

## **Monografia**

# **TÉCNICAS ECOEFICIENTES COM O APROVEITAMENTO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA**

Autor: Fernanda Paiva da Cruz

Orientador: Prof. Adriano de Paula e Silva

Julho/2016

FERNANDA PAIVA DA CRUZ

**"TECNICAS ECOEFICIENTES COM O APROVEITAMENTO DE ÁGUA NA  
INDÚSTRIA"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em  
Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Técnicas ecoeficientes com foco no  
aproveitamento de água na indústria

Orientador: Prof. Adriano de Paula e Silva

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2016

A Deus, pela vida, saúde e sabedoria e aos meus pais pelas oportunidades.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida e pela saúde que me proporciona o estudo e o trabalho. Aos meus pais pela dedicação e incentivo ao estudo e às práticas éticas, ao meu amado pai por me ensinar a amar o planeta e a natureza em sua carta antes que eu nascesse, me ensinando assim a preciosidade da água. Ao meu marido pelo apoio e compreensão. Ao professor Adriano de Paula e Silva pela sua dedicação, empenho e apoio na elaboração deste trabalho. Ao curso de especialização da UFMG que, com dedicação, conhecimento, experiência e domínio sobre o tema demonstrou a importância das medidas ecoeficientes nas atividades da Construção Civil.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO .....	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO.....	6
3.1 <i>Água na construção e na indústria</i> .....	8
3.2 <i>Medidas ecoeficientes na construção de uma indústria de alimentos</i> .....	8
3.2.1 <i>Planejamento da obra</i> .....	8
3.2.2 <i>Materiais e técnicas construtivas</i> .....	9
3.2.3 <i>Aproveitamento de água pluvial</i> .....	11
3.2.3.1 <i>Recomendações para o aproveitamento de água de chuva</i> .....	14
3.2.3.2 <i>Sistema simplificado de aproveitamento de água pluvial</i> .....	18
3.2.3.3 <i>Parâmetros para reuso de água</i> .....	20
3.2.3.4 <i>Cálculos de reservatórios</i> .....	21
3.2.4 <i>Reuso de águas cinzas</i> .....	29
3.2.4.1 <i>Tratamento de águas cinzas</i> .....	32
3.2.4.2 <i>Cálculo de águas cinzas</i> .....	34
4. CONCLUSÃO .....	40
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Distribuição de água no mundo .....	2
Figura 1.2: Disponibilidade hídrica .....	3
Figura 3.1: Infográfico do abastecimento do sistema cantareira.....	7
Figura 3.2: Isopainel.....	10
Figura 3.3: Chultuns, cisternas da civilização Maia .....	14
Figura 3.4: Dispositivo First Flush de bolha- Esquema.....	16
Figura 3.5: Reservatório de auto limpeza .....	17
Figura 3.6: Dispositivo First Flush de bolha.....	17
Figura 3.7: Dispositivo com peneira para partículas com 0,28mm.....	18
Figura 3.8: Esquemático de válvula com sensor de chuva .....	23
Figura 3.9: Área do telhado .....	26
Figura 3.10: Esquemático de reuso para fins não potáveis .....	30
Figura 3.11: Fluxograma ETAC- Estação de águas cinzas.....	34
Figura 3.12: Vazão de aparelhos.....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Produção hídrica do mundo por região .....	2
Tabela 1.2: Produção hídrica de superfície da América do Sul.....	2
Tabela 3.1: Formas e características de reuso .....	13
Tabela 3.2: Tratamentos para o reuso de água pluvial .....	19
Tabela 3.3: Classificação de reuso .....	20
Tabela 3.4: Tabela de valores do coeficiente de run off .....	22
Tabela 3.5: Tabela de valores de volume do first flush .....	23
Tabela 3.6: Cálculo de dimensionamento do reservatório.....	25
Tabela 3.7: Orçamento para execução de reservatório de aproveitamento pluvial .	27
Tabela 3.8: Comparativo entre norma e lei municipal .....	32
Tabela 3.9: Demanda de água não potável em uma residência.....	36
Tabela 3.10: Vazão dos aparelhos .....	37
Tabela 3.11: Cálculo de volume de águas cinzas.....	38

## **LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS**

BPF- Boas Práticas de Fabricação

DBO- Demanda Bioquímica de Oxigênio

ETAC- Estação de Tratamento de Águas Cinzas

FEAM= Fundação Estadual do Meio Ambiente

FSC= Forest Stewardship Council

Hab- Habitante

E- Extravasando

ISO= International Organization for Standardization

L/s- Litros por segundo

m- metro

m<sup>2</sup>- metros quadrados

m<sup>3</sup>- metros cúbicos

mg - miligrama

ml – mililitros

N.I.- Não Informado

NBR= Norma Brasileira

NMP- Número Mais provável

PIB = Produto Interno Bruto



RAC- Reator anaeróbico Compartilhado

SABESP= Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo

uH- Unidade de Hazen

uT- Unidade de Turbidez

## RESUMO

A racionalização de água é preconizada pela sustentabilidade uma vez que, a água é um recurso esgotável e essencial à sobrevivência humana. As práticas de reuso e uso racional, além de reduzirem o consumo de água potável advinda das fontes hídricas disponíveis, também podem resultar em uma considerável redução de lançamento de efluentes na rede de esgoto, o que também representa um problema ambiental pela contaminação de rios e lagos, principalmente em regiões carentes de tratamento. Este trabalho visa apresentar e desenvolver técnicas, capazes de aprimorar a atividade industrial e a construção civil, com a minoração dos impactos que estes segmentos podem causar. As técnicas a serem apresentadas, baseiam-se no aproveitamento de águas pluviais do telhado de uma indústria, já que as mesmas são comumente instaladas em grandes galpões com coberturas metálicas. Também será apresentado um estudo do reuso de águas cinzas (grey water), provenientes de alguns aparelhos hidro-sanitários utilizados pelos funcionários desta indústria, já que são numerosos e têm um tempo de permanência expressivo em função dos turnos. O estudo é concluído com a quantificação do consumo de águas para fins não potáveis e serão apresentados tipos de tratamento confirmando a potencialidade com a aplicação de medidas obrigatórias de tratamento para a segurança dos usuários em eventual contato, sem que haja contaminação ou riscos de doenças. As medidas focam no uso consciente e no retorno com eficácia e segurança dentro dos rigorosos padrões de segurança higiênica das indústrias alimentícias.

**Palavras chave:** água cinza, água pluvial, reuso, reaproveitamento industrial

## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade tem se aprimorado a cada dia com novas tecnologias, os processamentos e transferência de dados em velocidades cada vez maiores, equipamentos como celulares ou veículos, que atendem à comandos por reconhecimento de vozes e desbloqueio através de biometria, medicamentos com maior eficácia e rapidez nos tratamentos, alimentos cada vez mais práticos e adaptados à rotina e eletrodomésticos que facilitam as atividades corriqueiras. O avanço tecnológico tem superado as previsões e com isso tem atendido a cada dia às necessidades da sociedade trazendo mais conforto, e também uma maior expectativa de vida.

A sociedade, no entanto, tem enfrentado um novo desafio que os avanços tecnológicos até o momento não foram capazes de mitigar, a falta de água já tem se tornado um grave problema em algumas regiões onde ocorre o desequilíbrio entre demanda e disponibilidade, acarretando em diversos problemas relacionados à saúde e saneamento. De acordo com Flávio Terra Barth "a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico", assim como o petróleo.

Apesar da caracterização de nosso planeta como "Planeta água", o mundo é composto por 97,5% de água salgada, restando apenas 2,5% de água doce, além disso, 68,9% da água doce estão congelados nas calotas polares, deste volume, 29,9% são águas de difícil acesso, sendo águas subterrâneas, restando 0,266% de águas de lagos, rios e reservatórios, ou seja, apenas 0,007% do volume total de água (salgada e doce) do planeta, são água de fácil acesso para o consumo humano. (TOMAZ,2010).



**Figura 1.1:** Distribuição de água no mundo

Fonte: Plínio Tomaz (2010)

Desta produção hídrica mundial podemos verificar também a sua distribuição geográfica desigual, o que pode acarretar em crises e conflitos mundiais.

**Tabela 1.1-** Produção hídrica do mundo por região

Região	Vazões (m <sup>3</sup> /s)	Porcentagem (%)
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18,0
África	145.000	10,0
Europa	102.000	7,0
Antártida	73.000	5,0
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tasmânia	11.000	0,8
<i>Total</i>	1.448.000	100,0%

Fonte: TOMAZ (2011)

De acordo com os dados apresentados, o Brasil tem uma grande representatividade na produção hídrica mundial, estando no continente com segundo lugar na produção hídrica e ainda com significativos números entre os países da América do Sul, conforme a tabela de dados abaixo.

