

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
ENERGIA

ESTUDOS DE REUSO DE ÁGUA EM
CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS

ELIZETE DUARTE BRAGA

Itajubá (MG)
Dezembro de 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA
ENERGIA

ELIZETE DUARTE BRAGA

ESTUDOS DE REUSO DE ÁGUA EM
CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia como requisito parcial à obtenção do título **de Mestre em Ciências em Engenharia de Energia.**

Orientador: Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana

Itajubá(MG)
Dezembro de 2009

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –
Bibliotecária Margareth Ribeiro- CRB_6/1700

B813e

Braga, Elizete Duarte

Estudos de reuso de água em condomínios residenciais / Elizete
Duarte Braga. -- Itajubá, (MG) : [s.n.], 2009.

144 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Reuso. 2. Águas cinzas. 3. Águas pluviais. 4. Condomínios resi_
denciais. I. Viana, Augusto Nelson Carvalho, orient. II. Universidade
Federal de Itajubá. III. Título.

**ESTUDOS DE REUSO DE ÁGUA EM CONDOMÍNIOS
RESIDÊNCIAIS.**

ELIZETE DUARTE BRAGA

Engenheira Civil

Banca examinadora:

Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana _____
Orientador
UNIFEI/Itajubá (MG)

Prof. Dr. Arthur Benedicto Ottoni _____
Membro da Banca
UNIFEI/Itajubá (MG)

Prof. Dr. Roberto Alves de Almeida _____
Membro externo da Banca
DMEE/Poços de Caldas (MG)

*A Deus, pela sua onisciência.
Ao meu marido Guilherme pelo companheirismo,
aos meus filhos João Guilherme e Marcos Paulo
pela mais alta expressão de amor e à Magda pela
sua amizade.*

Agradecimentos

A Deus ser infinito, perfeito, criador do universo.

A minha grande amiga Magda pela força, determinação e incentivo nas horas de dificuldades.

A Sonia Ticianeli Mucciolo da Empresa Alpina pelo pronto atendimento.

A Cleide A. Mello e José Celso Becca da Empresa Construsane pela dedicação nas informações e correspondências que muito contribuíram para o fechamento dos dados.

Ao Sr. Antônio Mohallem, da Empresa Mohallem Engenharia Ltda, por permitir a realização do estudo de caso no Condomínio Dona Júlia e pela disponibilidade dos projetos e funcionários Adriana, Adilson, Sr. Faria para esclarecimentos gerais do condomínio.

Ao professor Plínio Tomaz por suas orientações conclusivas e pela pessoa boníssima.

A querida Simone May que através do curso no CIRRA-USP, e outras orientações enriqueceu a pesquisa.

Ao Weber Carvalho empresa PROJET-Projetos de Sistemas Prediais de Águas Pluviais pelas informações prestadas.

Aos funcionários da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, de Itajubá(MG).

Ao professor Roberto Alves por ter dado a chance de realizar este trabalho.

Ao meu orientador Augusto Nelson Carvalho Viana por permitir a concretização desta tese.

Ao professor Edson da Costa Bortoni por seu altruísmo.

A toda minha família que estimulou muito.

Ao meu marido por acreditar na minha capacidade de realizar este trabalho.

E por fim aos meus filhos João Guilherme e Marcos Paulo de onde nasceram as forças para vencer esta etapa.

“Deus nos fez perfeitos e não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos” - fazer ou não fazer algo só depende de nossa vontade e perseverança.

RESUMO

A escassez de recursos hídricos é um fator que prejudica todas as atividades humanas, não se limitando apenas a privação humana, mas em seu uso na produção de alimentos, geração de energia e em cada uma das etapas da cadeia produtiva. Uma das soluções para amenizar esse enorme prejuízo é o país adotar políticas de proteção aos mananciais, disciplinando o manejo e o reúso de águas desde as residências mais simples até as grandes indústrias. O presente trabalho objetiva estudar a viabilidade da implantação do reúso da água em edifícios e condomínios residenciais, com a finalidade de reaproveitar as águas menos nobres e as águas pluviais em termos de qualidade, para serem reutilizadas para fins não-potáveis, minimizando as despesas dos usuários com água em contraposição ao aumento da despesa com energia elétrica.

Palavras chave: reúso – águas cinzas – águas pluviais – condomínios residenciais

ABSTRACT

The shortage of hydric resource is a fact that damages all of human activities, not only the human hardship, but its use in food production, energy generation and in each fase of productive chain. One of the solution to soften this enormous loss it is the country adopt a protection policy to the fountainhead taking care of the use and reuse of the water since the simple houses to the big industries. The main purpose of this work is to study the viability of the implantation of water reuse in order to reuse less pure water and rainy water in consideration of quality to be reused to non-drinkable decreasing the expenses of the users with water in reluctance to the increasing expenses of electrical energy.

Key words: reuse – gray water – rainy water – houses community

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Formas potenciais de reuso de água	26
Figura 02: Consumo de água por atividade no Brasil	27
Figura 03: Previsão do consumo de água para São Paulo em 2010	27
Figura 04: Previsão do consumo de água para metrópole São Paulo	28
Figura 05: Reuso de água direto e indireto	31
Figura 06: Utilização de água em atividades domiciliares	37
Figura 07: Geração de esgotos em uma residência	38
Figura 08: Economia de água com reuso de águas cinzas.....	38
Figura 09: Fluxograma de um sistema misto de tratamento de esgoto	68
Figura 10: Implantação de um sistema de reuso de águas cinzas	70
Figura 11: Sistema de conservação e reuso de águas	83
Figura 12: Sistema de reuso de águas cinzas	83
Figura 13: Sistema de aproveitamento de águas pluviais	84
Figura 14: Localização da cidade de Itajubá	85
Figura 15: Demonstração de reuso planejado de água	88
Figura 16: Filtro tipo Vortex	106
Figura 17: Filtro de descida	107
Figura 18: Filtro volumétrico	108
Figura 19: Filtro flutuante de sucção	109
Figura 20: Freio d'água da 3P technik	110
Figura 21: Freio d'água da wisy	110
Figura 22: Sifão ladrão	111
Figura 23: Kit de interligação automático da wisy (válvula solenóide, bocal separador e registro manual).....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Código de cores dos efluentes	34
Tabela 02: Categorias de reuso de esgotos domésticos	57
Tabela 03: Operação, processo ou sistema de tratamento	67
Tabela 04: Eficiência dos métodos de tratamento de esgoto ...	67
Tabela 05: Parâmetros de qualidade das águas cinzas	71
Tabela 06: Diferenças na qualidade das águas cinzas	74
Tabela 07: Parâmetros de qualidade da água pluvial	75
Tabela 08: Média dos parâmetros da água de chuva	78
Tabela 09: Sistema de coleta e aproveitamento de águas Pluviais de Florianópolis	79
Tabela 10: Sistema de Coleta e aproveitamento de águas pluviais de Passo Fundo	79
Tabela 11: Entrada de dados do Condomínio Dona Júlia	86
Tabela 12: Consumo per capita de água	91
Tabela 13: Fatores de influências no consumo de água	91
Tabela 14: Vazão por unidade hidráulico-sanitária	93
Tabela 15: Índices pluviométricos de Itajubá	95
Tabela 16: Coeficientes de Runoff utilizado em alguns países.	96
Tabela 17: Coeficientes de Runoff utilizado por tipos de telhas	96
Tabela 18: Características da água da chuva	96
Tabela 19: Parâmetros para reservatórios de autolimpeza	98
Tabela 20: Método analítico de Rippi (demanda constante e chuvas mensais)	100
Tabela 21: Análise de simulação do reservatório	103
Tabela 22: Resultados da oferta e demanda de águas do Condomínio Dona Júlia	120
Tabela 23: Características do afluente admissível ao tratamento	121
Tabela 24: Qualidade do efluente produzido pelo tratamento	121

Tabela 25: Custo total da implantação do sistema aerox-100 ..	121
Tabela 26: Custos operacionais dos equipamentos	121
Tabela 27: Custo operacional do descarte do lodo	122
Tabela 28: Resultado médio de purificação	123
Tabela 29: Resultados dos custos da implantação do reator UASB	123
Tabela 30: Relação de custos para o recalque das águas cinzas	124
Tabela 31: Resultados do método de Rippi para área de 850m ²	125
Tabela 32: Simulação do sistema de coleta de água pluvial.....	127
Tabela 33: Resultados das simulações do sistema de coleta de água pluvial	127
Tabela 34: Dispositivos para autolimpeza da água de chuva ...	129
Tabela 35: Custos para implantação do sistema de água pluvial do Condomínio Dona Júlia	129
Tabela 36: Dimensionamento do reservatório de água de Chuva	130
Tabela 37: Análise da eficiência do reservatório para área de 850m ²	130
Tabela 38: Determinação do reservatório para área de coleta de 2.350m ²	131
Tabela 39: Análise da eficiência para área de coleta de 2.350m ²	131
Tabela 40: Discriminação dos equipamentos e custos para Descarte da primeira água de chuva	132
Tabela 41: Custos totais para implantação de um sistema de Água pluvial para o Condomínio Dona Júlia	132
Tabela 42: Resultados levantados do Condomínio Dona Julia	133
Tabela 43: Dados de estudo de viabilidade técnica econômica	134
Tabela 44: Resultados dos aspectos econômicos das Alternativas	135

SUMÁRIO

RESUMO.....	07
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	13
1.1 Considerações Gerais	13
1.2 Justificativa	17
1.3 Objetivo Geral	19
1.4 Objetivos Específicos	19
CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Reuso da água	20
2.1.1 A importância do reuso.....	22
2.1.2 Conceito e tipos de reuso	25
2.2 Formas potenciais de reuso	35
2.2.1. Usos urbanos para fins potáveis	40
2.2.2 Usos urbanos para fins não potáveis	40
2.3 A legislação de reúso da água	42
2.3.1 Outorga de direito de uso dos recursos hídricos..	49
2.3.2 Cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos.....	52
2.3.3 A classificação das águas e o reuso	53
2.4 Qualidade das águas	57
2.4.1 Critérios de adequação ao uso	61
2.4.2 Qualidade das águas cinzas.....	65
2.4.3 Qualidade das águas de chuva	74
CAPÍTULO III – MATERIAIS E MÉTODOS	81
3.1 – Métodos	81
3.2 – Metodologia de trabalho	81
3.3 – Roteiro de trabalho.....	84
3.3.1 – Dados de entrada	85
3.3.2 – Análise da oferta dos usos das águas do Condomínio	87

SUMÁRIO

3.3.3 – Análise da demanda dos usos das águas do Condomínio.....	112
3.3.4 – Estudo das alternativas para as diferentes aplicações do sistema, contemplando tecnologias, custos de manutenção e investimento inicial.....	114
3.3.5 – Análise de viabilidade econômica do condomínio Dona Júlia	117
CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	120
4.1 – Resultados da oferta e demanda de água	120
4.2 – Resultados das alternativas para o sistema de reuso.....	121
4.3 – Resultados do estudo de viabilidade técnica econômica	133
CAPÍTULO V	137
5.1 Conclusões da pesquisa	137
5.2 Recomendações	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1 – Considerações Gerais

“Água – um recurso finito”. Clarke (2005) do livro O Atlas da Água.

Nas últimas décadas, a crescente consciência da água como recurso limitado, a preocupação com os problemas resultantes da rápida urbanização e os riscos de escassez hídrica, conduziram a uma reformulação do modelo tradicional de gestão de recursos hídricos.

No mapeamento realizado por Clarke (2005) por volta de 2050, estima-se que mais de 4 bilhões de pessoas, quase a metade da população mundial, estará vivendo em países com carência crônica de água. Mais de dois terços do consumo de água no mundo todo serve para irrigar lavouras em regiões áridas e semiáridas. O desperdício é muito alto e apenas uma pequena porcentagem da água chega ao cultivo para o qual se destina. A indústria é o segundo maior usuário com 21% do total mundial. Quase tudo que é utilizado pela indústria é de fato consumido e o resultado é que a água fica tão poluída que não pode ser reutilizada facilmente. Em terceiro, classifica o volume de água empregado para fins domésticos, com apenas 10% do total mundial. As populações estão cada vez maiores e mais sedentas, cerca de 50 milhões de pessoas vivem em países com escassez crônica de água e outros 2,4 bilhões moram em países onde o sistema hídrico está ameaçado. Quase 4.000 Km³ de água doce são consumidos a cada ano, uma média de aproximadamente 1700 litros por pessoa, diariamente.

Clarke (2005) relata que enquanto o volume total de água doce permanece o mesmo, cresce a quantidade de água consumida pelas pessoas. Hoje, as maiores cidades do mundo dependem quase unicamente das águas de subsolo, onde o volume de água captada para atender às áreas densamente povoadas não é sustentável.

Através do uso doméstico da água, uma das formas mais evidentes de consumo, se percebe que, quando as pessoas ganham mais dinheiro e elevam o nível de vida, o uso doméstico aumenta. A maioria da população mundial não possui uma torneira de água em casa e tem que caminhar para buscar água em baldes ou latas, quase sempre diversas vezes ao dia. As mulheres carregam cerca de 15 litros de cada vez, num trabalho árduo que consome muitas horas todos os dias. A maior parte das pessoas sem suprimento de água vive na Ásia e na África. Em Suazilândia, por exemplo, as pessoas em domicílios com água encanada usam 30 a 100 litros por dia, ao passo que as que pagam pela entrega de água utilizam apenas 13 litros diários. De cada cinco africanos, dois ainda não têm acesso ao suprimento de água pura.

Planos para projetar os sistemas hídricos em grande escala são temas de debates na China e na Espanha, pois diversas cidades do mundo dependem basicamente das águas subterrâneas para o suprimento seguro da água potável. Na Índia, o bombeamento contínuo das águas subterrâneas em Gujarat fez com que a água salgada invadissem os aquíferos e contaminasse os suprimentos de água potável. A dessalinização auxiliou diversos países, a maioria no Oriente Médio, porém a quantidade de água do mar transformada em água doce ainda é mínima. Existem os navios-tanque que percorrem países ricos em água até lugares como Bahamas, Antigua, Malhorca, Coreia do Sul, Taiwan e as ilhas do Pacífico. O problema não se restringe apenas em conseguir água, para muitas cidades, é onde conseguir essa água. As maiores cidades do mundo como Los Angeles, Cidade do México, Cairo, Calcutá, Pequim estão localizadas em áreas com pouca água que lutam para satisfazer às necessidades de sua crescente população como relata Clarke (2005).

Segundo o autor mencionado, o mundo tem consciência que é premente a necessidade de preservar os estoques mundiais de água, precipitada pela urgência gerada na incerteza quanto às tendências futuras do clima. Existem diversas formas de melhorar o uso da água: aumentar a captação, gastar menos água para que menos

retiradas de águas sejam feitas, usar a mesma quantidade de água com mais eficiência, coletar água que consiste em captar e usar água da chuva que se perderia no solo ou evaporaria sem trazer nenhum benefício imediato resgatando uma tradição secular que precisa ser revivida e amplamente difundida.

