água em instalações sanitárias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. 1997. Disponível em: http://www.acguasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf Acessado em 12 de Junho. 2016.

ASA (Articulação do Semiárido Brasileiro) - Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/> Acesso em: 8 de Outubro. 2015.

BERNARDIS, R., Novos Conceitos em Tratamento e Reuso de Água. LatinChemical, 2002.

BRASIL, Lei 9433,8 de Janeiro de 1997 - Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm Acessado em 12 de Junho. 2016.

FILHO, Demóstenes; SANTINI, Patrícia; FERREIRA, Margarida. Gente cuidando das águas. Brasília, DF. Ideal, 2002.

GOEBEL, Dieter. Logística – Otimização do transporte e estoque na empresa. Disponível em: http://xa.yimg.com/kq/groups/24005436/1212690999/name/logistica_otimizacao_do_transporte_e_estoques_na_empresa.pdf. Acesso em: 12 de novembro de 2015.

HELLER, Lucio; PÁDUA, Valter. *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte, MG. UFMG, 2006.

HESPANHOL, I. Água e Saneamento Básico. In: REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. *Águas Doces do Brasil – Capital Ecológica, Uso e Conservação*. 1. ed. São Paulo: Escritura Editora, 1999.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. *Projetos de Edificações Sustentáveis*. Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre, RS. Bookman, 2010.

KWOK, Alison; GRONDZIK, Walter. *Manual de Arquitetura Ecológica*. Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre, RS. Bookman, 2013.

MANCUSO, Pedro; SANTOS, Hilton. *Reúso de água*. Barueri, SP. Manole (USP), 2003.

METALICA, Container City: um novo conceito em arquitetura sustentável, Portal Metalica. Disponível em: www.metalica.com.br/lojasmontadas-em-containers.com. Acesso em: 11 Março. 2016.

MIERZWA, J. *O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria – Estudo de caso da Kodak Brasileira*. 367p. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002.

PAULA, Kênia; TIBÚRCIO, Túlio. Estratégias Inovadoras Visando A Sustentabilidade: Um Estudo Sobre O Uso Do Container Na Arquitetura. XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora. 2012.

RAPAPORT, B. *Águas cinza: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reúso domiciliar e condominial*. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) da Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004.

REBOUÇAS, Aldo. *Uso Inteligente da Água*. São Paulo, SP. Escrituras, 2004.

RICHTER, Carlos; NETTO, J. M.. *Tratamento de Água – Tecnologia Atualizada*. 5. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2003.

SANT'ANNA, Geraldo. *Tratamento de Efluentes: Fundamentos e Aplicações*. Rio de Janeiro, RJ. Interciência, 2010.

SOARES, D. A. F.; SOARES, P. F.; PORTO, M. F. A.; GONÇALVES, O. M. (1997). Considerações a respeito da reutilização de águas residuárias e aproveitamento das Águas pluviais em edificações. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1997, Vitória.

SPERLING, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte, MG. SEGRAC, 1995.