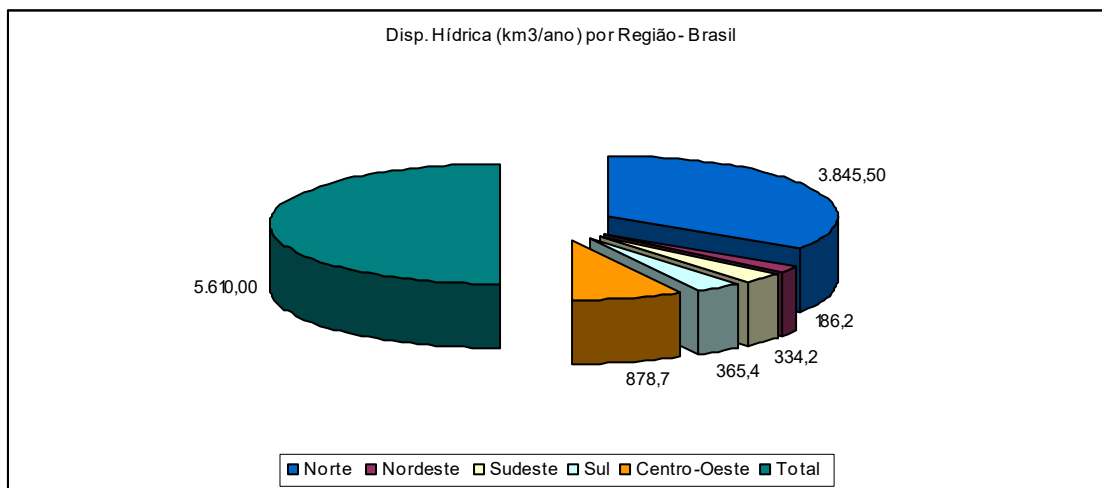
**Tabela 1.2-** Produção hídrica de superfície da América do Sul

América do sul	Vazão média (m <sup>3</sup> /s)	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53
Outros países	156.100	47
<b>Total</b>	334.000	100%

Fonte: TOMAZ (2011)

Mesmo diante de uma favorável posição geográfica, detendo 12% da água da produção hídrica de superfície do mundo (TOMAZ,2010), existe um desequilíbrio nesta distribuição. Sabe-se que a região Norte é a que possui a menor população, enquanto as regiões sudeste e nordeste concentram a maior população e conseqüente maior número de atividades econômicas, como indústrias, atividade agrícola e serviços. Conclui-se portanto, que há um desequilíbrio no Brasil entre a demanda e oferta.

Por suas características climáticas, com o predomínio dos climas equatorial e tropical, o Brasil recebe um significativo volume de chuva por ano, que varia de 3.000mm na Amazônia e 1.300mm no centro do país. No sertão nordestino este índice varia entre 250mm/ano a 600mm/ano. (MAY, 2008 apud TOMAZ 2001)



**Figura 1.2** Disponibilidade Hídrica- km<sup>3</sup>/ano por região

Fonte: TOMAZ (2001) -adaptado pelo autor

A população está em constante crescimento e, juntamente, a demanda por alimentos que precisam da irrigação e também dos avanços tecnológicos impulsionados pela indústria. Esta demanda trás para este cenário uma nova dificuldade para a população e com isso, cresce a necessidade de reciclar e reaproveitar a água, otimizando o seu uso antes do descarte nos rios. Este trabalho objetiva apresentar um estudo de caso prevendo uma redução significativa de consumo de água em uma indústria em Minas Gerais e a implantação de alguns métodos construtivos ecoeficientes, visando a redução da geração de resíduos.

As indústrias têm grande representatividade nos impactos gerados ao meio ambiente, este impacto está relacionado às suas atividades, que utilizam recursos naturais para a transformação de bens para uma sociedade que vive em constante demanda. Além disso, existe a ocorrência de impactos no retorno ao ambiente em que se insere, como a geração de resíduos e o volume de emissão dos gases de efeito estufa.

Tendo em vista uma possível finitude de recursos como água e petróleo e com uma expressiva parcela nos impactos, a indústria vem implantando uma gestão ambiental em seus processos visando mitigar os danos ao meio ambiente. Os desafios para esta implantação envolvem custos, métodos de higienização, processos da industrialização e a cultura dos colaboradores da organização. São numerosos os métodos para uma produção com valores sustentáveis na industrialização.

Na indústria alimentícia, o processo produtivo requer um volume expressivo de água nos processos de limpeza das linhas de produção, resfriamento para conservação do alimento, processo e geração de vapor (WATER REUSE, 1984). Outro fato que caracteriza a indústria alimentícia como poluidora, além do lançamento de dejetos e efluentes, é a sua geração de resíduos da construção civil devido a uma constante demanda por reformas ocasionadas pela modernização de equipamentos, envolvendo abertura de rasgos e furos para passagem de tubulação e demolição de alvenarias, além de casos recorrentes de patologias pela presença de água dos processos de condensação. Portanto, durante o planejamento de uma obra industrial deve ser feita uma análise inicial identificando o uso dos recursos e geração de resíduos em busca dos resultados ecoeficientes.

A partir da identificação dos fatores que influenciam os impactos causados pela indústria, é possível implantar técnicas coerentes ao processo industrial e com redução significativa destes fatores de maior impacto. O reuso de água para fins não potáveis, a ventilação natural nos ambientes administrativos, iluminação zenital, energia limpa com recursos renováveis como caldeiras de cogeração, substituição de combustíveis fósseis por bagaço de cana ou cavaco de eucalipto tratado, uso racional de matéria prima, análise de ciclo de vida dos materiais como tanques e tubos e redução de resíduos com arquitetura com previsão e facilidades para mudanças de layout.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho objetiva apresentar métodos de implantação da gestão ambiental na indústria, que possam garantir uma integração da construção e do setor industrial com o meio ambiente, tendo como estudo de caso uma fábrica de lácteos. Os métodos buscam minimizar as agressões ao meio ambiente causadas pelo processo de industrialização com, a mitigação de resíduos, uso racional dos recursos e a reutilização de materiais e recursos hídricos e energéticos com foco na água. Observou-se ao longo do estudo que, no Brasil existe um preconceito e receio para a prática de reuso, verificou-se também que isto justifica-se pelo reuso ter como premissa hábitos, costumes, cultura e disponibilização de informação, demonstrando que o incentivo, uso de tecnologias eficazes para a segurança e a educação devem ser aprimoradas Este projeto visa demonstrar que é possível implantar técnicas coerentes ao processo industrial, que possam apresentar significativa redução de seus impactos negativos. Este trabalho é essencialmente teórico e apresentará resultados baseados em estudos com dados de uma indústria existente.

Serão apresentados neste estudo tipos de tratamento, confirmando a potencialidade e qualidade da água de reuso, e atendendo aos requisitos normativos, garantindo ainda controles e evitando contaminações, fatores de suma importância para a aplicação do sistema de reuso. Durante o desenvolvimento deste trabalho, foi possível quantificar o consumo de águas para fins não potáveis, ou seja, atividades que não exigem a potabilidade da água, como regas de jardins, lavagem de pátios, abastecimento de bacias sanitárias, além dos usos industriais como resfriamentos, troca de calor e abastecimento de caldeiras. Estes fins não potáveis representam um consumo considerável e que portanto, pode ser reduzido com o reuso e a consequente reciclagem da água proveniente de outras atividades.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO**

#### **3.1. A água na indústria e na construção**

A sustentabilidade tem sido constantemente citada e obrigatoriamente aplicada nas empresas e residências, no entanto a aplicação da sustentabilidade supera o conceito do termo.

A definição geral do termo é: “Suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas.” Este conceito foi delineado pela primeira vez na Conferência de Estocolmo, na Suécia realizada ainda em 1972, quando o mundo passava por um progresso constante com, um alto crescimento industrial, extração de recursos naturais, crescente uso de petróleo, uma economia norteando crescimento e todos estes fatores sendo impulsionados por um acelerado crescimento populacional.

O termo deixa de ser uma boa prática e se torna obrigatório, por ser citado após sinais da finitude de alguns recursos. Quarenta anos após a inserção do termo na Conferência de Estocolmo, o Brasil noticia uma crise hídrica, com redução considerável dos reservatórios e com um agravamento por um ano com estiagem atípica, conforme foi vivenciado em 2015. A implantação da sustentabilidade passa a garantir as necessidades da geração presente, devido ao uso irracional, sem planejamento e demasiado de recursos, ocasionando danos à atual sociedade.

A figura 3.1 a seguir demonstra a diferença do volume esperado e da ocorrência de chuvas na região sudeste do país, que conforme citado tem grande representatividade na população e nas atividades agrícola e industrial.



## Chuva no Cantareira

Veja o quanto choveu desde o início da crise



**Figura 3.1:** Infográfico do abastecimento do sistema cantareira

Fonte: SABESP/ globo.com ( acessado 21/01/2015)

Além da escassez de chuvas, um outro agravante dos últimos anos foi que a construção civil no Brasil passou por um *boom* de crescimento nos anos recentes assemelhando à revolução industrial, com participação expressiva no PIB e na geração de empregos. A construção civil também apresenta um significativo consumo de recursos naturais, estima-se que consome cerca de até 50% dos recursos naturais consumidos pela sociedade (SJOSTROM, 1996), em Belo Horizonte aproximadamente 60% dos resíduos recebidos no aterro são provenientes da construção civil, segundo o FEAM. Sendo um setor expressivo, o uso de métodos construtivos para redução de desperdícios, materiais reutilizáveis e redução de deposição de entulhos em aterros, podem representar um grande impacto positivo para a sociedade.

Desta forma, o progresso trouxe junto com seus benefícios à sociedade significativos impactos ao meio ambiente, como a geração de entulhos e uso demasiado da água. No entanto, muitas medidas de conscientização tornam reais métodos da construção e usos da indústria que possam harmonizar o progresso e o meio ambiente, trazendo ainda ganhos financeiros e intangíveis.

## **3.2. Medidas ecoeficientes na construção na indústria de alimentos**

### **3.2.1. Planejamento da obra**

Sendo o objeto de estudo deste trabalho, uma indústria alimentícia é importante citar que este segmento requer métodos e materiais que atendam às exigências normativas relacionadas a higienização, ou seja materiais com boa resistência à corrosivos, como ácidos e soda, ao próprio alimento de produção, como leite ou sangue no caso de frigoríficos e à agressão do ambiente industrial, sendo considerado ambiente de Classe III ou IV de acordo com a NBR 6118/2014, ou seja uma agressão classificada como forte ou muito forte. O uso de materiais como o aço inoxidável propicia uma vida útil maior ao material com conseqüente redução na periodicidade de substituição das peças ou reparos, ou seja, uma escolha dos materiais como por exemplo o tanque de uma fábrica, as esquadrias, plataformas e escadas de acesso deve ser feita com uma análise do ciclo de vida do material e não apenas com uma comparação de custos para aquisição.