Como por exemplo, no Aeroporto de Frankfurt são coletados 16 milhões de litros de água de chuva de seu telhado, usados para limpeza, jardinagem e no suprimento de vasos sanitários.

Seguindo as pesquisas realizadas por Clarke (2005) a água pode ser utilizada com mais eficiência empregando-se práticas agrícolas aperfeiçoadas que resultam em mais colheitas com menos água. Em Israel, usinas de tratamento com tecnologia avançada limpam a água servida que é usada para irrigar 20 mil hectares de lavouras. Muitas indústrias modernas, principalmente de países desenvolvidos, movidas por regras e pelo desejo de cortar custos, fizeram uma redução geral da água utilizada. Nos EUA, o uso industrial por pessoa diminuiu pela metade nos anos de 1950 a 1990, enquanto a produção industrial quadruplicou. Já nas moradias, cerca de 30% da água usada nas casas vão para descargas de vaso sanitário. Para a maioria dos países, a administração das águas é amplamente reconhecida como o segredo para lidar com a escassez e deve ser levado em conta o modo como a água é usada e administrada dentro da comunidade e seu impacto no ambiente adjacente.

No Brasil, a quantidade expressiva de recursos hídricos concentra entre 12% e 16% do volume total do planeta, mas encontra-se ameaçada por fatores socioeconômicos diversos. A região norte, com baixa densidade populacional, conta com a maior abundância de água. As regiões sul e sudeste apresentam recursos relativamente abundantes, mas o elevado grau de urbanização, a densidade populacional e os usos múltiplos da água estão levando à escassez em alguns pontos porque a poluição derivada compromete a disponibilidade e aumenta os custos de tratamento. Na região Nordeste há escassez de águas superficiais, o que é agravado por

problemas de saneamento básico e contaminação por transmissores de doenças tropicais. O centro oeste conta com uma área de ecossistema aquático de grande biodiversidade, o Pantanal Matogrossense, com aproximadamente 200 mil km², está altamente ameaçado pela criação de gado, agricultura, hidrovias, atividades turísticas inadequadas, pesca predatória e a urbanização. As águas do Brasil envolvem problemas de quantidade e qualidade. Todos os sistemas de águas continentais, tanto os de superfície quanto os aquíferos subterrâneos, tem sofrido pressões permanentes, seja pelo uso múltiplo, seja pela exploração excessiva ou pelo acúmulo de impactos de várias magnitudes e origens.

Para este estudioso do Atlas da Água, solucionar o suprimento de água para municípios de pequeno porte - até 20 mil habitantes - e para as grandes regiões metropolitanas, onde além da escassez, os recursos hídricos correm riscos crescentes de contaminação, é necessário estabelecer projetos de otimização de usos múltiplos da água e o aproveitamento integral dos recursos hídricos disponíveis incluindo: reuso, tratamento adequado e de baixo custo e a economia da água. Tal proposta deve-se ao fato de que, no Brasil, a água tem usos diversos e intensos e aproveita-se muito pouco a água da chuva, faz-se pouco reuso e trata-se de forma inadequada a água contaminada por esgotos domésticos. Para a região sudeste os desafios encontram-se na recuperação de rios, lagos e represas, na redução dos custos de tratamento, na proteção dos mananciais e aquíferos, no reuso da água e o mais grave, na urbanização onde há menos disponibilidade de água per capita.

Este autor, também pontua, que no Brasil é premente que haja a quebra do paradigma de abundância de água que se estabeleceu para os brasileiros e se faz necessário a adoção de estratégias que possibilitem minimizar os riscos potenciais associados à escassez de água. A política nacional sobre gerenciamento dos recursos hídricos, estabelecendo que a água é um recurso limitado e dotado de valor econômico, foi o primeiro passo dado. A prática racional do reuso da água torna-se um elemento chave para qualquer programa de

gerenciamento de água e depende de uma avaliação detalhada das atividades que utilizam a água.

1.2 – Justificativa

- O que se faz com as águas desse mundo?

Diariamente convive-se com os sinais de alerta sobre ataques e danos que a população provoca como: drenagem de zonas úmidas, superirrigação em fazendas, processos de contaminação das águas, represamento de rios, exploração dos aquíferos, desmatamento, expansão das cidades, usos de enormes quantidades de águas para indústria de alta tecnologia e interferência no clima mundial. Mesmo assim, o ciclo hidrológico se renova reabastecendo os fluxos aquáticos da terra.

Nós e outros povos vivemos em regiões com abundância de água e pensamos que esse recurso estará sempre à disposição, porém é certo que a demanda mundial de água cresce a cada ano. Até a metade deste século, calcula-se que em alguns países essa demanda ultrapasse a oferta, o que levará quase metade da espécie humana a conviver com a escassez da água. O que acontece na realidade é que a poluição hídrica reduz o volume de água disponível para o uso do ser humano e para outras espécies, sendo que boa parte da água usada é jogada sem tratamento no sistema hidrológico.

No mundo, o que se quer não é mais água e sim água limpa. O que se precisa é de água mais limpa, mais barata e servida sem entraves ao consumidor. O rumo para um futuro das águas do tipo descrito por Clarke (2005 apud IBRAIM DIAW, 2000) certamente seguirá caminhos semelhantes - as pessoas não se valerão de conceitos do século 20, a exemplo de represas enormes, inversão de cursos de rios e usinas nucleares de dessalinização. O futuro terá mais a ver com a captação de água em pequena escala e principalmente incluirá a redução do uso da água em diversas áreas. O desejo não será apenas de consumir água; será de querer cultivar alimentos, fabricar bens dos quais as pessoas precisam para viver confortavelmente.

Se for possível alcançar estas metas usando muito menos água nosso caminho será de um mundo que terá água suficiente. Este é o futuro para Clarke (2005 apud GLICK) um engenheiro norte americano que assim fala: “O caminho leve para as águas se esforça em melhorar a produtividade do uso da água em vez de buscar permanentemente fontes para novos suprimentos. Ele faz o abastecimento de água de qualidade de acordo com as necessidades do usuário em vez de apenas distribuir água em quantidade. Esse caminho utiliza instrumentos econômicos com concepções de mercado e de preço, mas com objetivo de estimular o uso eficiente, a distribuição equitativa do recurso e um sistema operacional sustentável no decorrer do tempo. E inclui as comunidades locais nas decisões sobre a administração, a distribuição e o uso da água”.

Assim sendo, este estudo é apenas um pequeno instrumento de abertura do conhecimento do reuso que se integra para acelerar a caminhada ao destino leve das águas.

Para Capra (1982):

Há uma profunda necessidade de transformação “Precisamos, pois, de um novo “paradigma” – uma nova visão da realidade, uma mudança fundamental em nossos pensamentos, percepções e valores. Os primórdios dessa mudança, da transferência da concepção mecanicista para a holística da realidade, são viáveis em todos os campos e suscetíveis de dominar a década atual.

Acredita-se que a visão de mundo sugerida pela física moderna seja incompatível com a nossa sociedade atual, a qual não reflete o harmonioso estado de interrelacionamento que observa-se na natureza. Para se alcançar tal estado de equilíbrio dinâmico, será necessária uma estrutura social e econômica radicalmente diferente: uma revolução cultural na verdadeira acepção da palavra. A sobrevivência de toda a nossa civilização pode depender de sermos ou não capazes de realizar tal mudança”.

1.3 - Objetivo geral

O presente trabalho objetiva estudar a viabilidade da implantação do reuso da água em edifícios e condomínios residenciais, com a finalidade de reaproveitar as águas menos nobres e as águas pluviais em termos de qualidade, para serem reutilizadas em sanitários, minimizando as despesas dos usuários com água em contraposição ao aumento da despesa com energia elétrica.

1.4 - Objetivos específicos

- Conceituar o reuso de águas servidas e o uso das águas pluviais em ambiente residencial;
- Demonstrar a importância e o potencial do reuso de água neste setor;
- Apresentar as políticas públicas e a legislação pertinente ao reuso de águas no Brasil e em outros países;
- Avaliar custo/benefício de tecnologias de reuso das águas e sua aceitabilidade pela comunidade dos condomínios;
- Identificar tecnologias mais viáveis a serem aplicadas em condomínios verticais e horizontais;
- Aplicar os conhecimentos adquiridos em um condomínio vertical de Itajubá (MG), de forma a quantificar o benefício da redução do consumo de água em contra ponto ao aumento do consumo de energia elétrica.

CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Reuso de água

A preocupação de pesquisadores e estudiosos sobre a conservação e o reuso da água não é recente. Há muitos anos a humanidade vem reciclando e reutilizando a água de uma forma não planejada para diversos fins. A água, por si só, mantém um mecanismo natural de circulação (ciclo hidrológico), que a torna reutilizável.

Yutaca Suzuki, et al. (2006), em sua análise sobre reuso de água em grandes áreas no Japão, explica que devido ao crescimento econômico rápido e a concentração da população em áreas urbanas, a questão da demanda de água em grandes cidades tem enfatizado a confiabilidade do sistema para suprimento de água e a necessidade de desenvolver novas fontes de água com considerável custo econômico e ambiental. Desta forma o reuso tem sido implementado na maioria das cidades para aliviar as situações de recuperação do consumo de água.

No Japão as Investigações sobre o reuso em grandes cidades tiveram início em 1964, com o objetivo de promover o reuso em qualidade de água. A água de reuso tratada é utilizada para descarga, recreação aquática, uso industrial, agricultura e para o derretimento da neve. Os números cresceram nos anos 80 com a rápida expansão da economia do Japão, e mais ou menos 130 sistemas de reuso são instalados a cada ano. Em 1996 foram construídos 2100 sistemas de reuso em grandes áreas, com volume de água recuperada na ordem de 324.000 m³/d, sendo 0,8% para uso doméstico.

Os sistemas de reuso local no Japão foram principalmente localizados nas áreas metropolitanas de Tóquio e Fukuoka. Para a construção de novos edifícios o sistema de distribuição duplo é obrigatório e o tratamento típico utilizado para tratar a água de reuso consiste no processo de separação de membranas ativadas.

De acordo com Mierzwa; Veras; Silva (2008) a ampliação do uso dos processos de separação por membranas é resultado do aumento de restrições sobre a qualidade da água para abastecimento. Pesquisas como estas são incentivadas no mundo a fim de possibilitar o maior conhecimento da tecnologia e dos fatores que influenciam seu desempenho.

O reuso tornou-se importante devido a demanda por alternativas eficientes e econômicas capazes de minimizar os problemas de falta de água nas regiões com grande concentração populacional. Outros fatores são apontados por Asano (1991):

- A redução da poluição dos cursos d'água;
- A disponibilidade de efluentes tratados com elevado grau de qualidade;
- A promoção, a longo prazo, de uma fonte confiável de abastecimento de água;
- O gerenciamento da demanda de água em períodos de seca, no planejamento global dos recursos hídricos;
- O encorajamento da população para conservar a água e adotar práticas de reuso.

Nos últimos anos, devido a necessidade urgente de reduzir a poluição dos rios e lagos e às exigências ambientais, resultantes da Agenda 21, que dedicou importância especial ao reuso, recomendando aos países participantes da ECO-92 – “a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública de grupos de risco, com práticas ambientais adequadas.” – os pesquisadores e gestores passaram a focar a reutilização dos efluentes ao invés de lançá-los de volta aos rios.

A partir destas mudanças surgiram também uma série de diferentes definições sobre tipos e conceitos de reuso da água, de acordo com a forma direta ou indireta de reuso, interna ao próprio empreendimento, ou externa, planejada, para diferentes fins, que podem abranger desde a simples recirculação de água de enxágüe da máquina de lavagem, com ou sem tratamento aos vasos sanitários, até uma remoção em alto nível de poluentes para

lavagens de carros, ou ainda recarga artificial de aquíferos à irrigação das plantações agrícolas. Há ainda estudos que diferenciam os termos reuso e reciclagem da água.

Com a finalidade de justificar o tipo de reuso escolhido para edifícios residenciais, objeto deste trabalho, nos próximos itens serão analisados diversos conceitos de reuso e conservação de água, encontrados na literatura específica sobre o assunto e a importância desse tema para as pesquisas.

2.1.1 A importância do reuso

Como visto o fenômeno da escassez não é um atributo exclusivo das regiões áridas de uma grande parte de países e das regiões semiáridas brasileiras. Muitas áreas com taxas de precipitações anuais significativas, mas insuficientes para gerar vazões capazes de atender as demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

Como exemplo, a Bacia do Alto Tietê segundo Mancuso & Santos (2003), que abriga uma população de mais de 15 milhões de habitantes e um dos maiores complexos industriais do mundo, dispõe, pela sua condição característica de manancial de cabeceira, vazões insuficientes para a demanda da região metropolitana de São Paulo e dos municípios circunvizinhos. Estas condições têm levado à busca incessante de recursos hídricos complementares de bacias vizinhas, que trazem como consequência direta, aumentos legais e político-institucionais associados. Esta prática pode se tornar cada vez mais restritiva diante da conscientização popular, a arregimentação de entidades de classe, e o desenvolvimento institucional dos Comitês de Bacias afetadas pela perda de recursos hídricos valiosos, agravando os conflitos de gerenciamento pela demanda de água.

May (2006) conceitua que a conservação da água é um conjunto de atividades com o objetivo de: reduzir a demanda de água potável; melhorar o uso da água e reduzir as perdas e desperdícios da mesma, implantar práticas para economizar água e propiciar um retorno financeiro.

O conceito de reuso e conservação estabelece uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, cuja premissa é fortalecida pelo Conselho Econômico e Social das Nações Unidas que há quase meio século atrás a United Nations (1958) recomendava: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior”.

Mancuso&Santos (2003) afirmam:

“As águas de qualidade inferior, tais como: esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de chuva, águas de drenagem agrícola e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e da demanda, a estratégia básica para a solução do problema da falta universal da falta de água”.

A estratégia de “substituição de fontes” mostra-se como a alternativa mais plausível para satisfazer a demanda menos restritiva, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

Para Silva (1999, apud BRAGA e RIBEIRO, 2006):

“o gerenciamento da demanda de água consiste em medidas, práticas ou incentivos que produzam um uso eficiente da água pela sociedade, através da redução do consumo final do usuário e modificação de hábitos de consumo, sem prejudicar os atributos de higiene e conforto dos sistemas originais”.

Neste caso, as estratégias por demandas de água são classificadas em medidas estruturais, aquelas que devem visar a redução do consumo, o melhor controle e operação das redes de distribuição de água, enquanto as não estruturais têm como objetivo

os incentivos econômicos e legais à mudança de comportamento dos usuários da água.