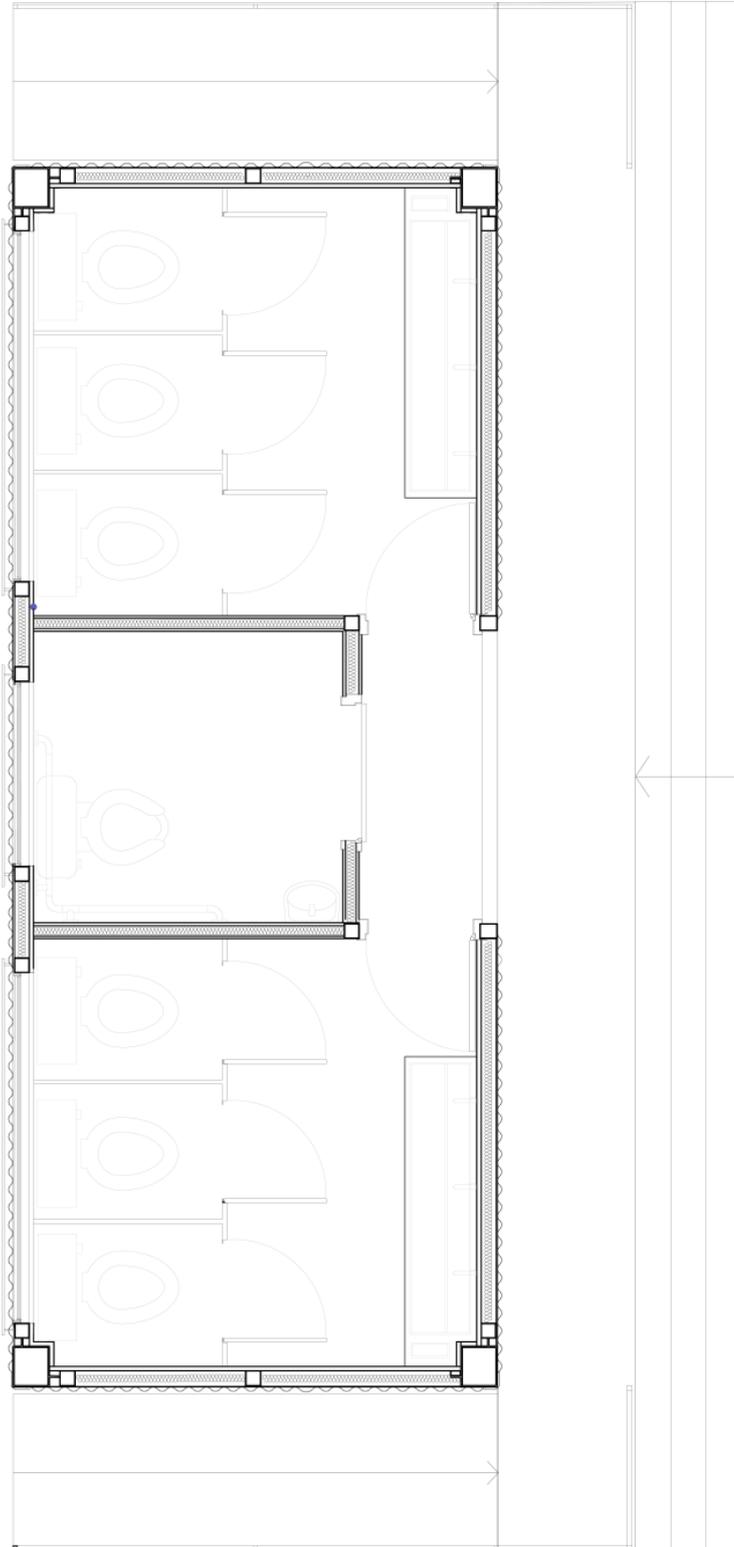
TELLES, Dirceu; COSTA, Regina. *Reuso da água: conceitos, teorias e práticas*. São Paulo, SP. Blucher, 2007.

VIEIRA, I. *Bacia de evapotranspiração*. Criciúma: Setelombas, 2010. Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br>>. Acesso em: 10 de Outubro de 2015.