A etapa de planejamento da obra é essencial para que seja definido o método construtivo e os materiais a serem utilizados. O imediatismo na compra de materiais constantemente ocasiona em fretes com longos deslocamentos, contribuindo com a emissão de dióxido de carbono, compra sem análise do ciclo de vida do produto, compra de produtos sem usabilidade ou produtos sem a legalidade socioambiental, como por exemplo madeiras sem certificação FSC.

O planejamento da obra deve contemplar também layout de canteiro com previsão de descarte e segregação de materiais e para o sucesso desta, treinamentos capacitando todos os colaboradores envolvidos, garantindo a conscientização e correto uso das ferramentas da gestão ambiental da obra são fundamentais. As atividades críticas inseridas no planejamento podem passar por uma análise dos critérios ecoeficientes.

Tendo como objeto de estudo uma fábrica alimentícia, é de considerável importância a impermeabilização de pisos, paredes e teto, evitando assim a geração de bactérias,

fungos ou até recuperação da pintura por infiltração, pois as áreas da fábrica são áreas molhadas devido ao constante uso de água para manter temperaturas adequadas ao alimento, com processos de condensação ou solidificação e para a higienização das tubulações de processo. A impermeabilização pode ser planejada ainda nas etapas de estrutura com um concreto com baixo ligante, ou seja, com um fator água cimento reduzido, garantindo assim um concreto menos permeável e ainda com uma maior proteção ao aço.

Outro fator do planejamento é a análise da usabilidade do edifício, uma construção industrial deve obrigatoriamente ser compatibilizada com os projetos de montagem mecânica, elétrica e de automação, que são volumosas e apresentam particularidades. A compatibilização permite a aquisição de blocos ou painéis de alvenaria fabricados com os furos de acordo com os dutos relacionados no projeto, evitando assim a geração de entulho com quebras e retrabalhos de acabamento com a utilização de agregados, cimento e acabamentos.

O planejamento do uso da construção pode possibilitar inovações aos projetistas, investidores e demais partes interessadas, como por exemplo o aproveitamento da cobertura para o reuso da água. Esta análise durante a fase de projetos aumenta a viabilidade de execução de uma obra, possibilitando as ligações às caixas de descarga ou às torneiras de irrigação.

### **3.2.2. Materiais e técnicas construtivas**

Como foi citado na introdução deste trabalho, a construção civil é responsável por 60% dos resíduos encaminhados ao aterro de Belo Horizonte, este cenário pode ser alterado com o uso de ferramentas de planejamento conforme citado no item anterior e com a compatibilização de projetos reduzindo quebras ou retrabalhos. Outra utilização importante para a redução de geração de resíduos é o uso de painel substituindo a tradicional alvenaria de vedação. Sendo a edificação de uma indústria toda em estrutura metálica, a vedação pode ser feita com painéis, o que possibilita alterações de layout e cortes para passagens de dutos sem gerar um grande volume de resíduos, compostos por restos de argamassa, gesso, pintura e alvenaria. Uma outra vantagem

com a escolha deste método é a dispensa de pintura e revestimento, tornando ainda a construção mais rápida, seca e sem o uso de materiais degradáveis.



**Figura 3.2:** Isopanel

Fonte: CRUZ,2016

### 3.2.3. Aproveitamento de água pluvial

*“As grandes massas de água já foram consideradas reservatórios inesgotáveis, capazes de fornecer água pura e de receber e absorver quantidades ilimitadas de rejeitos provenientes da atividade humana. Este pensamento conduziu a sérios danos ambientais, conforme pode ser visto pela escassez de água em alguns rios e pela poluição de outros”* (COSTA e SANTOS, apud BONI, 2009).

Conforme mencionado, as indústrias alimentícias, de bebidas ou farmacêutica têm um expressivo consumo de água em seu processo, além dos consumos para higienização das embalagens, linhas de produção e da própria edificação. Algumas empresas adotam reuso de águas que têm como função aquecer ou resfriar, ou ainda o aproveitamento da água a partir da condensação das linhas de vapor, como ocorre com a maior indústria do segmento alimentício do mundo em sua planta no México com a fabricação do leite Nido (o leite Ninho no Brasil) e com um investimento no processo tornou a fábrica do México auto-suficiente no quesito de água, sem depender de fontes externas de água com uma produção mensal de 60 mil toneladas de leite em pó. Para esta quantidade seriam necessários 1,6 milhões de água por dia, o suficiente para atender à uma comunidade mexicana de 6.400 habitantes (Reportagem Folha de São Paulo, 31/10/2014). O processo principal é a condensação no processo de evaporação para a fabricação do leite em pó, esta água é tratada através da osmose reversa e filtragem e após o tratamento é feita uma injeção de sais na água, a remineralização é muito comum nos tratamentos de osmose reversa.

Mesmo com um cenário de escassez de água, muitas indústrias temem utilizar a água cinza e praticar o reuso de água por um preconceito ainda muito comum, apud ASSENBURG, Revista TAE. Hoje existem diversos tipos de reuso de água e muitas técnicas que garantem reverter esta situação.

Com o aumento da impermeabilização de áreas devido a urbanização e asfaltamento, a chuva também representa um problema quando em excesso, é freqüente a ocorrência de enxurradas devido às falhas no escoamento e permeabilidade. Uma fábrica possui uma grande área de contribuição para a rede de drenagem urbana pluvial devido a suas extensas dimensões de cobertura. A instalação de calhas

coletoras e sistema de tubulação com reservatório e filtro poderia reduzir esta contribuição à enchentes, além de propiciar o aproveitamento da água coletada.

A indústria alimentícia, para atender às exigências da BPF (BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO), linha de certificação da ISO 22.000, passa por ininterruptas horas de lavagem de pátios e passeios internos. A água coletada pelas calhas, após passar pela filtragem e descartar a primeira água de limpeza do telhado (first flush), pode ser reaproveitada para este fim. Esta tubulação também pode ser bombeada a um reservatório superior e ligado às bacias sanitárias da fábrica.

Para minimizar o receio de citar sobre reuso de água, principalmente quando se direciona a uma indústria alimentícia, é importante observar a diferença entre os conceitos, de acordo com o Instituto de Pesquisas de Engenharia de água da Universidade de Hannover o Reuso é definido como a utilização de água que foi usada previamente para outro fim, enquanto a reciclagem é o reuso da mesma água por diversas vezes para o mesmo fim.

Na indústria alimentícia é possível a implantação de ambos, o reuso e a reciclagem, sem qualquer interferência na qualidade e comprometimento nos padrões de qualidade e assepsia, como por exemplo o reuso de águas dos purgadores das linhas de tubulação da fábrica ou a reciclagem com o reuso de água condensadas para vapores de caldeiras que geram energia limpa. Podemos também citar o reuso de águas que não apresentam os critérios de potabilidade de turbidez, pH, cor, sabor, odor e dureza, mas que podem ser utilizadas para outros fins, como por exemplo a água pluvial captada dos telhados para usos que prescindem da potabilidade da água como as bacias sanitárias ou a lavagem de pátios e caminhões, reduzindo o consumo de águas potáveis provenientes dos poços artesianos ou rios.

**Tabela 3.1:** Formas e características de reuso

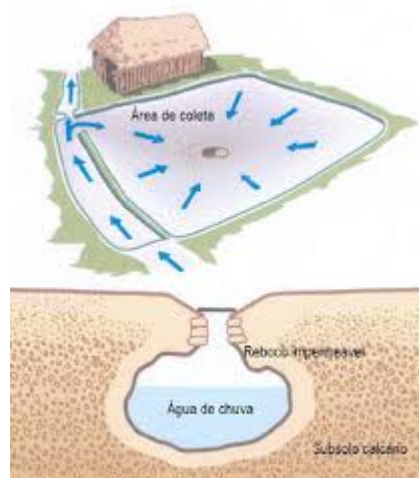
Direto	Uso planejado de esgotos tratados para certa finalidade como uso industrial, irrigação e água potável. Nada é descarregado no meio ambiente.
Indireto	Quando a água, já utilizada, uma ou mais vezes para o uso doméstico ou industrial, é descartada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente, mas de forma diluída.
Planejado.	Quando este é resultado de uma ação planejada, consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a serem usados.
Não planejado	Caracterizado pela maneira não intencional e não controlada de sua utilização.
Potável	Com a finalidade de abastecimento da população.
Não potável	Objetiva atender a demanda que tolera águas de qualidade inferior (Fins industriais, recreacionais, irrigação, descarga em vasos sanitários, outros).
Potável direto	O esgoto é recuperado por meio de tratamento avançado e é injetado diretamente no sistema de águas potáveis.
Potável indireto	O esgoto depois de tratado é lançado nas águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural para uma posterior captação e tratamento.
Aqüicultura	Consiste no aproveitamento dos nutrientes existentes no efluente tratado para a produção de peixes e plantas aquáticas, com a finalidade de obter alimentos e/ ou energia.
Manutenção de vazões	É uma forma de reuso planejado, e objetiva uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras naquele curso de água.
Recarga de aquíferos subterrâneos	Quando o aquífero subterrâneo é recarregado com o efluente tratado para, entretanto outros objetivos evitar o rebaixamento de seu nível e aumentar a disponibilidade de água.

Fonte: Do Val et al. (2004) e Mancuso & Santos (2003) apud Peters

### 3.2.3.1. Recomendações para o aproveitamento de água de chuva

O uso de reservatórios para captação de águas de chuva não é um tema recente, existem registros que antecedem o descobrimento das Américas com reservatórios subterrâneos com capacidades de 40 milhões de litros. Isto demonstra que não existe complexidade no sistema.

Segundo Gnadlinger (2000), apud May (2009) no México, algumas cisternas remetem à civilização Maia, com escavações com diâmetro aproximado de 5 metros e revestimento de reboco impermeável, as chamadas Chultun, conforme ilustra a figura 3.3, captavam áreas entre 100 e 200 m<sup>2</sup>.