Também Milaré (2000) prevê que “serão necessárias ações de esclarecimento e transformação cultural, inovações tecnológicas, adequações econômicas e, em determinados casos, decisões políticas corajosas”, para a consolidação dessas mudanças e para que a água seja uma prioridade colocada a serviço da vida e do consumo humano. Para este autor, o Estado deve garantir o acesso à água potável aos cidadãos, indistintamente, o que implica em: preço acessível da água a todos; liberação de recursos financeiros; obtenção de meios técnicos; participação das comunidades e entidades locais nas tomadas de decisão no que diz respeito ao uso dos recursos hídricos através de meios pacíficos, estendendo o direito à água para todos, inclusive a países vizinhos.

Isso exige uma política ambiental dentro do espírito de solidariedade entre comunidades, regiões e povos, assegurando à atual e às futuras gerações uma água de qualidade adequada para uso e ainda para Milare (2000): “a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, quer sejam de origem natural, quer decorrentes do uso inadequado, não só das águas, mas também dos demais recursos naturais.”

Em vista das diversas colocações dos especialistas, notam-se a importância de se conhecer os princípios técnicos adequados para a conservação e o reuso da água, principalmente nas grandes metrópoles, gerando economia das fontes potáveis com redução da demanda nos sistemas urbanos de captação, distribuição e tratamento de água. Há também uma preocupação com “o uso de alternativas tecnológicas para reciclagem e reuso de efluentes industriais e urbanos poderá reduzir os custos de produção nos setores hidrotensivos, além de promover a recuperação, preservação e conservação dos recursos hídricos e dos ecossistemas urbanos” Fiesp; Ciesp (2005).

Portanto, a quantidade e a qualidade da água utilizada estabelecerão:

- os níveis de tratamento recomendados;
- os critérios de segurança a serem adotados;
- os custos de capital, de operação e de manutenção associados.

2.1.2 – Conceito e tipos de reuso

Quando se fala em reuso há uma infinidade de formas de aproveitamento da água: “não apenas de esgoto, mas águas de segunda qualidade, que são as águas salobras, pouco salgada em relação a água do mar” Hespanhol, (2002). O reuso não significa que a água deva ser potável, mas que tenha potencial para reuso. O termo “uso” e “qualidade” são associáveis, pois se trata de atender as necessidades de um determinado uso, sendo anti-econômico tratar a água mais do que aquele determinado uso demanda. Hespanhol (2002) cita como exemplo a experiência observada no Chile, quando se fez o reuso de esgoto para fins agrícolas, sem a eliminação da matéria orgânica. O *húmus*, nutriente que serve para fertilizar o solo, permitiu a economia de adubo. O reuso teve, neste caso, aspectos econômicos benéficos.

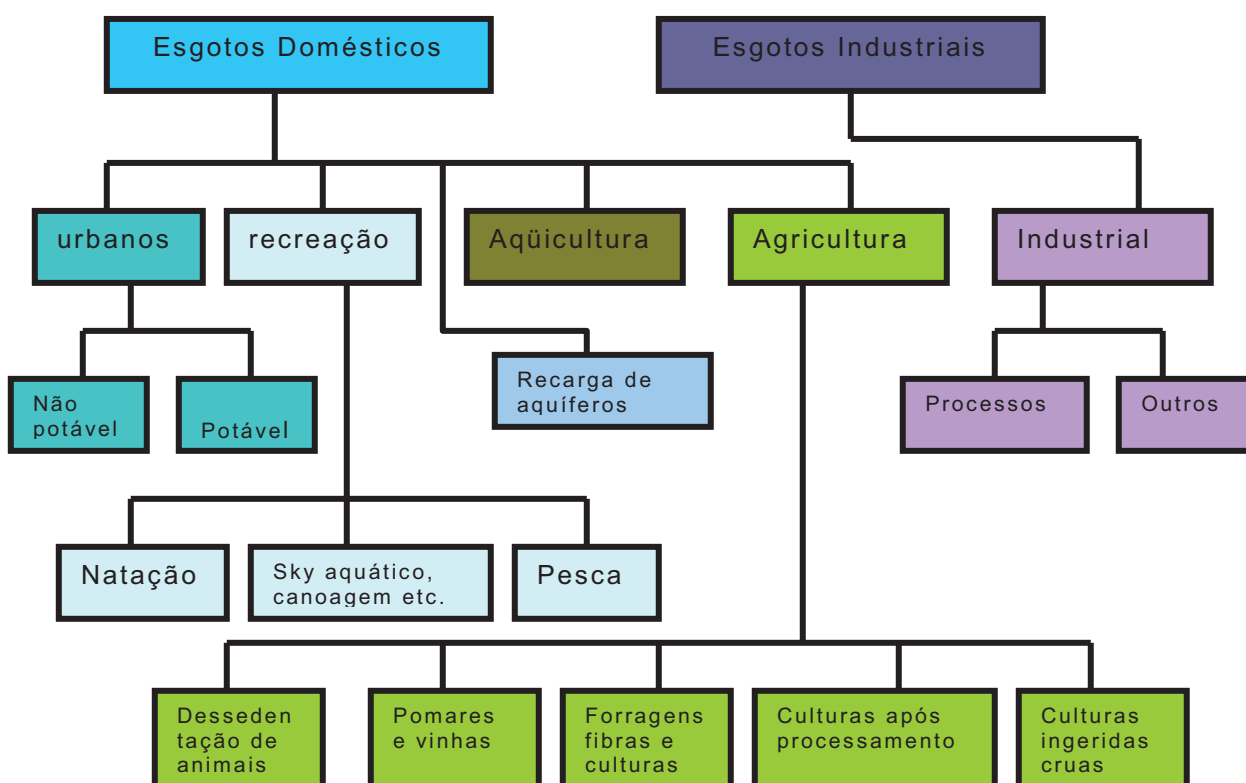
Após uma breve revisão bibliográfica entre estudiosos do assunto, chega-se a definição do termo “reuso de água” apresentada pelo Manual de Conservação e Reuso de Água FIESP; CIESP (2006): “Uso de efluentes tratados ou não para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis”.

O reuso de água subentende uma tecnologia desenvolvida em maior e menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ele tenha sido usada anteriormente. O que dificulta, entretanto, a conceituação precisa da expressão “reuso de água” é a definição do exato momento a partir do qual se admite que o reuso está sendo feito por Mancuso&Santos (2003).

O organograma apresentado por Hespanhol (1997) como mostrado na Figura 01 representa as formas mais significativas de reuso e conservação de água no Brasil. Na figura 01 estão

representados: o reuso na área urbana; na área industrial, na agricultura e aquele associado à recarga de aquíferos.

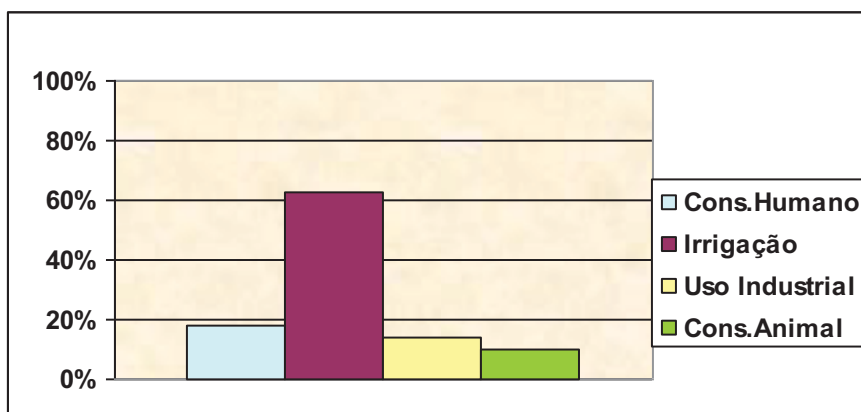
Neste estudo, define-se reuso como todo aproveitamento que se faz da água na natureza ou após o seu uso em diferentes situações, tornando-a adequada para substituir e/ou economizar fontes de água mais nobres.



Fonte: Hespanhol (1997)

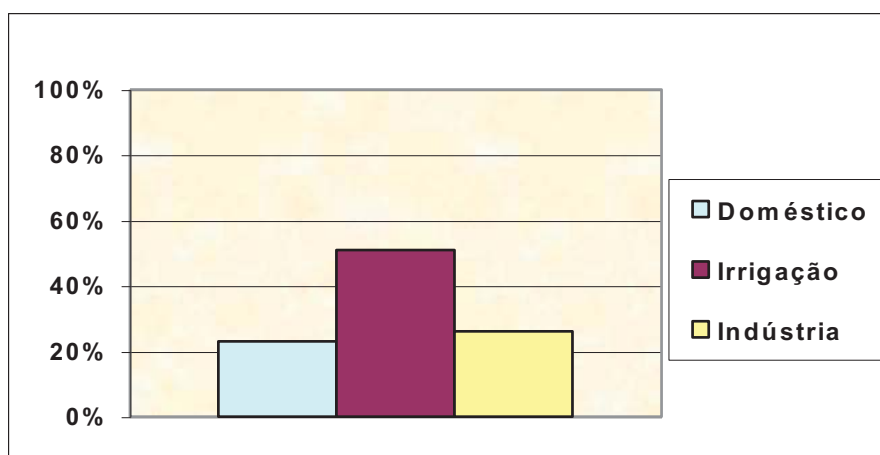
Figura 01 - Formas potenciais de reuso de água.

Caubet (2006), representante das ONG's no Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH observa que, apesar de o Código das Águas (Decreto Federal nº 24.643, de 10/07/1934) prever prioridade absoluta do uso da água para satisfazer as necessidades humanas básicas (dessedentação e usos domésticos), o maior consumo se dá na agricultura (62,7%), em seguida o consumo humano (17,9%) e o uso industrial (14%) e, por fim, o consumo animal (5,4%), como mostra a figura 02.

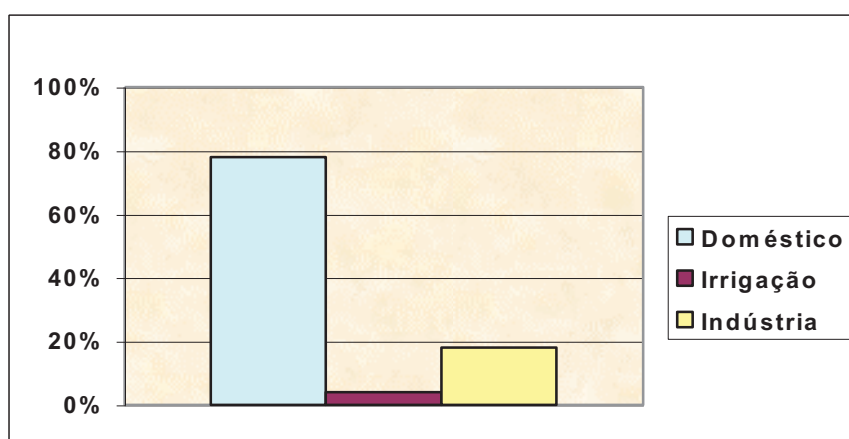


Fonte: ANA (2002) apud Manual FIESP/CIESP (2006)
 Figura 02 - Consumo de água por atividade no Brasil.

Esta demanda, no entanto, varia de acordo com a atividade, o local e o desenvolvimento de cada região. As Figuras 03 e 04 mostram exemplos dessa variação.



Fonte: Manual FIESP/CIESP (2006)
 Figura 03 – Previsão do consumo de água para São Paulo em 2010.



Fonte: Manual FIESP/CIESP (2006)

Figura 04 – Previsão do consumo de água para Metrôpole de São Paulo.

Para Hespanhol (2002), a necessidade de reuso de água se torna mais urgente nas áreas urbanas, não só pela redução da sua disponibilidade, pressionada pelo crescimento populacional e pela expansão industrial, como também pela degradação sistemática dos mananciais, que muitas vezes se encontram longe do local de utilização da água, dificultando ou encarecendo o seu transporte.

O crescimento e a ocupação desordenada dos grandes centros urbanos, com conseqüente impermeabilização das superfícies contribuem para a ocorrência de grandes enchentes, com profundos impactos ambientais, sociais e econômicos. Uma das soluções atualmente aventadas para a minimização do problema consiste no controle das vazões de saída dos lotes, através de microreservatórios de retenção, como aqueles já utilizados na cidade de São Paulo (SP), para captação da água de chuva, em edifícios de mais de 500m² de área impermeabilizada (Lei municipal nº 41814 de 31/01/2002, apud WENZEL, 2003). A coleta e a reutilização das águas pluviais poderiam complementar o reuso para fins domésticos, industriais e agrícolas, aproveitando, principalmente, os lugares que possuem grande precipitação pluviométrica.

Hespanhol (apud MANCUSO; SANTOS, 2002) constata que: "Além de se desenvolver uma cultura e uma política de conservação de água em todos os setores da sociedade, o reuso consciente, planejado de águas de baixa qualidade – águas de drenagem agrícola, águas salobras, águas de chuva e, principalmente esgotos domésticos e industriais – constitui o mais moderno e eficaz instrumento de gestão para garantir a sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos nacionais".

Por outro lado, nos lugares com pouco ou nenhum suprimento de água, não poderão ser administrados meramente pela atenuação de conflitos de uso, de estabelecimento de prioridades, ou de mecanismos de controle de oferta, tais como os de outorga e cobrança. O regime de outorga assegura ao interessado, público ou privado, o direito de uso de recursos hídricos e o acesso à água; a cobrança é a imposição ao usuário da obrigação de contribuir pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos. Milaré (2000). Outros mecanismos de gestão deverão ser implantados nacionalmente, para estabelecer equilíbrio entre oferta e demanda de água.

Hespanhol (2003) esclarece que o Brasil ainda não há uma legislação específica que limita e controla o reuso de água, tornando difícil saber o que pode e o que não pode ser feito com a água reutilizada sem colocar em risco a saúde das pessoas. "Independente do tipo de reuso que se dá para a água residual, ela deve apresentar-se incolor e inodora e ter sido filtrada e desinfectada". Por outro lado, a Conferência Interparlamentar sobre o desenvolvimento e Meio Ambiente, realizada em 1992, parágrafo 6413 já recomendava, que se envidassem esforços, em nível nacional para: "Institucionalizar a reciclagem e o reuso sempre que possível e promover o tratamento e a disposição de esgotos, de maneira a não poluir o ambiente".