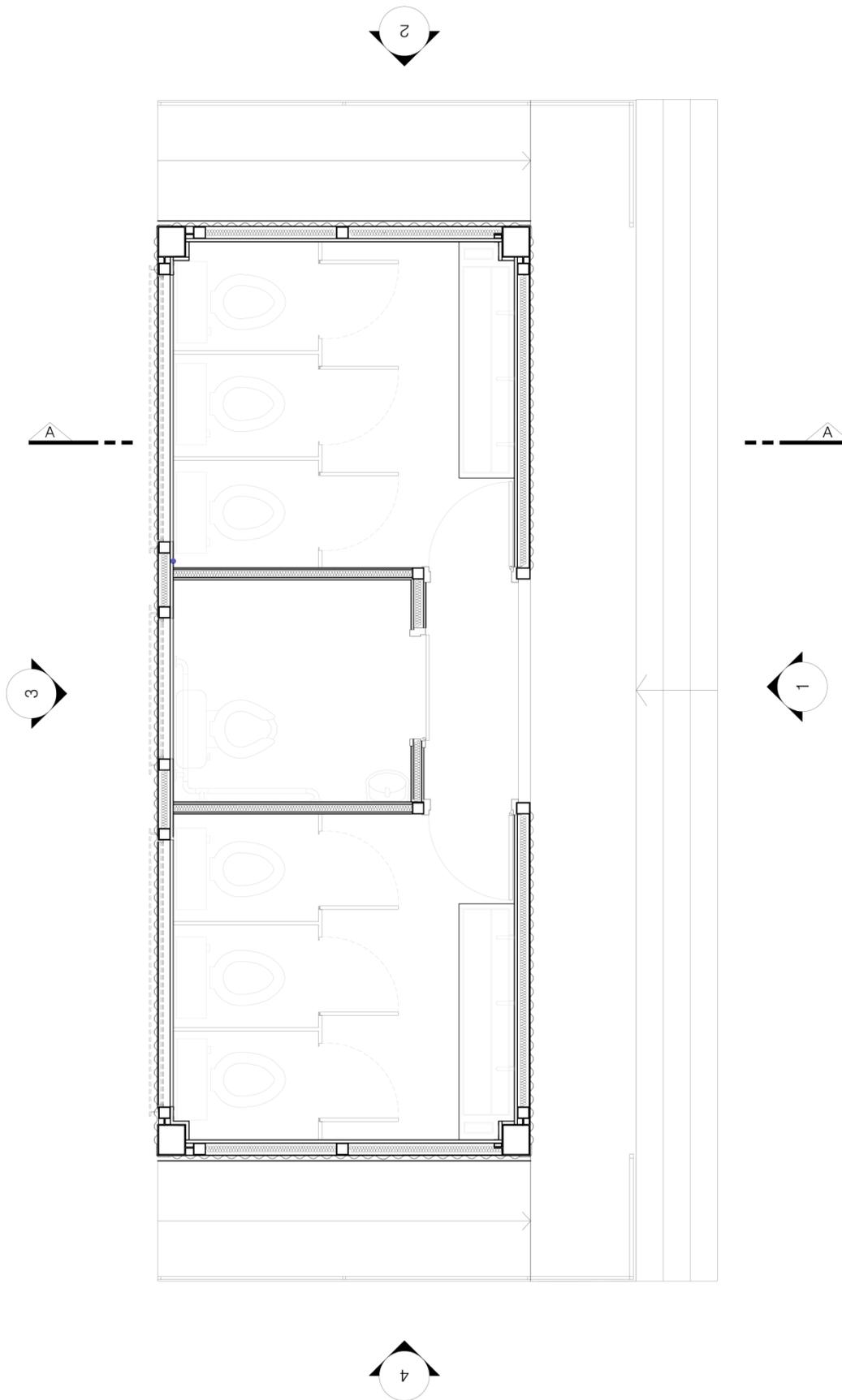
WESTERHOFF, G. P. Un update of research needs for water reuse. In: WATER REUSE SYMPOSIUM, 3^o Proceedings. San Diego, Califórnia, 1984.

APÊNDICE

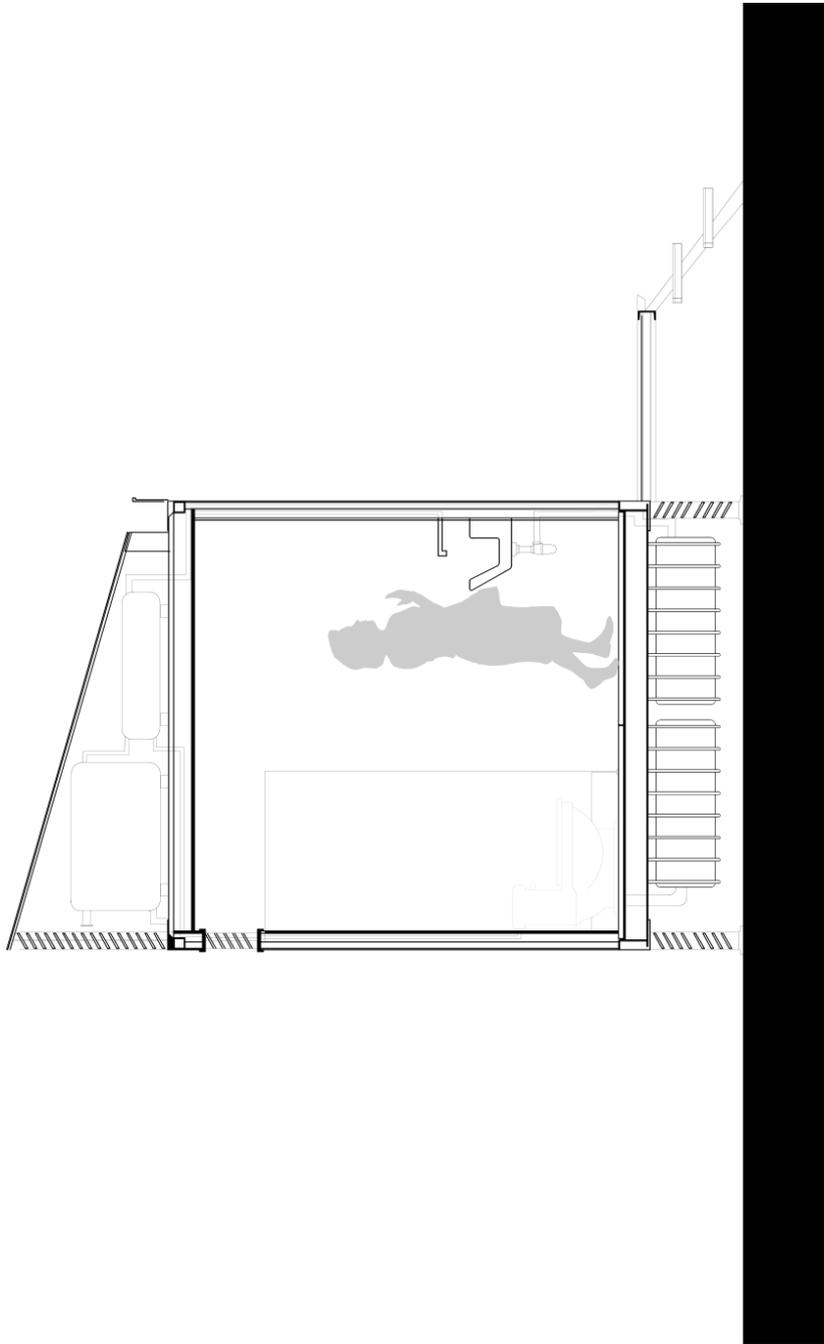
1: Planta baixa Geral (escala 1:50)