**Figura 3.3:** Chultuns, cisternas da civilização Maia

Fonte: Gnadlinger (2000), apud May (2009)

No entanto, mesmo que este método tenha iniciado em tempos remotos ainda existe um receio de certas culturas com o uso da água pluvial, conforme a citação abaixo.

*"Na nossa sociedade high-tec, a utilização de água de chuva parece ser um anacronismo.*



*Entretanto, existem muitas razões porque esta tecnologia que é freqüentemente esquecida por muitos, deve ser revitalizada, nos possibilitando a utilização completa dos recursos naturais.*

*Freqüentemente se ouve falar dos conceitos de higiene no uso da água de chuva. Esta apreensão desperta o medo de doenças contagiosas de origem hídrica, tais como febre tifóide, cólera ou desintéria, que poderia ser transmitida.*

*Parece que tais argumentos são freqüentemente feitos como pretextos para especiais interesses comerciais. Mas devido ao presente alto standard de higiene na sociedade atual e porqueo sistema de abastecimento de água potável e coleta de esgoto sanitário são mantidos estritamente separados, o perigo das doenças de origem hídrica dos séculos passados não nos causam medo.*

*Quando os sistemas de coleta de água de chuva são corretamente instalados e propriamente usados, tais riscos a saúde são infundados, tendo como evidencia os milhares de sistemas em uso atualmente”. (The Rainwater Techonology Handbook, Reinhard Hollander)*

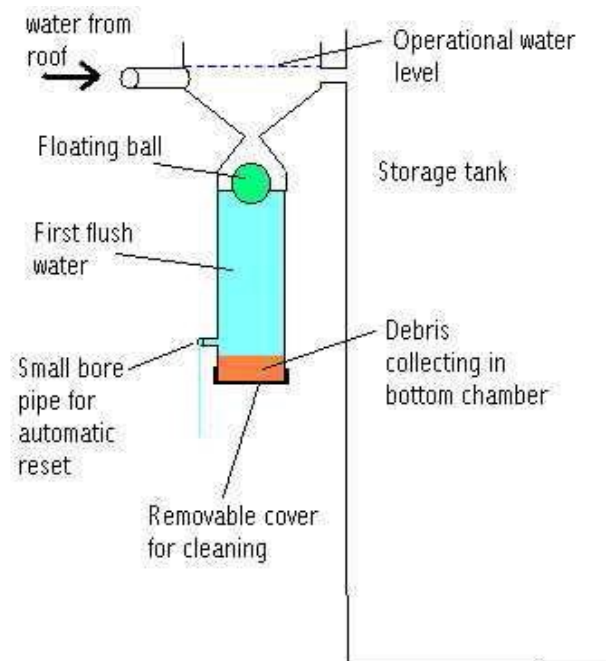
O reuso no Brasil ainda não é amplamente aplicado, mas em muitos países já é comum este reuso. Em Londres, no estádio Millenium Dome a água de chuva é coletada a partir de uma cobertura de fibra de vidro com uma área de 100 mil m<sup>2</sup>, que permite captar um volume de água para suprir 20% da demanda diária dos 500 m<sup>3</sup> utilizados nos banheiros (Lazarova,2003 apud Peters, 2006 ). Em Singapura, cerca de 86% da população vive em grandes edifícios. As declividades dos telhados auxiliam a captação de água de chuva que depois de coletadas são armazenadas em cisternas para usos não potáveis (UNEP, 2005 apud Peters, 2006).

Os tratamentos indicados para as águas pluviais são filtragem e desinfecção, normalmente executadas por filtros e inserção de cloro. Estes níveis de tratamento são parametrizados pelo Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações. A coleta de água de chuva é vantajosa ao setor industrial por conter grandes galpões, destinados a armazenagens, centros de distribuição, docas, escritórios e ambientes fabris, estes galpões apresentam grandes coberturas, sem que haja a permanência de pessoas, animais ou veículos, o que comumente ocorre nas edificações.

O sistema é normatizado pela NBR15.527/2007 que recomenda equipamentos, processos de tratamento, cálculos para vazão e volume e parâmetros de qualidade. De acordo com a norma devem ser considerados:

- Extravasores;
- Dispositivos de esgotamento;
- Cobertura;
- Inspeção;
- Ventilação;
- Segurança.

A norma considera como um sistema primário as calhas e coletores que atendam às normas de Instalações hidráulicas de águas pluviais e que contenham dispositivos para a remoção de detritos como folhas e gravetos com o uso de telas e grades. A norma também sugere a instalação de um dispositivo automático que permita o descarte a primeira parte da chuva que pode conter a sujeira do telhado, chamada também de first flush, dispositivo representado na figura 5.2 a seguir.



**Figura 3.4:** Dispositivo First Flush de bolha- Esquema

Fonte: Lanka Rainwater Harvesting Forum, Sri Lanka, 1998

Para a primeira limpeza o dispositivo pode ser implantado com a utilização de um reservatório exclusivo, com um sistema boia e válvula para descarte, as figuras 3.5 e 3.6 abaixo demonstram o esquemático deste dispositivo. O cálculo do descarte pode ser elaborado pelo projetista considerando a distâncias das áreas poluentes e superfície do telhado ou ser considerado o volume sugerido pela norma de 2 mm de precipitação inicial. A norma recomenda que a retirada da água seja no máximo 15 cm da superfície e todo turbilhonamento deve ser evitado para garantir que não ocorra a ressuspensão de sólidos e arraste de materiais flutuantes



**Figura 3.5:** Reservatório de auto limpeza

Fonte: Dacach (1990) apud MAY (2009)



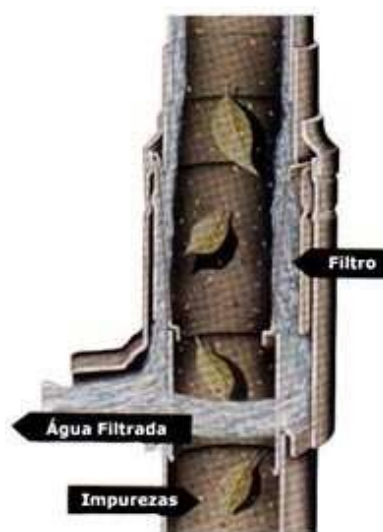
**Figura 3.6:** Dispositivo First Flush de bolha

Fonte: Impluvia.cl

### 3.2.3.2. Sistema simplificado de aproveitamento de água pluvial

A demanda principal para a implantação de um sistema para aproveitamento da água de chuva é o espaço físico para a disposição dos reservatórios. O processo se inicia nos dispositivos de coleta dos telhados como calhas e o próprio telhado, atendendo à norma, um reservatório de autolimpeza é abastecido até o nível máximo e em seguida é descartado para evitar a redução da eficiência do tratamento com a sujeira do telhado. Um by-pass é utilizado e conectado antes do filtro para descarte do excesso da água caso ocorra evitando um colapso no sistema. O filtro de macropartículas é instalado para peneirar as partículas maiores e em seguida a água passa por uma tela em aço inoxidável para continuar a retenção de detritos. No fundo do reservatório é instalado um freio d'água para evitar movimentações e conseqüente agitação dos sedimentos que, por decantação são depositados ao fundo do reservatório. Este reservatório também deve ser provido de um sifão-ladrão para evitar excessos e um conjunto de sucção com bóia garante a saída de água pela superfície, livre de sedimentos depositados. Todo o sistema deve prever caixas de inspeção, sensores de nível e equipamentos que garantam a manutenibilidade com limpezas preventivas, é recomendável também que sejam utilizadas coberturas para evitar a entrada de luz solar para diminuir a proliferação de algas e microrganismos.

A figura 3.7 representa o sistema para a remoção das partículas, sendo o sistema primário do tratamento, essencial para a eficiência final do processo.



**Figura 3.7:** Dispositivo com peneira para partículas com 0,28mm

Fonte: Aquastock

É importante salientar que a água desta rede deve ser usada para fins não-potáveis, identificando a tubulação e evitando qualquer tipo de dispositivos que possam causar a conexão cruzada com a água potável. Além disso, deve ser previsto um sistema de tratamento da água de reuso, abaixo alguns tipos de tratamento das águas pluviais ou efluentes.

**Tabela 3.2:** Tratamentos para o reuso de água pluvial

<b>Separação líquido-sólido</b>		
Sedimentação	Sedimentação por gravidade de substância particulada, flocos químicos e precipitação.	Remove partículas suspensas que são maiores que 30 $\mu$ m. Tipicamente usado como tratamento primário e depois do processo biológico secundário.
Filtração	Remove partículas através da passagem da água por areia ou outro meio poroso.	Remoção de partículas suspensas que são maiores que 3 $\mu$ m. Tipicamente usadas depois da sedimentação (tratamento convencional) ou seguido de coagulação/floculação.
<b>Tratamento biológico</b>		
Tratamento aeróbico biológico	Metabolismo biológico do esgoto através de microrganismos em uma bacia de aeração ou processo de biofilme.	Remoção de matéria orgânica suspensa e dissolvida do esgoto.
Desinfecção	Inativação de organismos patogênicos usando químicos oxidantes, raios ultravioleta, químicos corrosivos, calor ou processos de separação física (membranas).	Proteção da saúde pública através da remoção de organismos patogênicos
<b>Tratamento avançado</b>		
Coagulação floculação química	Uso de sais de ferro ou alumínio, polieletrólise e/ou ozônio para promover desestabilização das partículas colóides do esgoto recuperado e precipitação de fósforo.	Formação de fósforos precipitados e floculação de partículas para remoção através de sedimentação e filtração.
Tratamento com cal	Precipita cátions e metais de solução.	Usado para reduzir escala formando potencial de água, precipitação de fósforo e modificação de pH.
Filtração de membrana	Microfiltração, nanofiltração e ultrafiltração.	Remoção de partículas e microrganismos da água.
Osmose reversa	Sistema de membrana para separar íons de solução baseados no diferencial da pressão osmótica reversa.	Remoção de sais dissolvidos e minerais de solução; é também eficiente na remoção de partículas.