Diversas empresas, universidades e Organizações Não Governamentais – ONG's demonstram como é possível, por meio da reutilização, reduzir o consumo de água potável em diferentes usos

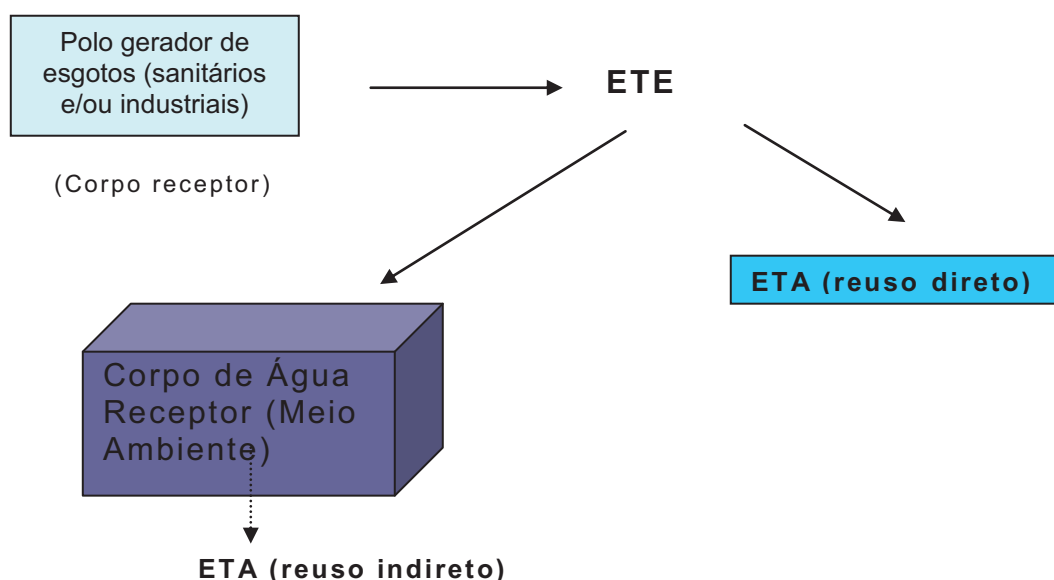
finais. Em inúmeras atividades, as águas residuais estão substituindo a água potável, o que traz economia para empresas, distribuidoras e usuários, possibilitando também a redução da demanda nos mananciais de água do país. No entanto, esta atividade é exercida de maneira informal e sem as salvaguardas ambientais e de saúde pública adequadas. Torna-se, portanto, necessário institucionalizar, regulamentar e promover o setor através da criação de estruturas de gestão, preparação de legislação, disseminação de informação, e do desenvolvimento de tecnologias compatíveis com as nossas condições técnicas, culturais e socioeconômicas.

Além disso, a substituição de parte da água potável, cada vez mais rara, por uma de qualidade inferior, para uso não nobre (águas servidas ou residuárias) é parte também de programas de economia social, cujos investimentos poderão oferecer não só um retorno financeiro, mas significarão represas mais cheias e limpas, que melhorarão a produção de energia elétrica e a qualidade de vida da população, principalmente nos grandes centros urbanos. As águas para uso não nobre podem ser reutilizadas em regiões com problemas de escassez de água e disposição adequada dos esgotos.

Neste caso, a distribuição das águas de reuso necessita de um sistema de separação designado como sistemas duplos. Os sistemas duplos são usados como prevenção contra possibilidade de uso dessa água para outros fins, embora se recomende que essa água deva ter qualidade boa para que não represente perigo à saúde, ainda que após sua eventual ingestão, mesmo por alguns meses. Por outro lado, a qualidade da água potável geralmente exige muito investimento, mas o reuso de água para fins menos nobres em bacias sanitárias, em torneiras de jardim, para lavagem de veículos e de roupas, entre outras utilidades, podem ser excelentes recursos para diminuir a demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento. Este assunto será analisado com mais critério no capítulo III deste estudo.

2.1.2.1 - Tipos de reuso

Mancuso; Santos (2003; MAY, 2006) identificam a reutilização do efluente em direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não. (Figura 05).



Fonte: May (2006)

Figura 05 - Reuso de água direto e indireto.

a) Reuso indireto não planejado da água: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração).

b) Reuso indireto planejado da água: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico.

O reuso indireto planejado da água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de

efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade do reuso objetivado.

c) Reuso direto planejado das águas: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação.

Esses conceitos foram pesquisados por Mancuso; Santos (2003) baseados nas definições da Organização Mundial de Saúde - OMS (1973; LABRADOR FILHO, 1987; WESTERHOFF, 1984).

Para a Organização Mundial de Saúde (1973), o reuso da água pode ser classificado em:

- reuso indireto: ocorre quando a água 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;
- reuso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquíferos e água potável;
- reciclagem: é o reuso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Na definição de May (2006), quando a água é para o reuso não gera o “esgoto-origem”, enquanto que na reciclagem a água para reuso gera o “esgoto-origem”. Ela também classifica o reuso em direto e indireto, como mostra Figura 05.

Lavrador Filho (1987), usa a seguinte terminologia:

d) Reuso direto planejado de água: ocorre quando os efluentes, após devidamente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso. Assim, sofrem em seu percurso os tratamentos adicionais e armazenamentos necessários, mas não são, em momento algum, descarregados no meio ambiente.

e) Reciclagem de água: é o 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. Westerhoff (1984, apud MANCUSO; SANTOS, 2003) classifica reuso de água em duas grandes categorias: potável e não potável. Esta classificação foi adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (apud MANCUSO; SANTOS, 2003) e será adotada também neste trabalho.

2.1.2.2 - Reuso potável

- reuso potável direto: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- reuso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, poluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento utilizado como potável.

2.1.2.3 - Reuso não potável

- Reuso não potável para fins domésticos: são consideradas aqui, as águas residuais ou residuárias descartadas que resultam da utilização para diversos processos. Exemplos destas águas são: águas residuais domésticas provenientes de banhos, de cozinhas e de lavagens de pavimentos domésticos. Brega Filho e Mancuso (2003) são a favor de que o reuso deste tipo de água servirá para rega de jardins residenciais, descargas sanitárias, reservas para incêndios, resfriamento de equipamento de ar condicionado e limpeza de pisos e calçadas.

Para Hespanhol (1997; MIERZWA, 2002; MAY, 2006; FIORI et al., 2006) o reuso de água depende de critérios recomendados ou de padrões que tenham sido fixados para determinado uso e, para isso, é necessário conhecer as características físicas, químicas e

biológicas das águas residuárias ou poluídas. Estes estudiosos defendem o reuso não-potável, por inúmeras razões que já foram citadas neste trabalho, mas, principalmente, para evitar o consumo de água potável em procedimentos em que seu uso é totalmente dispensável, podendo ser substituída, com vantagens inclusive econômicas, nas indústrias e grandes condomínios residenciais e comerciais.

Mesmo mantendo certos padrões de segurança sanitária, alguns especialistas preferem distinguir as águas negras das águas cinzas, dependendo de resíduos às quais estão agregadas. Segundo Fiori et al (2006), apesar das características mais definidoras, não há um conceito de água cinza que seja aceito internacionalmente. Para Ercole (2003), as águas residuárias são compostas por águas cinzas e águas negras. As águas cinzas são as águas servidas utilizadas para limpeza (tanque, pia e chuveiro), que têm contaminantes químicos (sabões, detergentes, biocidas, etc), sólidos em suspensão (terras, fibras, poeira, etc) e gorduras, óleos e graxas. As águas negras são as águas utilizadas nos vasos sanitários, com contaminação de origem orgânica.

May (2006) define as águas cinzas (*greywater*) como aquelas provenientes de edificações residenciais sem tratamento e sem contato com o vaso sanitário. Ela classifica as águas em claras e/ou escuras, conforme os resíduos encontrados nos efluentes, conforme Tabela 01.

Tabela 1 – Código de cores dos efluentes.

Tipo	Contaminante
Preto (black water)	Todos os efluentes domésticos misturados
Cinza escuro	Banho, lavatório, máquina de lavar roupa e cozinha
Cinza claro (Greywater)	Banho, lavatório, máquina de lavar roupa
Amarelo	Somente urina (mictório)
Marron	Somente fezes (sem urina)

Fonte: Henze e Ledin (2001), apud: May (2006)

May (2006) considera o reuso de águas cinzas e o aproveitamento de águas pluviais formas potenciais de

sustentabilidade ao conceito de conservação de água potável. Para a pesquisadora, quando se fala em reuso de água, deve-se responder a uma série de questões: O que é reuso? O que são águas cinzas? De onde coletar a água? Precisa tratar? Onde reutilizar? Respondendo a estas questões, têm-se as estratégias que serão necessárias para o empreendimento, além de ajudar na avaliação dos custos/benefícios do mesmo.

2.2 - Formas potenciais de reuso

Segundo Hespanhol (1999, apud MANCUSO&SANTOS, 2003), as possibilidades e formas potenciais de reuso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais e disponibilidade. Segundo o professor, somente “o reuso consciente e planejado de águas de baixa qualidade – águas de drenagem agrícola, águas salobras, águas de chuva e, principalmente, esgotos domésticos e industriais”, podem garantir a gestão dos recursos hídricos nacionais.

Para o professor, a coleta e a reutilização das águas pluviais apresenta-se, atualmente, como uma das alternativas mais viáveis no uso racional dos recursos hídricos. Assim como Hespanhol (2002), May (2006) também é adepta do aproveitamento das águas de chuva em edificações, principalmente no sudeste brasileiro (maiores índices pluviométricos) e nas grandes metrópoles, pois considera esse tipo de água ideal para o reuso devido aos baixos custos de tratamento, oferecendo poucos riscos à saúde humana.

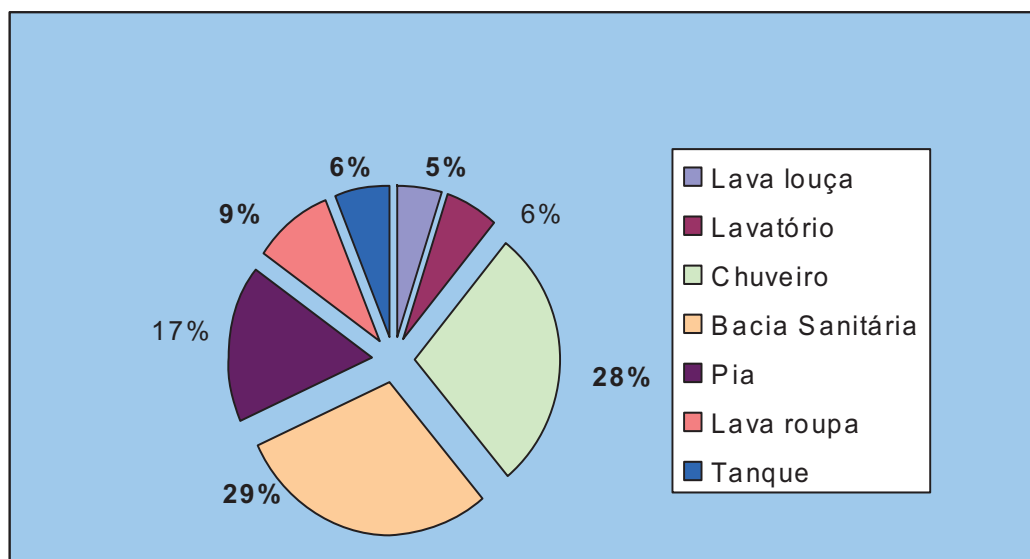
Baseando-se em estudos de Tomaz (2005) sobre reaproveitamento de águas de chuva, o uso das águas de chuva é uma das melhores alternativas para problemas de escassez de água potável no Brasil, mesmo sem uma legislação adequada para o uso destas águas e a falta de conhecimento dos profissionais sobre as técnicas apropriadas para a implantação do sistema. O uso alternado com as águas provenientes dos esgotos domésticos seria uma

solução para conservação da água de qualidade para fins nobres.

Também pesquisas do Programa de Saneamento Básico – PROSAB (2006) demonstram a necessidade de elaborar projetos de engenharia urbana, que incentivem o uso combinado desses sistemas e contribuam para diminuir o porte da instalação da estação de tratamento de esgotos: “A segregação de águas residuárias nas residências, por sua vez, permite soluções diferenciadas para o gerenciamento de água e de resíduos urbanos, aumentando a eficiência da reciclagem de água e de nutrientes. Águas marrons ou negras (fecais) segregadas das demais implicam em estações de tratamento menores, operando de forma mais estável e produzindo menos sub-produtos. Águas amarelas (urina) podem ser recuperadas sem tratamento, sendo utilizadas como importante fonte de nitrogênio na agricultura”.

Estudos de Rapoport (2004), sobre demanda e oferta de água no Rio de Janeiro (RJ), indicam que para a região metropolitana, até 2010 haverá uma demanda crescente de água e, desta forma, o reuso em médio prazo é uma possibilidade a ser considerada. A pesquisadora apontou a necessidade de se tomar medidas imediatas, pelos órgãos competentes, tais como aprovação de projetos com rede dupla de distribuição e tratamento com vistas ao reuso com segurança, para não faltar água de qualidade para consumo.

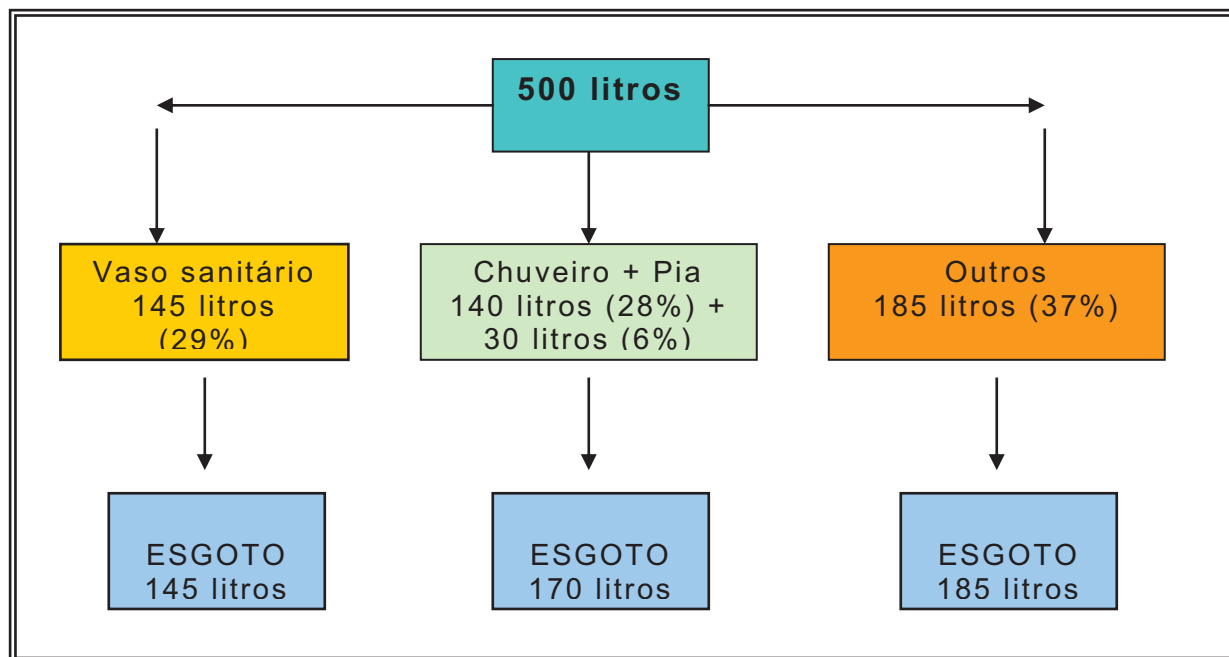
Favorável ao reuso das águas cinzas, Rapoport (2004) demonstra através de gráficos, que numa residência 29% da água consumida é direcionada para bacias sanitárias e 28% para utilização de chuveiros, e demais pontos de utilização, Figura 06.