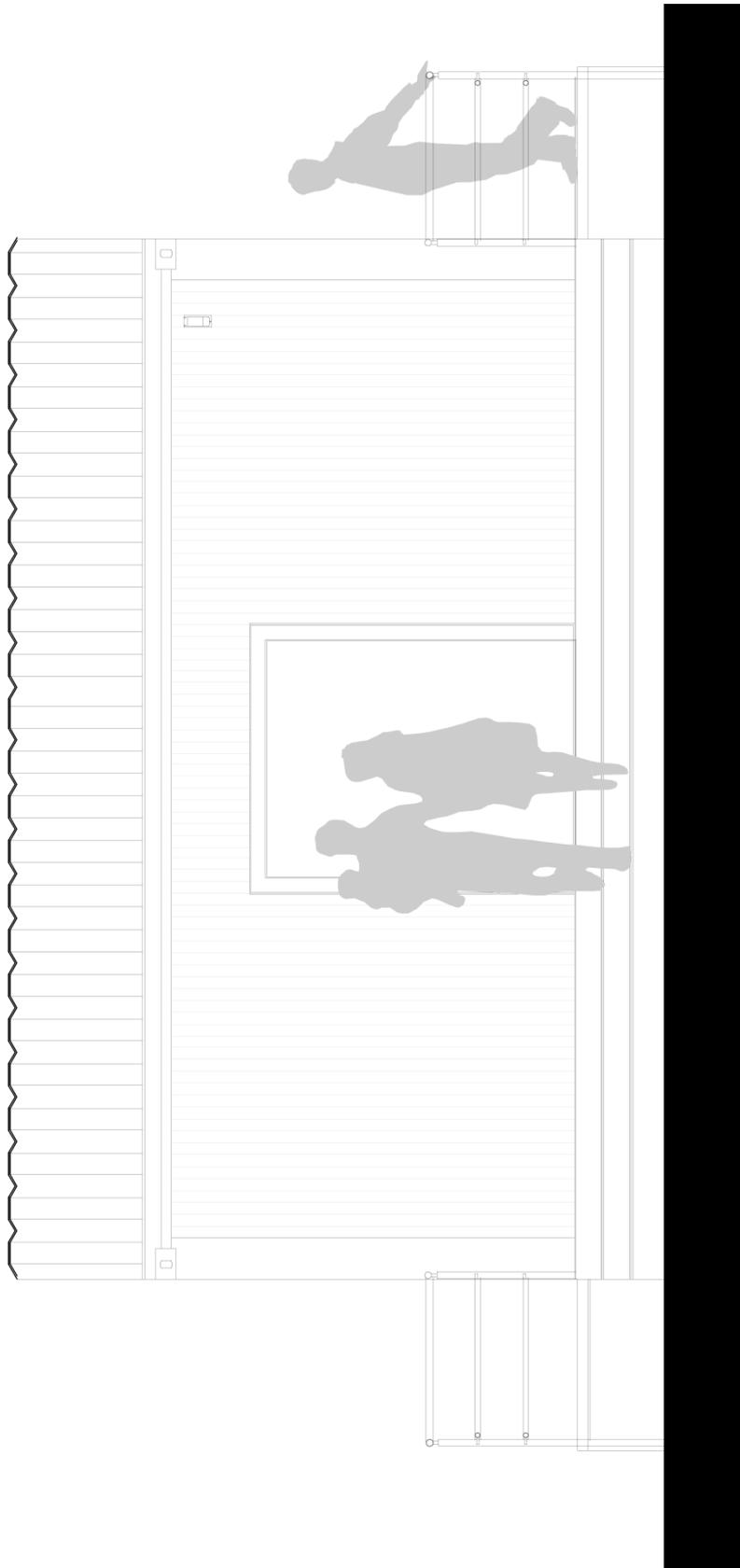
2: Planta de implantação (escala 1:50)