Fonte: Adaptado do Manual Conservação e reuso da água em edificações.

### 3.2.3.3. Parâmetros para reuso de água

As exigências para o uso da água de reuso dependem da sua destinação e são classificadas em função do novo uso. Os parâmetros consideram a garantia de que não ocorrerá contaminação com o operador ou que a água possa diminuir a vida útil dos equipamentos ou meios em contato com a água. A tabela abaixo apresenta os parâmetros de acordo com os fins da água.

**Tabela 3.3:** Classificação de reuso

<b>Classificação</b>	<b>Uso</b>	<b>Parâmetros</b>
Classe 1	Descarga em bacias sanitárias e lavagem de veículos e pisos	Não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem, não deve apresentar mau cheiro, não deve ser abrasiva, não deve manchar superfícies, não deve deteriorar os metais sanitários, não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Classe 2	Relacionados à construção como umedecer agregados, controle de poeira e compactação de solos	Não deve apresentar mau cheiro, não deve alterar as características de resistência dos materiais, não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais, não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Classe 3	Rega de jardins	Não deve ser abrasiva, não deve apresentar mau cheiro, não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana, não deve conter componentes que agredam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas

Fonte: Adaptado do Manual Conservação e reuso da água em edificações.

De acordo com a norma regulamentadora da água de telhado para uso não potável, os parâmetros devem ser analisados com periodicidade. Os coliformes totais e termo

tolerantes devem ausentar em amostras de 100 mL, enquanto o cloro residual livre, utilizado para desinfecção deve ser medido mensalmente com valores entre 0,5 e 3,0 mg/L, turbidez com valores menores que 2,0 uT, cor aparente menor que 15 uH e pH entre 6 e 8 garantindo a vida útil das tubulações em aço carbono ou galvanizado (no caso de tubulação em aço inoxidável é permitido não haver o ajuste)

#### 3.2.3.4. Cálculos de reservatórios

A norma NBR 15.527 apresenta métodos de cálculo para o dimensionamento dos reservatórios considerando o volume de precipitações, eficiência do sistema, escoamento e área de coleta. Os métodos conhecidos são: Azevedo Neto, Rippl, Simulação, prático inglês, alemão e australiano, não existindo um método universalizado. Os métodos apresentam particularidades de sua origem, neste estudo foi escolhido o método de Rippl para dimensionamento do reservatório. A expressão para o volume aproveitável da chuva é dado por:

$$V = P \times A \times C \times \eta$$

(3.1)

Onde P é a precipitação média anual, A é a área de coleta, C é o coeficiente de escoamento superficial e o  $\eta$  fator de captação caracterizado pela eficiência do sistema de captação levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos.

O volume precipitado não é o mesmo volume que pode ser captado, já que existe uma perda no escoamento superficial no material da superfície de escoamento, no caso o telhado. Esta diferença pode ser calculada considerando o coeficiente de run off, que é o quociente entre a água que escoou pelo total precipitado. Estes valores foram tabelados de acordo com o material das coberturas e dos pavimentos, caso os mesmos sejam utilizados. Sendo a superfície do local estudado uma telha galvanizada pintada, consideraremos o coeficiente 0,80.

**Tabela 3.4:** Tabela de valores do coeficiente de run off

<b>MATERIAL</b>	<b>COEFICIENTE DE RUNOFF</b>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0.9 a 0.95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: TOMAZ, 2010

Uma parte do volume precipitado também é perdido na auto limpeza, necessária devido ao material inserido como vegetações que passam no filtro e poluição. O equipamento first flush é calculado através da fórmula abaixo:

$$P_2 = P_1 \cdot e^{-K \cdot r \cdot t}$$

(3.2)

Onde  $P_1$  é a carga inicial do sedimento em quilogramas e  $P_2$  a carga do sedimento no instante  $P_2$ , o  $K$  é uma constante de proporcionalidade,  $r$  é a Intensidade pluviométrica e  $t$  o tempo de duração da chuva. Conforme demonstrado na tabela e sugerido pela norma adota-se o first flush de 2 mm iniciais e considera-se a necessidade de first flush um período de 3 dias sem chuvas, para este controle recomenda-se uma válvula solenóide a qual poderá contabilizar os períodos sem chuvas ou um pluviômetro com custos bem inferiores.

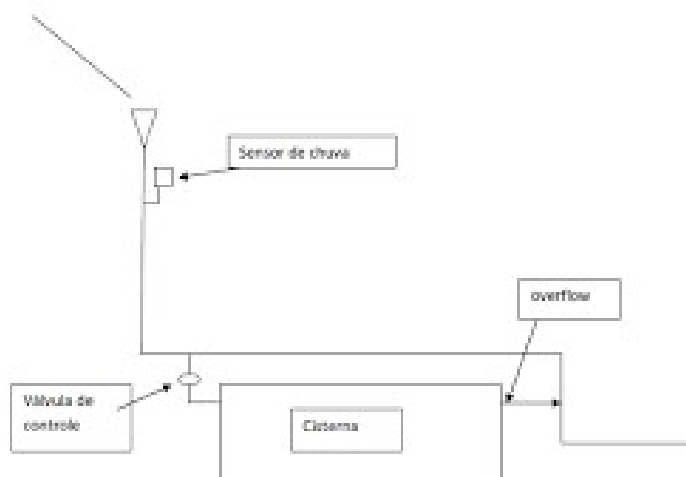
O first flush evita custos superiores com o tratamento da água de chuva, já que o dispositivo libera a sujeira da superfície que pode conter fezes de animais como pombos e poluição.



**Tabela 3.5:** Tabela de valores de volume do first flush

Material do telhado	Valor de K/mm	First flush do telhado
Valor médio de K	0,87	2,67mm
Telhas cerâmicas	1,4	2,08mm
Telhado de asbestos	1,7	1,78mm
Telha de aço	1,4	2,08mm

Fonte: TOMAZ, 2010

**Figura 3.8-** Esquemático de válvula com sensor de chuva

Fonte: Kinkade-Levario, Heather, 2009 apud TOMAZ 2010

Será apresentado um custo baseado na demanda e no reservatório, o Payback depende da área de contribuição e da demanda e em alguns casos pode ser atingido em até 5 anos. Uma indústria que possui amplas áreas de telhado pode apresentar curto prazo de retorno do custo da implantação do sistema, para averiguar a viabilidade financeira deste sistema, deve ser feita uma análise considerando a demanda de água e a disponibilidade pelo volume de chuvas da região.

Para o cálculo da demanda, foi considerada a vazão com base na norma NBR 5626 para a descarga na bacia sanitária com acionamento por válvula, com consumo de 1,7 L/s e a torneira para uso de lavagem de pisos e caminhões, com uma vazão de 0,2 L/s. O consumo foi baseado na norma e também em estudos feitos na própria indústria, como citado anteriormente o ramo alimentício exige a constante higienização das mãos dos funcionários. Consideramos assim 5 acionamentos diários de descarga e tendo nesta empresa três turnos de 8 horas cada um com 80 funcionários, totalizando em 240 funcionários 30 dias por mês. A lavagem dos caminhões é feita sempre antes da entrada na fábrica e, com base em estudos feitos com a área responsável pela limpeza, dura em torno de 70 minutos. Sendo a recepção de leite nesta unidade 70.000 Litros diários e cada caminhão tanque com capacidade de 10.000 Litros foi considerada a lavagem de 8 caminhões por dia (um foi acrescido para transporte de outros insumos). A lavagem do pátio é feita em dias alternados tendo uma média de duas horas de duração. Conclui-se desta forma que, considerando que cada acionamento por válvula de descarga com aproximadamente 4 segundos teria um consumo de 6 litros por acionamento, o total de funcionários descrito acima em um mês consumiria 216 m<sup>3</sup> de água potável para uso em bacias sanitárias. Para a lavagem da área impermeável com uma torneira cuja vazão é 0,2L/s, com duração de 7200 segundos em dias alternados, teria uma contribuição mensal no consumo de 21,6 m<sup>3</sup>. Já a lavagem diária de caminhões durante 70 minutos utilizando a mesma torneira com vazão de 0,2 L/s, uma demanda mensal de 201,6 m<sup>3</sup>. Conclui-se portanto, que o volume de água para fins não potáveis em um mês na fábrica em estudo seria de 440 m<sup>3</sup>. Este estudo ainda analisará um aproveitamento das águas cinzas para estes fins, portanto, para reduzirmos custos com reservatórios grandes, consideraremos que as chuvas atenderão uma demanda de 91 m<sup>3</sup> deste volume de águas para fins não potáveis.

A tabela a seguir foi elaborada considerando o método de Rippl da NBR 15.527/2007 e o preenchimento será detalhado abaixo.

**Tabela 3.6:** Cálculo de dimensionamento do reservatório

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Dif. Vol Demanda e Chuva	Dif. Acumulada	Situação Reservatório
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	(mm)	(m³)	(m²)	(m³)	(m³)	(m³)	E/D/S
				II x IV x CR/1000	III - V		
Janeiro	90	91	2385,60	171,76	- 80,50	-	E
Fevereiro	230	91	2385,60	438,95	- 347,69	-	E
Março	240	91	2385,60	458,04	- 366,78	-	E
Abril	30	91	2385,60	57,25	34,01	34	D
Maio	55	91	2385,60	104,97	- 13,71	20	D
Junho	30	91	2385,60	57,25	34,01	54	D
Julho	10	91	2385,60	19,08	72,18	126	D
Agosto	2	91	2385,60	3,82	87,44	214	D
Setembro	40	91	2385,60	76,34	14,92	229	D
Outubro	60	91	2385,60	114,51	- 23,25	206	D
Novembro	130	91	2385,60	248,10	- 156,84	49	S
Dezembro	235	91	2385,60	448,49	- 357,23	- 308	S
						229	

Fonte: CRUZ, 2016

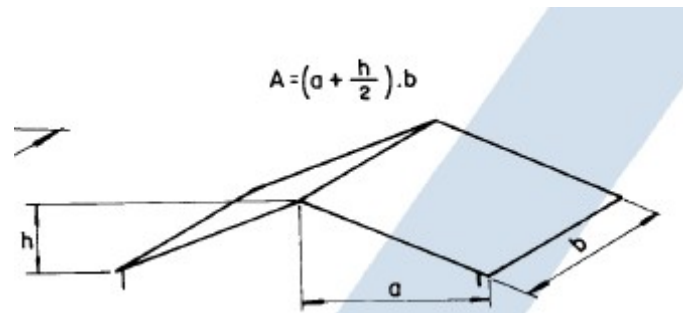
A coluna II apresenta a precipitação média em milímetros conforme dados do INMET de cada mês na região a ser instalada a fábrica em questão.