Fonte: Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente (2002, apud Rapoport, 2004)

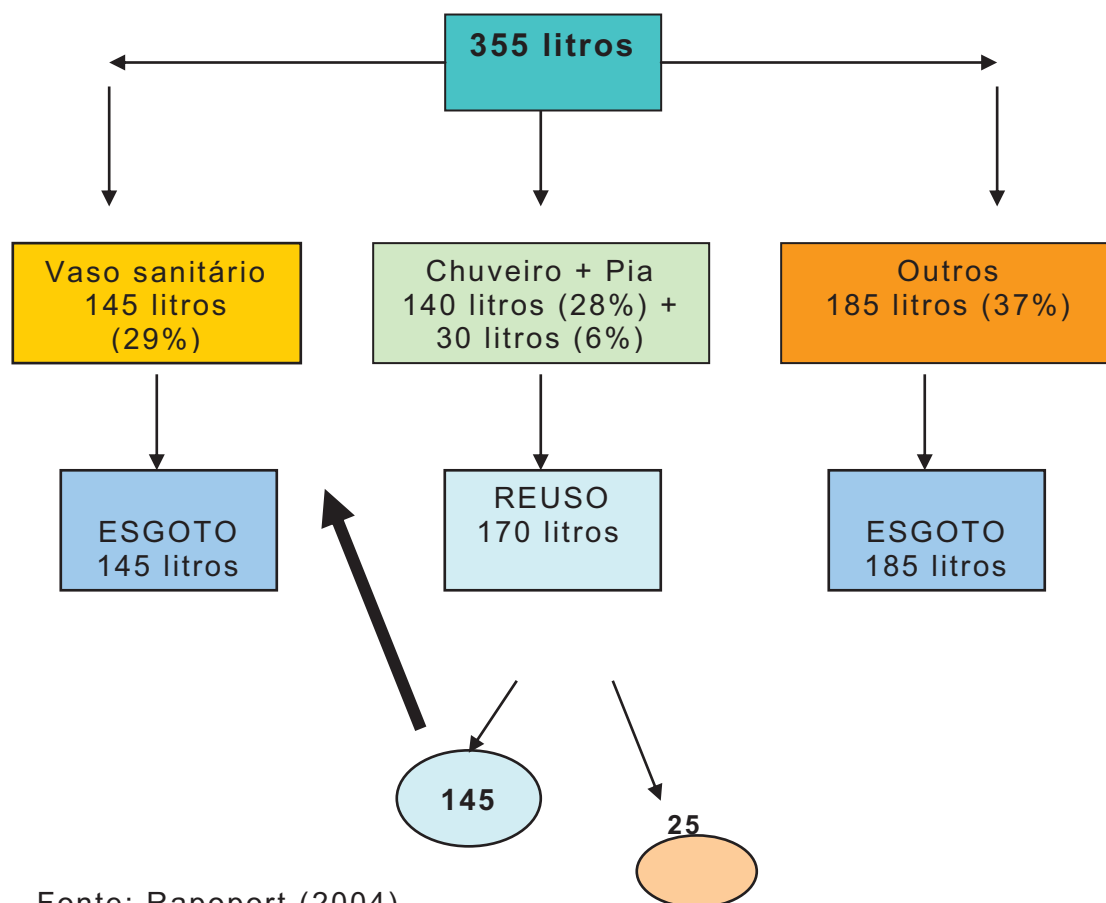
Figura 06 – Utilização de água em atividades domiciliares.

Desta forma, as águas cinzas provenientes de pias e chuveiros poderiam ser quase que totalmente aproveitadas nas bacias sanitárias. Além disso, Rapoport (2004), também esclarece que o sistema típico de tarifação do consumo de água nas grandes cidades brasileiras é calculado pelo que foi consumido multiplicado na maioria das vezes por dois, uma vez que o esgoto é tarifado na mesma conta. Desta forma, ao se reaproveitar um litro de água, diminui o consumo de água potável, ao mesmo tempo em que se economiza uma tarifa equivalente a dois litros na conta. A Figura 07 mostra a captação do insumo de água e a geração de esgoto em uma residência com consumo de 500 litros/dia. Com a aplicação do reuso de águas cinzas esta residência economiza 145 litros/dia do insumo água e esgoto, Figura 08.



Fonte: Rapoport (2004)

Figura 07 – Geração de esgotos em uma residência.



Fonte: Rapoport (2004)

Figura 08 – Economia de água com reúso de águas cinzas.

Para Hespanhol (2002 apud MANCUSO; SANTOS, 2003), todas estas alternativas de reuso contribuem para a proteção natural das águas dos mananciais, uma vez que eliminam-se as descargas de esgotos nas águas superficiais e acabam ainda protegendo o lençol freático e profundo. “Não há dúvida de que a utilização desses recursos hídricos não convencionais para usos benéficos diversos constitui prática de imenso valor potencial para diversas áreas do Brasil, tanto as situadas em regiões semi-áridas do Nordeste, como aquelas onde a oferta de água se tornou antieconômica, como ocorrem nas grandes aglomerações metropolitanas”.

2.2.1 - Usos urbanos para fins potáveis

A presença de organismos patogênicos, metais pesados e compostos orgânicos sintéticos na grande maioria dos efluentes disponíveis para reuso, principalmente os de origem de estações de tratamento de esgoto de grandes pólos industriais expressivos, levam Mancuso; Santos (2003), a associar o reuso potável a um risco muito elevado, tornando-o, praticamente, inaceitável (ver detalhes no item 2.4 deste trabalho, sobre “Qualidade das Águas”). E também os custos dos sistemas de tratamento avançados que seriam necessários levariam, na maioria dos casos, à inviabilidade econômica financeira do abastecimento público, não ocorrendo ainda garantia de proteção adequada da saúde pública dos consumidores.

A prática do reuso urbano para fins potáveis só poderá ser considerada, na opinião dos especialistas, com a garantia da operação dos sistemas de tratamento, distribuição e vigilância sanitária adequado, obedecendo estritamente aos seguintes critérios básicos Hespanhol (2002 apud MANCUSO; SANTOS, 2003):

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

2.2.2 Usos urbanos para fins não potáveis

Devem ser considerados como a primeira opção de reuso de água, pelas inúmeras razões apontadas neste trabalho, sendo a principal delas os riscos que envolvem a saúde humana. Mesmo assim, cuidados especiais devem ser tomados quando envolvem contatos direto do público com gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos de esporte. No terceiro capítulo serão apresentadas as avaliações para o sistema de reuso das águas potáveis e não potáveis.

Os maiores potenciais de reuso urbano para fins não potáveis Hespanhol (2002 apud MANCUSO; SANTOS, 2003) são aqueles que empregam esgotos domésticos tratados para:

- irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- irrigação de áreas jardinadas ao redor de edifícios públicos, residências e indústrias;
- reserva de proteção contra incêndios;
- sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água;
- descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- lavagem de trens e ônibus;
- controle de poeira em obras de execução de aterros, terraplenagem etc.;
- construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e estabelecer umidade ótima em compactação de solos.

Os problemas associados à conservação e ao reuso de água não potável, Hespanhol (2002 apud MANCUSO; SANTOS, 2003):

- “os custos elevados de sistemas duplos de distribuição;
- dificuldades operacionais;
- riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas.”

Quanto aos custos estes devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar

ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais para abastecimento público.

Neste contexto, a viabilidade do uso de água de chuva não pode ser descartada, tendo em vista os índices pluviônicos na região-objeto do estudo de caso, para tanto, segundo May (2006), é necessária uma análise de três itens principais: precipitação, área de coleta e demanda. Além disso, o reservatório de água de chuva, como será visto mais adiante, por ser um componente mais dispendioso do sistema, deve ser projetado de acordo com as necessidades do usuário e com a disponibilidade pluviométrica local para dimensioná-lo corretamente, sem inviabilizar economicamente o sistema.

O estudo de caso deste trabalho prevê a implantação do sistema de reuso no Edifício D.Júlia, onde será considerado o aproveitamento sazonal da água de chuva, concomitante ao reuso não potável para fins domésticos, ou seja, o aproveitamento das águas de chuva em épocas de grande precipitação pluviométrica, associado ao sistema de aproveitamento das águas residuais ou residuárias descartadas que resultam da utilização para diversos processos. São exemplos destas águas as residuais domésticas provenientes de banhos, de cozinhas, que serão utilizadas para bacias sanitárias e para lavagem de pavimentos domésticos, de veículos e calçadas.

Uma pesquisa, que tem estes objetivos, exige um levantamento dos níveis de tratamento de água e esgoto, critérios de reuso recomendados e sistemas de segurança a serem adotados, além dos custos de capital, operação e manutenção necessários para montagem do empreendimento. O reuso adotado também depende das características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

Em suma: é necessário apresentar as limitações quanto ao reuso da água em prédios residenciais, assim como as vantagens e desvantagens econômicas de sua aplicação em diversas situações,

demonstrando a viabilidade ou não da sua utilização. É o que será observado nos Estudos de implantação do sistema e viabilidade econômica.

2.3 - A legislação de reuso da água

O gerenciamento das águas é o conjunto de atividades que visam à obtenção, o tratamento, a aplicação, o manuseio e a divulgação de informações técnicas e científicas Val (2002). Do gerenciamento dependem o conhecimento e a apreensão da problemática envolvida nos usos das águas, bem como as características de uso e ocupação do solo e suas conseqüências sobre os diversos “caminhos” da água na natureza (precipitação, infiltração, escoamento superficial, escoamento em meios porosos subterrâneos, etc.).

Os cenários socioambientais advindos dos usos das águas e dos solos são distintos em cada uma das bacias hidrográficas, que são unidades territoriais de planejamento e gestão definidas pela Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – base legal da reorganização administrativa do estado brasileiro para o setor de recursos hídricos (água com uso e valor econômico). Tais cenários são distintos não só porque os cidadãos e as organizações sociais, públicas, privadas e não-governamentais são diferentes, mas, sobretudo, porque o solo, as rochas e, certamente, os peixes, insetos ou pássaros também são diferentes. Na realidade, tal qual a base cultural, o próprio desenvolvimento econômico é distinto de uma base hidrográfica para outra, chegando mesmo a variar na própria bacia.

Val (2002) entende que não há como dispor de uma dimensão de negociação social – estabelecida para gerir conflitos e manter um consenso de regras de vida em comum, interdependente, de vários interesses sobre a mesma quantidade disponível de água – sem que se conheçam detalhadamente a quantidade de água e os efeitos de um de seus usos sobre os outros e vice-versa. Por isso, a gestão de recursos hídricos torna-se mais objetiva e necessária, pois permite

que se focalize um determinado fator ambiental que traz, entre seus componentes, vestígios sobre o respeito mútuo para o bem comum a todos.

Na opinião de Val (2002), pela análise física, química e biológica das águas pode-se diagnosticar o avanço ou o atraso de uma sociedade, uma vez que tal análise revela os dotes, princípios éticos e morais que serão deixados para as gerações futuras; revela a preocupação com o futuro da biodiversidade e da espécie humana. No entanto, para o engenheiro sanitário, os profissionais ligados ao assunto em diferentes áreas, não estão fazendo seu “dever de casa”, tomando importantes e competentes medidas relacionadas à preservação deste recurso natural para a humanidade.

“É necessário saber, registrar, analisar informações e, como produto/resultado, gerar instrumentos analíticos a fim de dar suporte e elencar alternativas tecnológicas e locacionais para intervenções humanas (análise custo/benefício), numa dimensão social e ambiental conseqüente e sustentável. É preciso saber, registrar e analisar informações sobre todas as retiradas de água da natureza”. Val (2002)

A mesma análise deve ser realizada para os lançamentos de águas residuárias e de reuso, como também para os assentamentos urbanos, rurais e outros tipos de uso e ocupação do solo. As relações de causa e efeito e os desarranjos ambientais ocasionados devem ser explicitados, analisados e incorporados nas metodologias de implementação dos diversos instrumentos de gestão dos recursos hídricos previstos em lei.

A forma de gestão das águas implantada no Brasil foi concebida em São Paulo, estado em que a gestão hídrica, em certas bacias, é bastante crítica, principalmente em decorrência da poluição. Pompeu (2002). A política e o sistema de gerenciamento foram aprovados por lei em 1991, sendo, em seguida, difundidos pelo País, em especial pelas associações ligadas às águas, como Associação Brasileira - ABAS; Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES; Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH; Associação Brasileira - ABID e outras.

Em Minas Gerais, a Lei Estadual nº 13.199, de 1999, adotou a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão e pela tomada de decisões por agentes sociais regionais e locais. A filosofia, impressa na lei, é de que “a água é finita e vulnerável, em contraposição à idéia de que ela é infinita e renovável, como muitos de nós aprendemos na escola” Oliveira (2002). Outra mudança de paradigma diz respeito à determinação de que o comitê de bacia hidrográfica, formado por representantes do poder público estadual e municipal, dos usuários e da sociedade civil organizada, passe a ser o centro das decisões sobre a gestão das águas. O poder de definir quais as prioridades de investimentos e obras, entre outras medidas, é transferido do Estado para as mãos daqueles que residem no território da bacia.

Neste contexto, os municípios têm vital importância para a gestão das águas. Se os municípios não participarem do sistema apenas porque não têm a água sob seu domínio, será muito difícil para os Estados e a União montarem uma gestão integrada, mesmo com a participação dos usuários e da sociedade civil. “A maioria dos municípios é usuária das águas na área de saneamento e na de outros serviços, pois tem o uso e a ocupação do solo para gerir” Pompeu (2002).

Em Minas Gerais, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD, em conjunto com os órgãos colegiados – Conselho de Política Ambiental - COPAM e Conselho Estadual dos Recursos Hídricos - CERH, é responsável pela organização e pelo incentivo da Política de Recursos Hídricos do Estado. Vinculados a SEMAD estão o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, a Fundação Estadual de Meio Ambiente - FEAM e o Instituto Estadual de Florestas - IEF. Cada um deles com agendas distintas, mas compondo um sistema ambiental estreitamente interligado.

A missão do IGAM, “é promover e executar a gestão de recursos hídricos, cujos aspectos principais são a descentralização e a gestão compartilhada”. Ele é parte integrante do Sistema Estadual

de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SEGRH, criado pela Lei nº 13.199, de 1999, e um dos executores da Política Estadual de Recursos Hídricos. Como órgão gestor, o IGAM tem atuado nas bases e em estreita parceria com os comitês de bacias, estabelecendo o cadastro de usuários de água. Extremamente importante esse cadastro possibilita a construção do balanço hídrico de determinada região e facilita a solução de conflitos por uso da água.