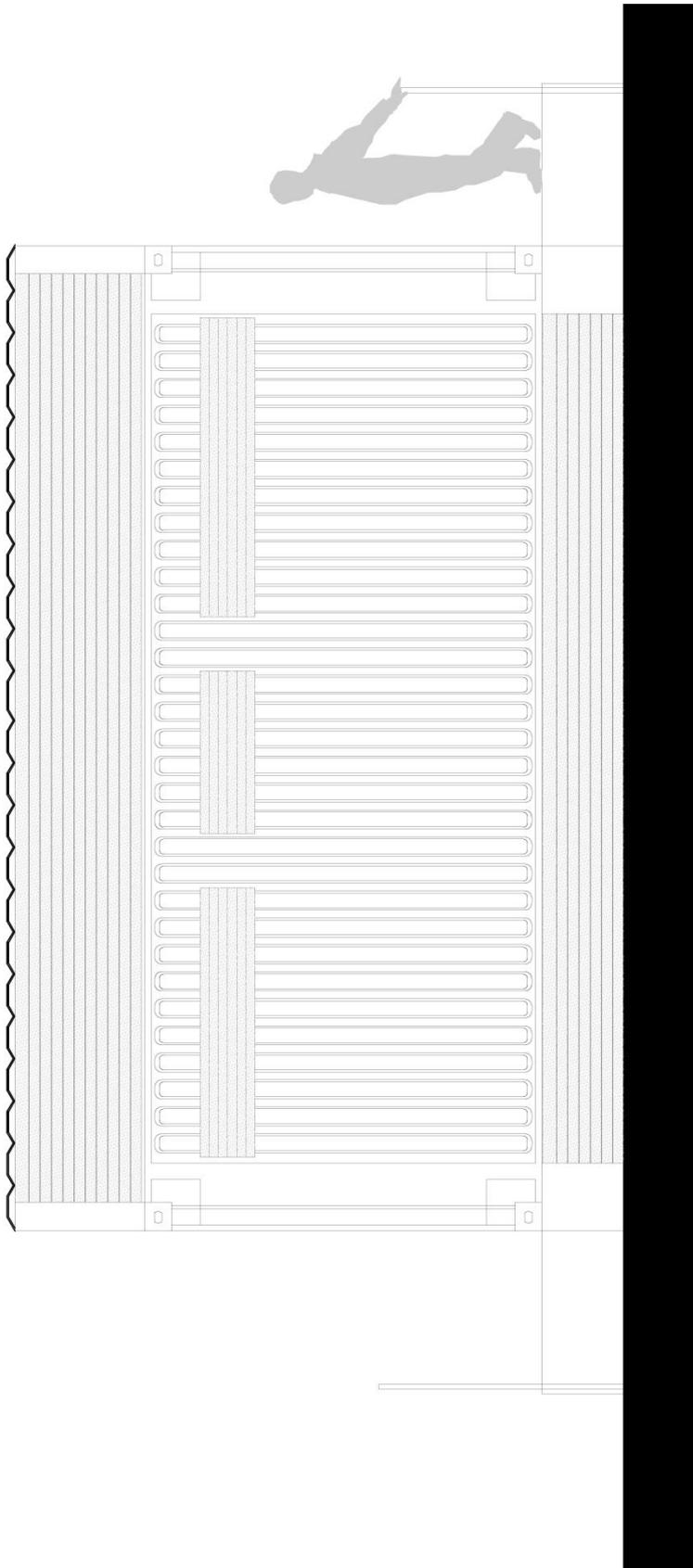
2: Corte Esquemático (escala 1:50)



2: Elevação 1 (escala 1:50)



2: Elevação 3 (escala 1:50)



2: Elevação 2 e 4 (escala 1:50)