Na coluna III é preenchida a demanda média de água não potável na empresa, como a empresa em questão não tem férias coletivas ou períodos entre safra, a demanda é permanente.

Na coluna IV é preenchida com a área de captação, sendo considerado um telhado metálico com inclinação de 10% conforme fórmula descrita abaixo.

$$A = \left( a + \frac{h}{2} \right) \cdot b$$

(3.3)



**Figura 3.9 – Área do telhado**

Fonte: Plínio Tomaz 2010

A coluna V apresenta os valores de volume de chuvas, resultada pela precipitação, área do telhado e coeficiente de escoamento, o *run off* conforme citado a adoção do valor adimensional de 0,8

$$V = [II(mm) \times IV(m^2) \times CR(0,8)] / 1000$$

(3.4)

Na coluna VI é feita a diferença entre a Demanda (coluna III) pelo Volume gerado na coluna V.

A coluna VII apresenta o volume acumulado entre Demanda e Volume gerado, com esta coluna o valor máximo será o volume do reservatório.

Na coluna VIII é apresentado o status do reservatório, é possível perceber que nos meses de chuvas entre Novembro e Janeiro o reservatório estará com o nível subindo, podendo extravasar entre Janeiro e Março, após o mês de Abril o reservatório tenderá a reduzir o nível, com os meses mais secos. Este histórico refere-se à região estudada de Minas Gerais.

Concluído o dimensionamento do reservatório, podemos mensurar os custos para o reaproveitamento da água pluvial considerando um reservatório de 200 m<sup>3</sup> e que a rede pluvial com coletores, condutores e caixas de passagem são existentes na fábrica. O reservatório será enterrado e em concreto armado, com revestimento em argamassa impermeável. É importante salientar que o reservatório deverá conter

peneiras evitando a proliferação de mosquitos, a norma Australiana sugere o uso de peneiras com espaçamento mínimo de 0,315 mm, para a proteção contra o mosquito *Aedes Aegypti*, responsável pela transmissão de doenças como zika e dengue, comuns no Brasil nos últimos anos, o recomendado é uma tela com espaçamento mínimo de 3,2 mm.

**Tabela 3.7:** Orçamento para execução de reservatório de aproveitamento pluvial

<b>Descrição do Serviço</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
Levantamento topográfico	diárias	1,00	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
Escavação para regularização de platô	m <sup>3</sup>	250,00	R\$ 7,24	R\$ 1.809,50
Escavação para reservatório enterrado 5,0x6x2,50 DMT 50M	m <sup>3</sup>	247,50	R\$ 7,24	R\$ 1.791,41
Carga sobre caminhão	m <sup>3</sup>	247,50	R\$ 2,10	R\$ 519,75
Transporte de material escavado DMT >5 Km	m <sup>3</sup> km	643,50	R\$ 1,39	R\$ 891,89
Aterro compactado, mecanizado com rolo	m <sup>3</sup>	247,50	R\$ 3,89	R\$ 963,27
Escavação mecânica de valas para tubulação H<1,5m L=1,0m	m <sup>3</sup>	63,00	R\$ 5,14	R\$ 323,51
Reaterro de vala com compactador a placa	m <sup>3</sup>	63,00	R\$ 20,44	R\$ 1.287,72
Concreto 35MPa - Estruturas	m <sup>3</sup>	40,50	R\$ 330,00	R\$ 13.365,00
Ferragem - Estruturas	kg	4.050,00	R\$ 7,80	R\$ 31.590,00
Forma- Estruturas	m <sup>2</sup>	513,00	R\$ 59,85	R\$ 30.703,05
Impermeabilização manta líquida e argamassa	kg	837,00	R\$ 14,70	R\$ 12.303,90

polimérica				
Caixa d'água de reúso 1.000L	und	2,00	R\$ 290,00	R\$ 580,00
Filtro, bóia sucção, extravasor	und	1,00	US\$ 796,00	R\$ 3024,80
Tubulação de água de 4"	m	192,00	R\$ 20,58	R\$ 3.951,36
				R\$ 104.105,15

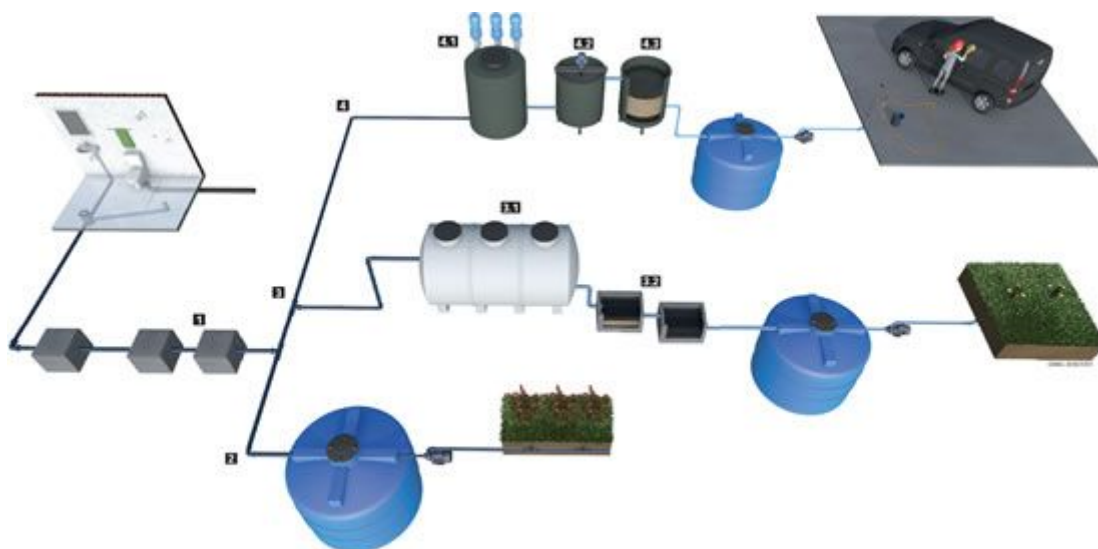
**Fonte:** CRUZ, 2016

### 3.2.4. Reuso de águas cinzas

As águas provenientes de lavatórios, banheiras, chuveiros e máquinas de lavar roupas são consideradas águas cinzas ou águas servidas, as quais não têm contribuição do esgoto das bacias sanitárias. O esgoto proveniente das pias de cozinha também apresentam uma matéria orgânica dos restos de alimentos e gordura, devido à cultura brasileira de lançamento de restos de comida na pia, por isso muitas vezes se apresentam inviáveis para a reutilização e são comumente aproveitadas em outros países, por sua grande contribuição no consumo em residências. De acordo com May Simone, 2009, a composição das águas cinzas é principalmente influenciada pelo comportamento do usuário, podendo apresentar variações conforme a região, onde a cultura, os costumes, as instalações e a utilização de produtos químicos são diferentes. Como o objeto de estudo refere-se à uma indústria foi descartado o aproveitamento do esgoto da pia do refeitório, também chamadas de águas cinzas escuras e das bacias sanitárias, consideradas águas negras e também o esgoto dos chuveiros, por ser de uso público. O estudo abrange portanto, a contribuição dos lavatórios destinados à higienização das mãos e botas para acesso à área fabril e água para a sanitização dos copos, feita antes de envasar o produto comumente feita na fabricação de requeijões, doces, refrigerantes e molhos.

Neste estudo as águas cinzas são provenientes dos lavatórios, processos de limpeza e águas de selo de bombas.

A figura 6.1 a seguir exemplifica uma ETAC, Estação de Tratamento de Águas cinzas, com o reuso na lavagem de veículos, classe sugerida neste estudo.



**Figura 3.10:** Esquemático de reuso para fins não potáveis

Fonte: Revista Infraestrutura Urbana, PINI (2012)

Assim como o aproveitamento de águas pluviais contribuem com a redução do volume de águas lançado no esgoto de águas pluviais, podendo reduzir as ocorrências de enchentes, o reuso das águas cinzas também podem reduzir o lançamento de esgoto. O reuso deve considerar, além do tratamento das águas um planejamento com o levantamento de volumes a serem aproveitados, sistema de reserva e distribuição e principalmente a operação de uso, evitando-se contaminações cruzadas.

O reuso ainda não é muito normatizado no Brasil, a norma NBR 13969/1997 caracteriza alguns tratamentos e normatiza projetos e execução dos tanques sépticos para o armazenamento, disposição e tratamento dos efluentes. Segundo a norma o reuso local, permite um tratamento simples que pode ser feito com a água de enxague da máquina de lavar roupas para o uso nas bacias de descarga sanitária ou ainda na irrigação de plantas ornamentais ou com irrigação através do escoamento, sugerindo ainda que deve-se interromper a irrigação com reuso dez dias antes das colheitas excluindo-se as espécies de ramas rastejantes como melão e melancia ou hortaliças, as quais não devem receber nenhum tipo de irrigação por reuso, mesmo que tratadas. O reuso direto com tubulações curtas e simples, evitando possíveis ligações com a água potável e flexibilidade nos graus de tratamento e qualidade da água de reuso. O tratamento para o reuso direto pode ser uma simples desinfecção e recirculação.