O aumento da preocupação e da conscientização das autoridades mineiras sobre o uso racional da água pode-se constatar através dos avanços mais recentes da legislação ambiental mineira, como o decreto nº 41.203, de 2000 e as leis nº 14.181 e 14.309, de 2002. O decreto veio regulamentar a Lei 10.545, de 1991, que trata de produção, comercialização e uso de agrotóxicos. Já as duas leis dispõem sobre as políticas estaduais de florestas e proteção à biodiversidade nº 14.309, de 2002 e de proteção à fauna e à flora aquática e de desenvolvimento da pesca e da agricultura nº 14.181, de 2002.

Milaré (2001) argumenta que as novas disposições legais estão superando a mentalidade, ainda existente na Administração Pública, de valorizar mais a gestão da quantidade de recursos hídricos do que a gestão da qualidade, considerando-se também o uso múltiplo das águas e não somente para fins energéticos. Para o autor, os art. 9º e 10 da Lei da Política de Recursos Hídricos, estabelecidas pela legislação ambiental, incorporou a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 020/86, que possibilita, através dos Planos de Recursos Hídricos: “assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.” Milaré, (2001).

No âmbito federal, a Lei nº 9433/97 passou a cobrar pelo uso da água em empresas que tiram água direto dos rios sob domínio da união. Outra lei que deve ser considerada, muito embora não seja específica sobre gerenciamento dos recursos hídricos, é a Lei de

Crimes Ambientais, nº 9.605, de 12/02/1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades que lesam o meio ambiente. Na seção III, do Capítulo V, “Dos crimes contra o meio ambiente”, trata da poluição de qualquer natureza, “que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora”. Estão sujeitos a pena de reclusão, que podem variar de um a cinco anos, os responsáveis pelos crimes de poluição hídrica que:

- Tornem necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade;
- Dificultem ou impeçam o uso público das praias;
- Ocorrerem por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos.

Com a criação da Agência Nacional de Águas - ANA – Lei 9.984, do Ministério do Meio Ambiente, foram patrocinados programas que permitem o levantamento da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos existentes no Estado de Minas Gerais. A ANA é um órgão implementador da Política Nacional dos Recursos Hídricos e tem a função de “regular o uso de recursos hídricos de domínio federal e, ao mesmo tempo, assegurar que os outros atores estejam cumprindo também a sua missão para o efetivo funcionamento do sistema”. Milaré (2001)

A Constituição prevê a possibilidade do município legislar sobre questões referentes aos recursos hídricos, em questões não contempladas pelas leis federais e estaduais e sempre que se tratar de assuntos relativos ao interesse local. Cabe aos vereadores, segundo Costa (2005), “regulamentar a legislação ambiental, definindo punições e multas para aqueles que insistem em poluir cursos dá água, e articular com o executivo o controle e a fiscalização no município”.

Para resolver questões relativas aos recursos hídricos no âmbito municipal, Costa (2005) sugere a criação de uma secretaria ou departamento exclusivo que será encarregado de fazer um

levantamento das áreas de proteção ou aquelas degradadas e de risco do município, cadastrando também os usuários das águas. A equipe responsável deve manter-se atualizada sobre a legislação em vigor e ter acesso a informações referentes aos debates estaduais e federais.

A gestão dos recursos hídricos no município deve ter também a participação e o apoio da sociedade civil:

[...] é fundamental que o município promova a organização dos usuários, divulgando a legislação existente, bem como conscientizando-os sobre a situação real no município, incentivando a busca de soluções para os problemas e um planejamento para evitar problemas futuros. “Campanhas de educação ambiental tanto nas escolas, quanto nos meios de comunicação e nos espaços de trabalho, buscando uma utilização mais racional da água, evitando o desperdício e controlar a poluição dos mananciais, são medidas eficazes” Costa (2005) .

Outra sugestão de Costa (2005) é a montagem de Conselhos Municipais de recursos hídricos, composto não só por representantes de órgãos públicos estaduais e municipais, mas também por pessoas da sociedade civil, que poderão discutir ações públicas referentes à captação e tratamento da água para consumo até a coleta e tratamento dos esgotos, bem como controles dos vetores de doenças transmissíveis, reservatórios e destinação final do lixo.

O Manual de Gestão Ambiental em Minas Gerais Marcatto; Ribeiro (2002) demonstra a necessidade da implementação nos municípios de instrumentos importantes e eficientes no controle e recuperação do meio ambiente, como o Plano Diretor (para municípios com população acima de 20.000 habitantes), o Código de Obras, a Lei do Uso e Ocupação do Solo, a Lei do Parcelamento do Solo, o Código de Posturas Urbanas, o Alvará de Funcionamento e os Indicadores de Qualidade Ambiental. Muitos desses instrumentos já são suficientes para garantir um meio ambiente saudável para a população, desde que sejam analisados e implementados de maneira

correta e legal, notadamente, pelos profissionais ligados à área de gestão dos recursos hídricos.

Na opinião de Oliveira (2002), com a participação popular, o aperfeiçoamento da legislação e a educação ambiental, entre outras ações, a gestão dos recursos hídricos poderá ser uma realidade, apresentando resultados favoráveis ao desenvolvimento sustentável do meio ambiente. Mas para tanto, deve ser ético, ter legitimidade e credibilidade, fiscalizando as ações de seus representantes nas instâncias de decisão. Uma das necessidades apontadas por parte daqueles que participam do sistema, direta ou indiretamente, é a de compreenderem a legislação e saberem o papel que cabe a cada um nessa estrutura. Informação e conhecimento são, portanto, as duas palavras-chave, o ponto de partida para quem participar mais e intervir, de fato, na gestão das águas.

Por outro lado, é fator preocupante do poder público, principalmente nas grandes cidades, o respeito ao meio ambiente antes, durante e após a ocupação de terrenos, especialmente nas imediações dos cursos d'água, seja por assentamentos informais ou ocupações ilegais, seja para a utilização de recursos naturais ou a construção de uma obra. O licenciamento ambiental, segundo Loturco (2002), "é aplicado a empreendimentos que utilizam recursos naturais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou àqueles que possam causar degradação".

Neste caso, o órgão competente em questão verifica a adequação de um projeto ao meio ambiente e licencia, em etapas, a localização, a instalação, a operação ou a ampliação do empreendimento. Se no terreno houver árvores ou cursos d'água possivelmente as restrições serão maiores, dependendo do grau de degradação da área ocupada. Áreas com abundância de vegetação ou de preservação permanente são consideradas como locais com restrições severas para a ocupação, impróprias à implantação de vias e edificações. Para isso, os empreendimentos localizados em áreas urbanas devem apresentar certidão da prefeitura favorável à atividade.

Os únicos casos que exigem licença em âmbito federal são os que envolvem áreas de preservação permanente, as APP. Essas áreas foram definidas em Resolução de março de 2002 do CONAMA e são consideradas essenciais à conservação de mananciais, nascentes e cursos d'água e por isso não podem sofrer exploração econômica direta. Áreas marginais a rios, os mangues, dunas e restingas, as escarpas, os cumes e bases de morros e chapadas ou tabuleiros são considerados áreas de preservação permanente. Assim como locais com “função ambiental de preservar recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (CONAMA, 2002).

Quando qualquer tipo de intervenção nesses locais é necessário, o IBAMA, representando o poder federal, deve ser ouvido para emissão de licença. Em alguns casos há o licenciamento se o empreendimento apresentar documentos e memoriais descritivos além de eventuais propostas de medidas compensatórias.

É muito difícil, na opinião de Hespanhol (2002), desenvolver uma legislação nacional relativa a reuso no Brasil, devido ao tamanho do território brasileiro. É mais provável o estabelecimento de atividades de planejamento e gestão e projetos de reuso ao nível estadual e municipal, junto às respectivas secretarias, para controle da qualidade dos efluentes utilizados pela população.

2.3.1- Outorga de direito de uso dos recursos hídricos

Para Milaré (2001; MANCUSO&SANTOS, 2003; GARRIDO, 2002), a outorga é um instrumento de gestão que objetiva garantir o controle quantitativo dos usos dos recursos hídricos, ao mesmo tempo em que garante o efetivo exercício do direito do usuário de acesso a esses recursos.

As outorgas estão condicionadas às prioridades de usos estabelecidos nos planos diretores de recursos hídricos e devem respeitar a classe (ver mais informações em “Qualidade das Águas”

deste estudo) em que o corpo de água estiver enquadrado, além da manutenção, quando for o caso, das condições para o transporte aquaviário. “A outorga não pode ser expedida se, deste ato, decorrer prejuízo para os usos múltiplos da água, consoante a vocação da bacia ou região hidrográfica”. Garrido (2002).

A outorga de direito de uso da água tem por finalidade disciplinar e racionalizar o seu uso, compatibilizando-o com a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica. É através do instrumento de outorga que o setor público pode conhecer e controlar as quantidades de água utilizadas pelos usuários múltiplos. A importância da outorga também reside no fato de que se pode, por seu intermédio, atenuar ou mesmo eliminar os conflitos de uso, via de regra motivados pela escassez da água em relação à sua demanda em algumas bacias hidrográficas.

Estão sujeitos ao regime da outorga os usos seguintes: (I) derivação ou captação de parcela da água existente em um manancial para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; (II) extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; (III) lançamento em corpo d'água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; (IV) aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; e (V) outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo d'água Milaré (2002).

Outros usos não consultivos da água, tais como a pesca, a navegação, a recreação, o lazer e o turismo, não constituem objeto de outorga. Não necessitam de outorga também aqueles usos para a satisfação de pequenos núcleos habitacionais dispersos no meio rural, além daquelas derivações, captações, lançamentos e acumulações de água consideradas insignificantes.

A experiência brasileira mostra que as outorgas têm faculdade de reduzir conflitos. Para Garrido (2002), a filosofia por trás desta afirmação se apóia no fato, constatado em pesquisas, segundo o qual os usuários competidores estão sempre mais próximos de um

conflito quando o setor não está organizado. Ora, o ato de outorga é o primeiro e mais concreto indício dessa organização, dado que tem a propriedade de alertar os usuários e demais interessados para a existência de um árbitro para as disputas, árbitro esse que desempenha a sua função com critérios bem definidos, aplicados a todos indistintamente.

Quanto às águas de chuva, Tomaz (2005) cita o comentário de Silva e Pruski (2000) que diz: “se as águas de chuvas caírem em um terreno privado, ao seu proprietário inicialmente pertencerão. Se caírem em terrenos ou lugares públicos, todos poderão ir apanhar as águas pluviais”. Essas determinações ainda estão baseadas no Código das Águas de 1934 (Decreto 24.643) e, somente agora está sendo atualizado em vista da necessidade, cada vez mais crescente, do reuso de águas pluviais.

O paradoxo entre as “enchentes e a falta de água” nos grandes centros urbanos, transformou o conceito do manejo da água de chuva, mantendo-a onde ela cai. Ou seja, o “impacto zero” um lote urbanizado e edificado não poderia despejar mais água de chuva para o sistema de drenagem do que ele o fazia em estado natural.

O Projeto de lei n.01- 0320/1997, da Câmara Municipal de São Paulo (SP), prevê a construção de reservatórios construídos de acordo com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, para armazenamento das águas pluviais no limite das propriedades privadas ou públicas, diminuindo a sua descarga na rede de esgotos. Os prédios e construções deverão ter uma área impermeabilizada superior a 500 m² e sua capacidade calculada com base na área de captação (somatória das áreas de cobertura e pavimentos descobertos) e numa precipitação horária de 80 mm. A água que exceder esta medida poderá ser descartada na rede.

A crescente impermeabilização do solo aumenta a velocidade com que a água de chuva desloca-se para os rios e córregos. Na impossibilidade de reorganizar a ocupação racional e sustentável das grandes cidades são importantes e simples medidas, de baixo custo, com o objetivo de facilitar a retenção de água pelo solo, reduzir a

velocidade de recarga dos rios e aproveitar a água de chuva. Esta é a base de todo projeto e da legislação pertinente ao reuso de águas pluviais.

Preservar ao máximo as áreas verdes urbanas, tais como praças e parques, construindo as “calçadas verdes” e os “piscinões”, que funcionam muito bem, com as restrições de seus elevados custos.

2.3.2 - Cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos

A cobrança pelo uso da água é um dos instrumentos mais importantes na gestão dos recursos hídricos. O instrumento da cobrança concorre para o equilíbrio entre a oferta e a demanda desses recursos na bacia ou região hidrográfica. Além de ser utilizada com finalidade de racionalizar o uso, a cobrança pelo uso da água atua, também, como mecanismo eficiente de redistribuir os custos sociais de forma mais eqüitativa; para disciplinar a localização dos usuários; promover o desenvolvimento regional integrado nas suas dimensões social e ambiental; incentivar a melhoria nos níveis de qualidade dos efluentes lançados nos mananciais.

A cobrança pelo uso da água conduz a uma racionalização do consumo, porque o desperdício que se praticava antes da sua implementação, passa a ser contabilizado pelo usuário como prejuízo.

Para Tomaz (2005; MANCUSO&SANTOS, 2003; GARRIDO, 2002), o reconhecimento de que a água é um bem econômico - e, portanto, tem um valor de uso e um valor de troca - só se materializa através do instrumento da cobrança pelo uso da água. É com base nesse instrumento que o poder público pode melhorar a alocação entre seus múltiplos usuários, bem como o seu uso nas suas dimensões quantitativa e qualitativa. Cobrar pelo uso da água bruta é uma mera extensão do conceito de valor econômico universalmente reconhecido em relação a outros bens como, por exemplo, os

recursos minerais. De fato, o instrumento de cobrança pelo uso da água é uma forma usual da sociedade impor um bem escasso ao regime de mercado. Nesse sentido, a cobrança pelo uso da água não chega a ser algo novo, pois sempre que o homem se defrontou com a escassez de algum bem, foi submetendo-se à lei da demanda e da oferta, e ao preço desta resultante, que se encontrou uma forma eficiente de regular suas transações na economia.

A cobrança pelo uso da água deve considerar a finalidade a que se destinam os recursos hídricos, a disponibilidade hídrica e a classe de enquadramento de uso do corpo receptor local, bem como o programa de investimentos necessários à boa operacionalidade no uso da bacia, através do grau de regularização ou da vazão de diluição de poluentes assegurados por obras hidráulicas ou ações específicas.

O lançamento de efluentes, urbanos e industriais, para os fins de diluição e afastamento, sendo um dos usos múltiplos da água, também será objeto da cobrança, estimulando a adoção de tecnologias limpas. Daí porque se costuma afirmar que a cobrança pelo uso da água é capaz de produzir, juntamente com outros resultados, a melhoria dos efluentes descartados nos corpos d'água.

Segundo Tomaz (2005), uma tarifa crescente *incentiva* a conservação de água, através do emprego de novas tecnologias para diminuir o custo do consumo, assim como os regulamentos de instalações prediais, códigos e leis. O autor argumenta que quanto maior a eficiência do uso da água, mais haverá liberação dos suprimentos de água para outros usos, tais como tratamento de esgoto, recomposição da mata ciliar, controle da erosão, trabalhos de educação ambiental e outros.

2.3.3 – A classificação das águas e o reuso

Foi mencionado por diversos autores, ao longo deste trabalho, que para definir a qualidade da água e seus possíveis usos, projetar sistemas de tratamento e controlar a eficiência dos mesmos, regular

os usos das águas e preservar as fontes de água potável, precisa-se atender às suas características físicas, químicas e biológicas.

Estas características encontram-se definidas na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, que revogou a Resolução nº 20 do CONAMA, de 18 de junho de 1986, classificando a água em três grandes categorias: doces, salinas e salobras, de acordo com suas utilizações e respectivos padrões de qualidade. Estas categorias estão subdivididas em classes (1, 2, 3 e 4); duas para as águas salinas (classes 5 e 6); e duas para águas salobras (classes 7 e 8), Fink; Santos (apud MANCUSO&SANTOS, 2003):

Segundo estes autores, a única água “que não pode ser indicada para *reuso* é a Classe Especial, já que, por sua natureza, as águas pertencentes a essa classe são reservadas ao uso primário inicial”; isto significa que são águas naturais, “destinadas ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção, bem como à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas”.

A Resolução do CONAMA nº 357 classifica as águas de domínio público e seus usos preponderantes:

I – Classe Especial: Água destinada ao consumo humano e abastecimento doméstico com simples desinfecção. Águas dessa classe propiciam o equilíbrio natural das comunidades aquáticas;

II Classe 1 – São as águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado. É adequada a vida das comunidades aquáticas, permite atividades de recreação como a natação, o esqui-aquático e mergulho. As águas classificadas nesse grupo devem ser usadas para irrigação de hortas de verduras consumidas cruas e de frutas, como o morango que se desenvolvem junto ao solo, e que são ingeridas cruas sem remoção de casca;

III Classe 2 – São águas destinadas ao abastecimento após tratamento convencional, é adequada a vida aquática e permite a recreação, como esqui-aquático, natação e mergulho. É apropriada a irrigação de hortaliças, frutas em geral e a agricultura;

IV Classe 3 – São as águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional ou avançado, adequadas à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e a dessedentação de animais;

V Classe 4 – São águas destinadas apenas a navegação, compõem a harmonia da paisagem e eventuais outros usos que não interferem diretamente com o contato com a pele e a alimentação humana.

A Resolução 357 do CONAMA (2005) também estabelece outras classes onde são enquadradas as águas salinas e salobras (com mais de 0,5% de salinidade) que não são apropriadas ao abastecimento (e não fazem parte deste estudo). É importante salientar que esta Resolução regulamenta os procedimentos para o lançamento de efluentes nos corpos de água e define as concentrações máximas para o lançamento de algumas substâncias, como veremos mais adiante.

De acordo com estas normas, cada classificação exige certos padrões de qualidade, contudo, há alguns critérios gerais defendidos por Blum (apud MANCUSO&SANTOS, 2003), cujos objetivos são:

- 1º) Assegurar a saúde pública, de acordo com a maior ou menor exposição ou nível de contato do ser humano com a água recuperada. A maior parte dos critérios adotados está baseada na segurança microbiológica ou bacteriológica.
- 2º) Apresentar uma qualidade estética, para uma boa aceitação da água pelo usuário. Isto significa uma água com características semelhantes ou iguais à água potável (cor, turbidez e odor);
- 3º) Preservar o meio ambiente, para não comprometer a qualidade ambiental;
- 4º) Evitar fontes de água que não atendam aos padrões de qualidade e quantidade;
- 5º) Adequar a qualidade da água ao uso pretendido.

Além dos parâmetros estabelecidos pela Resolução do CONAMA, algumas regras específicas podem ser acrescentadas por órgãos e agências de controle ambiental, com a intenção de proteger o meio ambiente e garantir os níveis de tolerância para os seres vivos. Também algumas decisões regulamentadoras são fundamentadas por conjunturas políticas, pela percepção da população, por crenças ou tendências pessoais e pelos aspectos de custo.

Estudos de Crook (1993) sobre os critérios de recuperação da qualidade da água no Estado da Califórnia (1979) e da Flórida (1989), nos Estados Unidos, indicam uma preocupação desse país com a desinfecção e tratamento das águas antes de serem reutilizadas, que aumentam na medida em que seja mais provável o contato humano com água para reuso.

Crook (1993) observa que os critérios de qualidade das águas diferem bastante de um país industrializado para outro em desenvolvimento, por questões como “viabilidade econômica, tecnologia disponível, nível geral da população e características políticas e sociais”. Os critérios dos países industrializados garantem um alto grau de segurança de proteção à saúde, enquanto para países em desenvolvimento, onde as infecções parasitárias são endêmicas, as orientações recomendadas pela OMS para o reuso da água são consideravelmente menos restritivas, sendo dirigidas principalmente para a remoção de helmintos.

Tomaz (2005) baseando-se no Código Sanitário do Estado de São Paulo (Decreto 12.342, de 27/09/1978, no seu artigo 12, item III), esclarece que o sistema não-potável resultante das águas pluviais não deve ser misturado ao sistema de água potável. A legislação parece óbvia tanto para o que se refere ao aproveitamento das águas pluviais, quanto às águas residuárias. Ao considerar o artigo 19, que proíbe a introdução das águas pluviais nas redes de esgoto, o autor lembra que o aproveitamento de parte das águas pluviais em água não potável, “não impede o lançamento nos esgotos sanitários e a concessionária dos serviços de água e esgoto passará

a cobrar a estimativa do novo volume de esgoto que é lançado no coletor”. No entanto, quando a água pluvial é usada em substituição à água potável, os esgotos resultantes são classificados como esgotos sanitários podendo, portanto, ser lançados nas redes públicas de esgotos.

Também Tomaz (2005) explica que, na maioria das grandes cidades brasileiras, os primeiros 10m³ de água são subsidiados pelo serviço público, diminuindo o custo da água para o consumidor, o que na opinião do autor, não incentiva o uso da água de chuva. Além disso, este aproveitamento é mais viável em grandes áreas comerciais e industriais ou em prédios de apartamentos com grande consumo de água potável, pelos custos dos investimentos.

2.4 - Qualidade das águas

Como visto, a qualidade desejável de uma determinada água é função do seu uso previsto. Para Felizatto (2001), dependendo deste reuso, os obstáculos potenciais são maiores ou menores à saúde, como demonstrado na Tabela 02.

Tabela 02 - Categorias de Reuso de Esgotos Domésticos

Categoria	Aplicações	Obstáculos potenciais
Irrigação na agricultura	Plantio de forrageiras, plantas fibrosas e grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas.	Efeitos da qualidade da água, principalmente no teor de sal e alguns metais pesados no solo e nas colheitas. Dificuldade de mercado e aceitação pública do produto.
Irrigação Paisagística	Parques, cemitérios, campos de golfe, faixas de domínio de auto-estradas, <i>campi</i> universitários, cinturões verdes, gramados residenciais.	Preocupação com a saúde pública relativa à patógenos (bactérias, vírus e parasitas). Poluição das águas superficiais e subterrâneas (se não for apropriadamente administrado). Alto custo devido a necessidade de grandes áreas, incluindo as áreas de controle.
Usos industriais	Refrigeração, alimentação de caldeiras e trocadores de calor, lavagem de gases, água de processamento.	Corrosão e crescimento microbiológico. Preocupação com a saúde pública em especial com a transmissão via aerossóis de patógenos na água de refrigeração.
Recarga de Aqüíferos	Reabastecimento de aqüíferos potáveis, controle de intrusão marinha, controle de recalques de solos.	Compostos orgânicos na água recuperada e seus efeitos toxicológicos. Sólidos totais dissolvidos, nitritos/nitratos e organismos patógenos.

Categoria	Aplicações	Obstáculos potenciais
Usos ambientais e recreativos	Represas e lagos ornamentais para fins recreativos e desportivos; aumento de vazão em pântanos, alagados e indústrias de pesca.	Preocupação com a saúde pública relativo a patógenos (bactérias, vírus e parasitas). Eutrofização no lago ou reservatório devido a Nitrogênio e Fósforo. Toxicidade para a vida aquática. Estética incluindo o odor.
Usos urbanos e não potáveis	Água para combate a incêndio, descarga de vasos sanitários, refrigeração de sistemas de ar condicionado, lavagem em geral de cidades (de ruas, ponto de ônibus, etc.)	Preocupação com a saúde pública em especial com a transmissão via aerossóis de patógenos. Corrosão e crescimento microbiológico.
Uso potável	Misturando no reservatório de água bruta afluente a ETA ou suprindo diretamente a rede de água potável.	Traços de compostos orgânicos na água recuperada e seus efeitos toxicológicos. Estética e aceitação pública. Preocupação com a saúde pública em especial com a transmissão de vírus.
Uso diverso*	Aqüicultura, fabricação de neve, construção civil pesada, controle de poeira em estradas e dessedentação de animais.	Preocupação com a saúde pública relativo a patógenos (bactérias, vírus e parasitas).

(*) exceto esta linha, as outras estão na ordem decrescente de volume de uso

Fonte: adaptado de Metcalf & Eddy (1991); Souza (1997) e Asano (1991), apud: Felizatto, M.R. – ABES – Trabalhos Técnicos (2002).

Para Felizatto (2001), os obstáculos potenciais evidenciam a preocupação com a saúde pública, cujos padrões e orientações para reuso da água são baseados no controle de microorganismos patogênicos, sendo que o tratamento requerido aumenta na medida em que seja mais provável o contato direto íntimo do ser humano (e de outros seres vivos) com a água destinada ao reuso.

O autor lembra que esta preocupação evoluiu durante o século XX, especificamente a partir de 1960, quando pesquisas contínuas e intensivas, motivadas pelas pressões de regulamentações e da escassez de água nos mananciais em várias regiões do planeta e a conseqüente diminuição da água captada, agregado ao aumento no consumo de energia elétrica necessário para recalque e transporte da água.

Gondini (1998) estuda a qualidade das águas considerando desde as condições naturais da bacia hidrográfica até as atividades humanas desenvolvidas na região. Para o autor, principalmente nos

casos de águas de chuva, quanto maior for o grau de ocupação do solo maior são os riscos de contaminação do manancial, aumentando as substâncias químicas nocivas, com altos teores de nitrogênio e fósforo e o risco de coliformes fecais.

Entre as pesquisas mais significativas, Felizatto (2001) cita o reuso de efluentes secundários para irrigação de vegetais em Israel; a de reuso potável direto, em Windhoek, na Namíbia, onde um terço da água recuperada foi utilizada com êxito para o abastecimento da cidade. E, em 1971, nos Estados Unidos, com aprovação do Congresso onde foram feitas inúmeras pesquisas com a finalidade de “restaurar e manter a integridade física, química e biológica das águas da Nação” Asano e Levine (1996, apud FELIZATTO, 2001).

Para Hespanhol (2002, apud MANCUSO&SANTOS, 2003), no entanto, o objetivo básico de se estabelecer regulamentos e diretrizes relativas à saúde pública não é aplicar a lei de maneira absoluta em todos os países. Os regulamentos são abordados de acordo com “o desenvolvimento científico e tecnológico, condições e restrições de ordem econômicas, e em associação a alterações de tendências de aceitação ou rejeição de práticas, que afetam os valores culturais da sociedade”. As normas visam fornecer uma referência comum para o estabelecimento de padrões nacionais e regionais: “Possuem uma característica consultiva baseada no estado-da-arte da pesquisa científica e de estudos epidemiológicos, e não devem ser confundidas com padrões legais”.

Blum (2003, apud MANCUSO&SANTOS, 2003), também esclarece que não podemos medir a qualidade da água para consumo humano apenas pelos seus efeitos sobre a saúde, pois “não se dispõe de padrões de potabilidade para todos os constituintes de uma água”, muito menos os efeitos de associação de substâncias ou a definição de métodos de análise confiáveis para o uso pretendido. Estes métodos exigem pesquisas epidemiológicas demoradas e muito caras.

Outro fator que deve ser considerado segundo Blum (2003, apud MANCUSO&SANTOS, 2003), é evitar o desperdício e o uso

impróprio da água tratada, ou seja, a adequação da água a determinado tipo de reuso exige um conhecimento sobre suas características e seus efeitos, assim como o levantamento dos riscos para o fim que se pretende, além da avaliação dos custos e benefícios do empreendimento.

“Para tanto, é imprescindível ter à disposição os dados sobre qualidade e quantidade da água captada e sobre o efluente lançado para o meio ambiente. Com essas informações pode-se calcular facilmente o volume de água perdido ou incorporado aos produtos e a quantidade de substâncias químicas adicionadas à água durante sua utilização. Elas podem ser avaliadas individualmente, por meio de cada parâmetro, físico, químico e/ou biológico, ou por um único parâmetro que represente um conjunto de substâncias, que simplifica a elaboração do balanço material”. Água na Indústria, uso racional e reuso (2005).

Em vista das considerações de diversos especialistas Hespanhol (2003; BLUM, 2003; GONDINI 1998; MAY, 2006; LUDMILA 2008), conclui-se que a opção pelo reuso não-potável indireto é o mais seguro, cujos critérios gerais de qualidade podem ser facilmente determinados dependendo do uso a que se destina, desde que resguardadas algumas exigências mínimas para uso que não deve: “apresentar odores desagradáveis”; “ser abrasiva”; “manchar superfícies”; “formar incrustações”; “proporcionar riscos à saúde de seus usuários”. Manual Sinduscon (2006 apud MAY, 2006).

Mesmo esse padrão mínimo de qualidade exige “um bom conhecimento sobre as peculiaridades desses usos, especialmente sobre as características, ou parâmetros de qualidade, que interferem em cada um deles” Blum (2003 apud MANCUSO&SANTOS, 2003), para segurança sanitária, proteção ao meio ambiente e à saúde do usuário, além de evitar prejuízos aos equipamentos e aos custos do empreendimento.

Não custa lembrar que, segundo Leme (2003 apud FORESTI, 1980), é importante antes de iniciar qualquer obra ou projeto de recuperação das águas pluviais ou cinzas que as soluções

tecnicamente arrojadas devem ser propostas apenas onde e quando as demais condições de contorno são favoráveis, o que torna compatível sua aplicação. “Da mesma maneira, para que o estudo de alternativas seja sério, é necessário que as opções sejam sanitariamente comparáveis, isto é, visem atingir o mesmo objetivo quanto ao aspecto sanitário”.

Isto significa, para o autor, que ao se deparar com dados inconsistentes, de hipóteses mal formuladas, ou de estudos incompletos chega-se, invariavelmente, ao projeto e construção de sistemas tecnicamente insatisfatórios e/ou economicamente inviáveis após implantados.