Os tratamentos sugeridos pela norma são baseados na classificação dos reusos:

Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L

O tratamento nesta classe é o aeróbio seguido de filtração por carvão ativado ou filtro de areia ou membrana filtrante e a dosagem de cloro.

classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L.

Nesta classe o tratamento indicado é o biológico aeróbio seguido de filtração de areia e desinfecção.

classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL. Normalmente, as águas de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;

- classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Apesar da falta de normatização para os parâmetros da água de reuso, algumas cidades regulamentaram e vigoram leis municipais para estimular a captação e aproveitamento de águas servidas. O município de Niterói no Rio de Janeiro sancionou a Lei municipal 2856/2011, a qual considera o provimento de águas servidas chuveiros, banheiras, lavatórios e máquinas de lavar e têm como uso a lavagem de pátios, escadas, jardins e abastecimento de descargas sanitárias. Seus parâmetros são bem próximos aos da norma, conforme quadro comparativo abaixo:

**Tabela 3.8:** Comparativo entre norma e lei municipal

<b>Parâmetros</b>	<b>NBR 13969 (Classe 1)</b>	<b>Lei 2856/2011 Niterói</b>
Turbidez	< 5UT (Unid. Turbidez)	< 5UT (Unid. Turbidez)
Cor	N.I.	Até 15UH (Unidade Hazen)
pH	Entre 6,0 e 8,0	Entre 6,0 e 9,0
Cloro Residual	Entre 0,50mg/1 e 1,5 mg/1	Entre 0,50mg/1 e 2 mg/1
Coliformes totais	200 NPM/100mL (fecal)	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerantes	N.I.	Ausência em 100ml
Sólidos dissolvidos totais	200 mg/1	Inferior a 200mg/1 (ou por L)
Oxigênio Dissolvido	Acima de 2,0mg/1 (classe 4)	Acima de 2,0mg/1 (ou por L)

Fonte: CRUZ, 2016

Conforme pode ser avaliado na tabela comparativa 3.8, a lei baseia-se à norma, no entanto não classifica o reuso, mas cita o item 5.6 da NBR 13.969/1997, capítulo que classifica o reuso.

#### **3.2.4.1. Tratamento de águas cinzas**

No Brasil já existem no mercado algumas empresas que oferecem o serviço de engenharia, projeto e equipamentos para a execução de uma ETAC, muitas através do método de contratação turn key, oferecem todo o serviço tendo como entrega os volumes e qualidade da água tratada.

Estão listados abaixo os tipos de tratamento que podem ser comercializados para a eficácia do retorno e garantindo a qualidade adequada para o tipo de reuso. A consulta foi feita à empresa Fluxo Ambiental, que dispõe estas informações em seu site:

- Pré-tratamento (gradeamento): unidade essencial com um espaçamento de 15mm visa reter sólidos grosseiros e o acúmulo de material inerte nos reatores biológicos evitando os entupimentos nas tubulações. Este dispositivo localiza-se na caixa medidora de vazão, também conhecida como calha parshall.
- Tratamento Aneróbio (FAn – Filtro Biológico Anaeróbio): Filtro Anaeróbio (Fan) para a fase preliminar do tratamento biológico, no qual ocorre a digestão da matéria orgânica com a remoção dos compostos remanescentes.
- Tratamento aeróbio (FBAS – Filtro Biológico Aerado Submerso e Decantador Secundário): reator biológico à base de culturas de microrganismos fixas sobre um meio suporte. É constituído por um tanque preenchido com um material poroso, através do qual água residuária e ar fluem permanentemente. O meio

poroso é mantido sob total imersão pelo fluxo hidráulico, caracterizando o FBAS como reator trifásico (fase líquida: esgoto sanitário; fase gasosa: sistema de aeração e fase sólida: formação de biofilme sobre meio suporte). O sistema de aeração é essencial para manter as condições aeróbias no reator e é constituído de aeradores submersíveis que geram bolhas de ar na base do tanque do FBAS. O biofilme de excesso produzido no FBAS é liberado no efluente e retido na etapa de decantação secundária, localizada a jusante do FBAS. O decantador secundário (DEC) promove a segregação de lodo e líquido (efluente tratado). O lodo de excesso (biofilme) é recirculado ao tratamento anaeróbio (RAC) para ser digerido e estabilizado e o efluente clarificado é encaminhado ao sistema de filtração e, em seguida, à unidade de desinfecção. Esta etapa é responsável pela redução considerável de cerca de 90% da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

- Filtros terciários: unidade de clarificação do efluente do decantador secundário. Sua finalidade é a retenção de partículas de sólidos que tenham passado pelos processos anteriores e assim garantir um efluente de alta qualidade. O equipamento oferece limpeza automática, realizada através do sistema de retrolavagem. Neste processo a água passa no sentido contrário ao do fluxo, retirando as impurezas do meio filtrante.
- Clorador: sistema de desinfecção do efluente por meio de tanque de contato e pastilhas a base de hipoclorito de cálcio. A água a ser tratada entra pelo orifício menor, em regime turbulento, onde faz contato com as pastilhas, dissolvendo-as de forma homogênea, garantindo cloração contínua. A cloração do efluente tratado será realizada no reservatório de água de reuso.
- Sistema de aeração: sistema de aeração é composto por um conjunto de difusor + tubo perfurado, responsável pelo processo de oxidação e mistura nos FBAS através da dispersão de microbolhas de ar a partir da base do reator.
- Sistema de recirculação de lodo aeróbio: bombas centrífugas autoaspirantes que coletam o lodo aeróbio a cada ciclo de 2 horas e recirculam para o reator RAC (tratamento anaeróbio para digestão e estabilização). Ciclos automáticos controlados por temporizadores.
- Reservatório de água para reuso: este tanque tem objetivo de armazenar o efluente tratado destinado para reuso a ser recalcado para as instalações prediais.

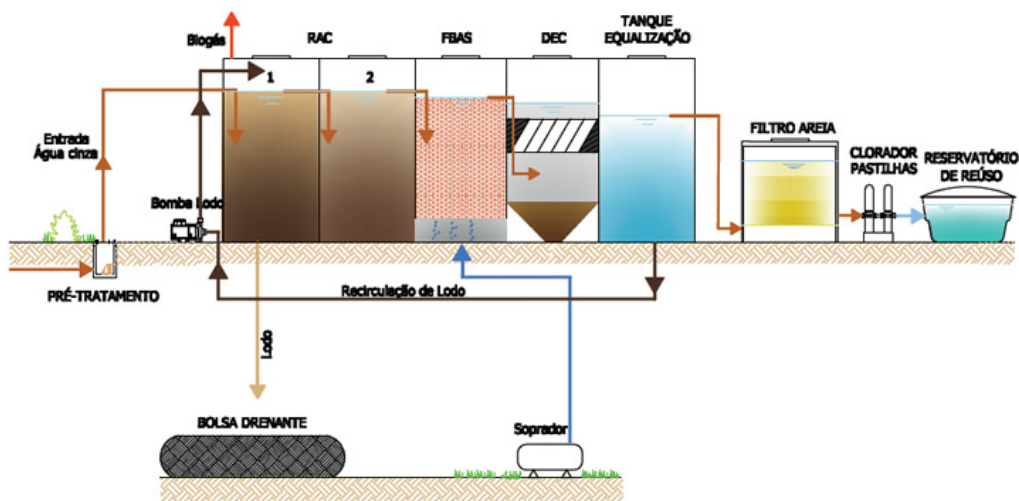


Figura 3.11: Fluxograma ETAC- Estação de águas cinzas

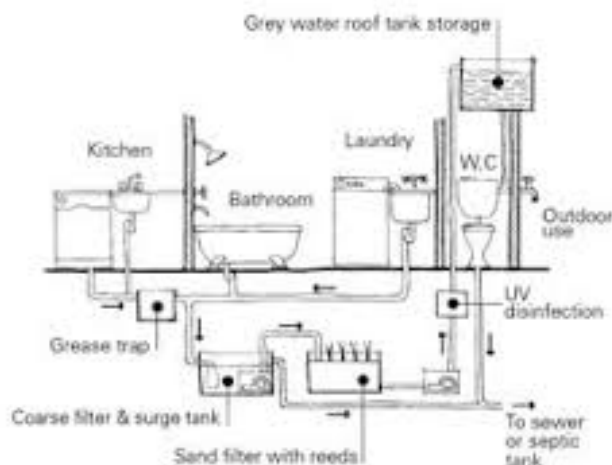
Fonte: fluxoambiental.com.br

#### 3.2.4.2. Cálculo de águas cinzas

Conforme citado anteriormente o reuso deve ser planejado considerando a atividade, o contato com o usuário, o tipo de tubulação e tratamento, além de principalmente a avaliação da demanda de uso de água não potável bem como o volume de geração de águas cinzas. Hoje muitos estudos focam no reuso uni familiar, mas verifica-se também a necessidade de implantação em residenciais multi familiares, escritórios e indústrias por possuírem um expressivo volume de demanda e consumo de água pelo alto número de usuários e o tempo de permanência nestes locais.

No Brasil por ser um tema ainda considerado recente a implantação está iniciando nos novos condomínios residenciais. Em muitos países o reuso de água já é comum e o volume economizado bastante expressivo, em muitos casos percebemos a falta de complexidade dos tratamentos, sendo bastante acessíveis. No Reino Unido é feito apenas uma filtragem grosseira seguida de uma dosagem de cloro em pastilhas para o reuso doméstico, na Austrália, que aborda o tema um guia para o estímulo de reuso doméstico, o *Austrália's Guide to Environmental Sustainable Home* permite um

tratamento com filtros de areia e wetlands. O tratamento da imagem abaixo exemplifica a simplicidade dos tratamentos de reuso doméstico.



**Figura 3.12:** Vazão de aparelhos

**Fonte:** Greenhouse.gov.au

Conforme foi dito iniciou-se o estímulo para o reuso doméstico, no entanto, em muitos países o reuso industrial também tem sido amplamente utilizado com retornos financeiros e ganhos intangíveis. Um tipo comum de uso industrial para água não potável é o resfriamento de produtos, tubulações, tanques e águas para alimentação de bombas. Estas águas que têm por objetivo o resfriamento e muitas vezes não têm contato com o produto de fabricação ou com a água potável com o contato apenas pela tubulação para uma troca de calor. Em outras situações as empresas utilizam q água condensada após os processos de geração de vapor com uma recirculação fechada aproveitando a água em seus diversos estados físicos. Algumas empresas também conseguiram uma redução consideração com a redução de perda das águas de torres de resfriamento, que apresentam perdas por evapotranspiração e por respingos, com alterações no layout das torres foi possível reduzir esta perda.

Com a aplicação de alguns tratamentos mais complexos e conseqüentemente com maior valor de investimento, como por exemplo a osmose reversa a reutilização pode atingir níveis mais altos de utilização como na própria produção. Alguns tipos de reuso podem apresentar baixos valores de tratamento e ainda assim garantir uma redução considerável de uso de água potável. Alguns tipos de uso não potável listados abaixo serão posteriormente calculados por vazão.

- Lavagem de pátios;
- Lavagem de caminhões;
- Uso nas bacias sanitárias;
- Rega de jardins;
- Tubulações de incêndio

O quadro abaixo apresenta as demandas de água não potável para uma residência e foram listados apenas os itens comuns para uma indústria.

**Tabela 3.9-**Demanda de água não potável em uma residência.

<b>Demanda</b>	<b>Unidade</b>	<b>Faixa</b>
Vaso Sanitário – Volume 6 a 15	L/descarga	6 a 15
Vaso Sanitário – Frequência	Descarga/hab/dia	3 a 6
Gramado ou Jardim – Volume	L/dia/m <sup>2</sup>	2
Gramado ou Jardim – Frequência	Lavagem/mês	8 a 12
Lavagem de carro – Volume	L/lavagem/carro	80 a 150
Lavagem de carro – Frequência	Lavagem/mês	1 a 4
Lavagem de área impermeável – Volume	L/lavagem/carro	80 a 150
Lavagem de área impermeável – Frequência	Frequência Lavagem/mês	1 a 4

**Fonte:** Adaptado de TOMAZ, 2003.

A diferença quando comparado o consumo residencial e o consumo industrial é proporcional devido ao número de usuários. Uma indústria que trabalha com 80 funcionários por turno, trabalhando em três turnos diários (8 horas por turno) poderia apresentar um expressivo volume de água utilizada em uma descarga sanitária. A empresa de estudo apresentou com funcionários utilizam o banheiro 5 vezes durante o período de trabalho, portanto considerando uma válvula de descarga de 8 litros por flush e a quantidade de funcionários exemplificado acima teríamos um volume mensal de 288 m<sup>3</sup> de água.

As indústrias normalmente apresentam altas alturas manométricas com uma pressão alta, o que torna o seu consumo ainda maior do que o consumo residencial.

A tabela 3.10 abaixo, extraída da NBR 5626 apresenta as vazões de diversos aparelhos presentes em uma indústria.

**Tabela 3.10- Vazão dos aparelhos**

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto (L/s)
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15
		Válvula de descarga	1,70
Banheira		Misturador (água fria)	0,30
Bebedouro		Registro de pressão	0,10
Bidê		Misturador (água fria)	0,10
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga integrado para mictório	0,15
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25
		Torneira elétrica	0,10
Tanque		Torneira	0,25
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20

**Fonte:** NBR 5626, adaptado pelo autor

O cálculo pode ser feito com base no tempo em que cada colaborador aciona as peças da tabela acima. Este tempo deve ser estimado considerando uma amostra de funcionários com registro de dados por um período de tempo. Os lavatórios, além do uso após a utilização do banheiro conforme citado anteriormente por cinco vezes ao dia, por ser um ambiente fabril, os colaboradores constantemente lavam as mãos.

Considerando que a situação exemplificada, o quadro abaixo dimensiona o volume de águas cinzas produzidas, considerando apenas a higienização de mãos.

**Tabela 3.11** -Cálculo de volume de águas cinzas

Demanda por mês	Equipamento	Vazão conforme NBR56526	Geração de água cinza mensal
80 (colaboradores) x 3(turnos por dia) x 8 lavagens diárias  x 30 dias por mês  = 57.600 lavagens  Média de 40s (Recomendação ANVISA)	Torneira elétrica	0,10 L/s	0,10 L/s x 40 s  = 4,0 L/lavagem  x 57.600 lavagens  = 230,4 m <sup>3</sup> por mês

Fonte: CRUZ, 2016

Como já foi mencionado no capítulo anterior, a demanda de água para fins não potáveis desta fábrica, como lavagem de pátios e caminhões e abastecimento de bacias sanitária seria de 440 m<sup>3</sup> por mês e apenas com a captação do volume de águas cinzas proveniente da lavagem de mãos, seria possível atender 52% desta demanda.



No capítulo anterior foi sugerido para a fábrica um reservatório de águas pluviais de 200 m<sup>3</sup> para atender à uma demanda de 91 m<sup>3</sup> por mês, o uso dos dois sistemas, o aproveitamento da água de chuva e as águas cinzas poderia resultar no atendimento de parte da demanda de água não potável desta fábrica. Com um tratamento unificado e a constante análise da qualidade destas águas pelo próprio laboratório já existente nesta fábrica, é possível manter durante todo o ano o abastecimento destas demandas com o reaproveitamento. O reaproveitamento também pode ser utilizado na reserva de incêndio da caixa de abastecimento desta fábrica, atentando-se para a ligação com o abastecimento através de poços em ocorrências de falta de água.

#### 4. CONCLUSÃO

Os avanços tecnológicos e transformação de bens pela indústria visam sempre o bem estar de seus usuários e consumidores finais, no entanto os responsáveis pela produção devem se atentar às possíveis conseqüências desta produção que, possivelmente geram impactos ambientais que culminando em uma redução drástica de recursos e poluição, sendo impactos negativos à sociedade. Este projeto teve por objetivo integrar a produção e construção com técnicas eco eficientes demonstrando a possível redução de uso de recursos não retornáveis, como a água e com o uso da tecnologia garantindo sua qualidade.

As tecnologias economizadoras apresentadas permitem a implantação inclusive em indústrias já construídas, pois as interferências são predominantemente externas. Estas técnicas demonstram que o reaproveitamento não se refere à um sistema complexo e com custos elevados, principalmente considerando-se que uma industria tem uma alta demanda de água, portanto pode apresentar um retorno financeiro muito rápido, além dos ganhos intangíveis como o conceito diante da sociedade.

Neste trabalho pode-se perceber que a falta de normas e leis no Brasil ainda é um problema, esta situação não gera estímulo para os usuários, sejam indústrias, condomínios, escolas ou residências. Como disponibilizado no presente trabalho, os usuários em atitudes básicas como lavagem das mãos, rega dos jardins e de pátios podem alcançar um elevado consumo de água principalmente em áreas de concentração maior de usuários como escritórios, fábricas, escolas, estádios e hospitais. Além do benefício de redução de consumo de água para fins não potáveis, o reaproveitamento de águas de chuva traz ainda benefícios como a redução das enxurradas ocasionadas pela impermeabilização das áreas, comum nas regiões industriais que causam perdas e danos, já que a rede será direcionada à um reservatório dimensionado. O reuso das águas cinzas também pode reduzir o volume de esgoto a ser lançado na rede já que a proposta do trabalho é a reutilização das águas cinzas para gerar o esgoto de águas negras proveniente das bacias sanitárias.

Nos dois sistemas deve-se enfatizar como foi feito neste trabalho, que as águas precisam do tratamento específico para assim garantir a qualidade de reuso mesmo que os fins não necessitem de potabilidade da água. O risco de contato com o usuário

seja por respingos ou direto podem resultar em doenças e por isso o tratamento é essencial para o bem estar durante o reuso, além de redução considerável de cheiro e turbidez. Os cuidados devem ser tomados para que a segurança do reuso aumente, desta forma, a preconceito do reuso pode ser reduzido, uma vez que se comprove a segurança contra a contaminação.

No Brasil ainda não é comum o reuso, este cenário justifica-se por falta de incentivos e também pelos hábitos e cultura. Em alguns países como Singapura e Japão o reuso já é feito em várias atividades econômicas, edifícios e amplamente utilizado nas indústrias.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5626**. Instalação predial de água fria – projeto. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15527**. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13969**. Tanques Sépticos – Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BONI, S. S. N. Gestão da Água em Edificações: Formulação de Diretrizes para o Reuso de Água para Fins não Potáveis. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2009.

FLUXO AMBIENTAL. **Tratamento de águas cinzas**. Disponível em <<http://www.fluxoambiental.com.br>> Acessado em: maio.2016.

INSTITUTE OF WATER RESOURCES ENGINEERING, UNIVERSITY OF KARLSRUHE AND ALFRED BITTNER. **WATER REUSE: SELECTED REPORTZ ON WATER REUSE IN URBAN AND RURAL AREAS**. 1. ed.: Editora Uwe Neis, 1984. 5-11p.

MAY, S. **Caracterização, Tratamento e Reuso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004.

PETERS, M. R. **Potencialidade de Uso de Fontes Alternativas de Água para Fins não Potáveis em uma Unidade Residencial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

PINI – REVISTA INFRAESTRUTURA URBANA. **Processo de tratamento da água de captação superficial**. Disponível em <<http://www.pini.com.br>> Acessado em: maio.2016.

RUBIN, C. Reúso das águas cinzas gera economia financeira e ambiental. **Revista TAE- Tratamento de Água e Efluentes**.  
<http://www.revistatae.com.br/noticialnt.asp?id=3925>, Abril. 2012.

SJOSTROM, E. **Service life of the building. In: Application of the performance concept in building**. CIB: Tel Aviv, 1996

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003