Do Relatório Técnico Preliminar Foresti (1980) que se faz normalmente para implantação do sistema de esgotos sanitários são colhidos dados relativos às características fisiográficas e sócio-econômicas da região, informações sobre o sistema existente, são elaborados estudos sobre as alternativas possíveis e selecionado o sistema adequado. Nesta fase o sistema é concebido e escolhida a solução dentre as opções estudadas.

A elaboração do ante-projeto compreende o estudo e desenvolvimento detalhado da solução recomendada. Ele deve apresentar as justificativas da solução adotada, as etapas de construção e incluir desenhos, cálculos e peças gráficas que esclareçam a solução.

Os Estudos de Viabilidade Econômico-Financeira têm por objetivo fornecer os elementos suficientes e capazes de esclarecer a viabilidade econômico-financeira das obras a serem executadas.

2.4.1 – Critérios de adequação ao uso

Por ser o solvente universal, a água nunca é encontrada em estado de absoluta pureza. É importante lembrar também que a técnica ou técnicas de tratamento para obtenção de água com um determinado grau de qualidade depende dos compostos que se

deseja remover da água sendo que, quanto maior o grau de pureza desejado para a água, mais complexo se torna o tratamento.

Como visto, as análises mais comuns de qualidade da água são físico-químicas e biológicas. Todas elas já devem ser previstas nas etapas de desenvolvimento de um Programa de Conservação e Reuso de Água - PCRA, como nos recomendam diversos especialistas no assunto, entre eles Blum (2003; RAPOPORT, 2004; FIORI, 2006; MANUAL DO SINDUSCON, 2006).

Na implantação de um PCRA, a (FIESP/CIESP, 2004) considera o conhecimento pleno do uso da água (quantitativo e qualitativo) em todas as edificações, áreas externas e processos, de maneira a identificar os maiores consumidores e as melhores ações de caráter tecnológico a serem realizadas, bem como os mecanismos de controle que serão incorporados ao Sistema de Gestão da Água estabelecido. Deve-se também verificar as perdas físicas da água, que ocorrem principalmente em tubulações, conexões, reservatórios e outros equipamentos do sistema. Deve-se realizar testes para detectar as perdas físicas e garantir a manutenção dos índices de consumo obtidos e da qualidade da água fornecida. No Capítulo III deste estudo serão especificados os detalhes das ações de manutenção preventiva e corretiva ao longo do tempo de vida do projeto.

Baseando-se na Portaria nº 36 do Ministério da Saúde, Gondini (1998), caracteriza os **parâmetros físicos** da água pela cor, turbidez e PH:

- *Cor*: pode ser causada pela presença de substâncias metálicas como o ferro e o manganês, matérias húmicas, taninos, algas, plantas aquáticas e protozoários; os resíduos orgânicos e inorgânicos das indústrias também contribuem para deixar a água com diversos corantes, tornando-a indesejável ao consumidor;
- *Turbidez*: as partículas sólidas em suspensão diminuem a claridade da água e reduzem sua transparência; quanto maior a turbidez da água menor será o grau de penetração da luz (nível baixo, médio ou elevado), alterando os processos biológicos da flora e da fauna.

- *PH*: a concentração de hidrogênio determina a condição de alcalinidade, neutralidade ou acidez e interfere na coagulação química, no controle da corrosão e desinfecção; em processos de tratamento biológico, físico ou químico de águas residuárias interfere nas velocidades de tratamento e nas eficiências de consumo de substrato pelos microrganismos; a portaria 036/90 do Ministério da Saúde (MANUAL DE SANEAMENTO, 2006) situa o PH entre 6,5 e 8,5 e a concentração mínima de cloro residual de 0,2 mg/l.

Rapoport (2004) acrescenta também a *temperatura* das águas residuárias como um parâmetro de grande importância para a qualidade da água, devido ao seu efeito na vida aquática, podendo causar a diminuição de oxigênio na água o que provoca o aumento do metabolismo dos seres vivos e florescimento de fungos e plantas aquáticas indesejáveis.

A autora destaca como principais grupos de substâncias orgânicas encontradas nas águas residuárias as proteínas, os carboidratos, as gorduras e os óleos. Além desses podem existir moléculas orgânicas sintéticas tais como surfactantes, fenóis e pesticidas agrícolas que são de difícil biodegradação.

Segundo Rapoport (2004), os **parâmetros químicos** mais utilizados para avaliar a qualidade da água são:

- *DBO ou Demanda Bioquímica de Oxigênio*: mede o consumo de oxigênio na água. Representa a quantidade de oxigênio do meio que é consumido pelos peixes e outros organismos aeróbicos e que é gasta na oxidação de matéria orgânica presente na água. O período de incubação é usualmente de cinco dias, medido a 20°C;
- *DQO ou Demanda da Quantidade de Oxigênio*: é o parâmetro mais comumente utilizado para a medida de consumo de oxigênio na água; representa a quantidade de oxigênio do meio que é consumido pelos peixes e outros organismos aeróbicos e que é gasta na oxidação da matéria orgânica presente na água. O período de incubação é usualmente de cinco dias, medido a 20°C; a DQO geralmente é maior do que a DBO em um despejo em virtude da maior facilidade com que grande número de compostos pode ser oxidado por via química; a solubilidade do oxigênio varia com a temperatura e pressão;

- *Sais minerais*: O nitrogênio e o fósforo são os responsáveis pela alimentação de algas, vegetais superiores e outros organismos aquáticos. Entre as formas que servem como fontes de nitrogênio para os produtores primários estão o nitrato e o íon amônio; em dosagens elevadas podem provocar sérios problemas, como proliferação excessiva de algas, causando o fenômeno conhecido como eutrofização de lagos e represas; nesses casos a água tem mau cheiro, gosto desagradável e ocorre a morte generalizada de peixes; alguns poços podem acumular nitratos provocando envenenamentos, desta forma é importante a análise periódica de suas águas.

Os **parâmetros biológicos** são caracterizados pela presença de matéria orgânica, como resíduos de plantas e animais, assim como o lixo e os esgotos, que provocam a poluição das águas. Os principais componentes de matéria orgânica encontrados na água são proteínas, aminoácidos, carboidratos, gorduras, além de uréia, surfactantes e fenóis.

Segundo Rapoport (2004), os principais microrganismos encontrados na água são os vírus, as bactérias e os protozoários, que podem provocar uma série de doenças no organismo humano. A maioria desses agentes patogênicos é difícil de ser detectado, em razão de suas baixas concentrações. Daí, constata-se a presença desses agentes nas fezes do homem e dos animais de sangue quente, pela presença de coliformes fecais no curso d'água, sendo este o principal indicador da presença de organismos nocivos à saúde.

Conforme pesquisas Rapoport (2004), de modo geral, nas águas para o abastecimento o limite de coliformes fecais legalmente tolerável não deve ultrapassar 4.000 coliformes fecais em 100ml de água em 80% das amostras colhidas em qualquer período do ano. Os parâmetros mais comuns utilizados a serem analisados para os limites da qualidade da água são a Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Sólidos Suspensos Totais – SST e a contagem de Coliformes Totais e Fecais. Os coliformes, como visto, são geralmente usados como indicadores para determinar o grau de desinfecção.

Neste estudo serão analisados, particularmente, os parâmetros de qualidade das águas cinzas e águas de chuva, principais reusos de água utilizados em edificações e condomínios residenciais.

2.4.2 – Qualidade das águas cinzas

O potencial de reuso das águas cinzas foi demonstrado por May (2006) e Rapoport (2004). Mesmo assim, alguns especialistas são cautelosos na prática de reuso de águas cinzas, pois o seu tratamento depende da qualidade da água coletada e o uso que será dado a ela.

Pesquisas de May (2006) demonstram que até o momento não existem normas técnicas para o reuso das águas cinzas. Somente as cidades de Curitiba (Lei n.10.785, de 18/09/2003; Maringá - Lei n.6078 de 21/01/2003; São Paulo - Lei 13.309, de 01/02/2002, regulamentada pelo Decreto n. 41.814, de 31/01/2002) têm regulamentações referentes às águas não potáveis, especificando o seu destino, ou seja, as águas provenientes de tratamento de esgotos, só poderão ser utilizadas para a lavagem de ruas, praças e passeios públicos, campos esportivos e outros equipamentos, desde que avaliado o custo/benefício dessas operações.

May (2006) aponta ainda quatro critérios principais para o reuso de águas cinzas e o reaproveitamento das águas pluviais: “segurança higiênica, estética, tolerância ambiental e viabilidade técnica e econômica”. Para a pesquisadora deve-se proteger o ser humano dos riscos relacionados ao uso de água cinzas e águas pluviais sem tratamento como a contaminação e propagação de doenças, causadas pela presença de bactérias e algas nas águas, além do elevado odor produzido pela decomposição de matéria orgânica.

Há riscos também, relacionados ao entupimento de tubulações de alimentação e distribuição dessas águas; corrosão de peças e equipamentos no uso de águas ácidas; riscos de manchar louças e metais que estejam em contato com essas águas.

O ideal, segundo a opinião desses especialistas é captar, tratar a água disponível e adequar suas características físicas, químicas e biológicas aos padrões de qualidade necessários para o atendimento do usuário. Para isto é preciso considerar as técnicas de tratamento disponíveis e a implantação de medidas racionais. Na maioria dos casos, para que o grau de qualidade da água esteja correto, é preciso combinar duas ou mais técnicas de tratamento, o que implica um custo maior.

Estudos e projetos de Von Sperling (1996) consideram que, antes de iniciar a concepção e o dimensionamento do tratamento, deve-se definir com clareza quais os parâmetros para a qualidade da água reciclada e/ou especificar condições de tratamento mínimo, bem como estudar o impacto ambiental no corpo receptor. Para o autor, dependendo das características dos efluentes e dejetos líquidos e da eficiência de remoção dos poluentes, pode-se classificar os diversos tipos de tratamento em: Preliminar; Primário; Secundário; e Terciário.

O tratamento Preliminar emprega principalmente o processo físico e consiste em remover os sólidos grosseiros em suspensão (materiais de maior dimensão e areia) e o material insolúvel, como óleos, graxas, gorduras e solventes; o tratamento Primário emprega decantadores, filtros, centrífugas, flotores e precipitação química, para a remoção da parte orgânica e inorgânica e dos sólidos menores. Em ambos predominam os mecanismos físicos de remoção de poluentes.

No tratamento Secundário, no qual predominam mecanismos biológicos, o objetivo principal é a remoção de matéria orgânica remanescente, ou seja, não removida no tratamento primário, e a DBO solúvel que é a matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos e eventualmente nitrogênio e fósforo. Os processos mais utilizados nesse tipo de tratamento são os anaeróbicos, que utilizam as bactérias anaeróbicas e facultativas em reatores, como biodigestores de lodo, lagoas anaeróbicas, fossa séptica, reatores de fluxo ascendente – RAFA, etc.

O tratamento Terciário ou avançado objetiva um tratamento de qualidade superior, com a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. No Brasil, conforme Sperling (1996), o tratamento terciário é bastante raro.

Na Tabela 03, são apresentados os principais processos, operações e sistemas de tratamento freqüentemente utilizados para a remoção de poluentes dos esgotos domésticos, em função do poluente a ser removido.

Tabela 03 - Operação, processo ou sistema de tratamento.

Poluente	Operação, processo ou sistema de tratamento
Sólidos em suspensão	Gradeamento; remoção de areia; Sedimentação; Disposição.
Matéria Orgânica biodegradável	Lagoas de estabilização e variações; Lodos ativados e variações; Tratamento anaeróbio; disposição no solo.
Patogênicos	Lagoas de maturação; Disposição no solo; Desinfecção com produtos químicos; Desinfecção com radiação ultravioleta.
Nitrogênio	Nitrificação e desnitrificação biológica; Disposição no solo; Processos físico-químicos.
Fósforo	Remoção biológica; Processos físico-químicos.

Fonte: Von Sperling (1996, apud: Fiori, 2005).

Fiori (2005) também apresenta a porcentagem de eficiência dos diversos dispositivos de tratamento. Esta eficiência é medida em função da redução da matéria orgânica - DBO, ou de sólidos em suspensão - SS, ou ainda em menor proporção, de bactérias e coliformes, conforme dados da Tabela 04 a seguir.

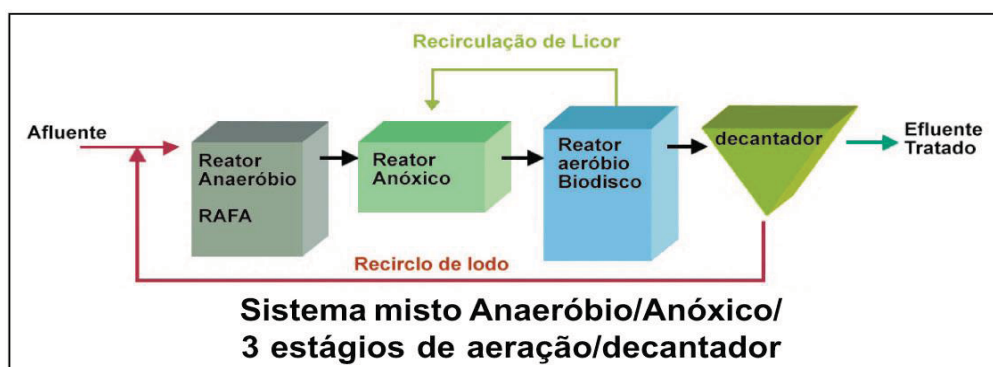
Tabela 04 - Eficiência dos métodos de tratamento de esgoto

Nº.	Processos de Tratamento	Redução (%)		
		DBO	SS	Bactérias
1.	Crivos finos	5-10	2-20	10-20
2.	Cloração de esgoto bruto ou decantado	15-30	-	90-95
3.	Decantadores	25-40	40-70	25-75
4.	Floculadores	40-50	50-70	-
5.	Tanques de precipitação química	50-85	70-90	40-80
6.	Filtros biológicos de alta capacidade	65-90	65-92	70-90
7.	Filtros biológicos de baixa capacidade	80-95	70-92	90-95

Nº.	Processos de Tratamento	Redução (%)		
		DBO	SS	Bactérias
8.	Lodos ativados de alta capacidade	50-75	80	70-90
9.	Lodos ativados convencionais	75-95	85-95	90-98
10.	Filtros intermitentes de areia	90-95	85-95	95-98
11.	Cloração de efluentes depurados biologicamente	-	-	98-99

Fonte: Imhoff (2002, apud Fiori, 2005)

No Brasil, novos sistemas vêm sendo empregados, como o reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA), seguido de um reator anóxico, um sistema aeróbio com três estágios de aeração com biodisco, decantador secundário com remoção de fósforo e desidratação final. Basicamente, um sistema de tratamento com nível avançado ou terciário é requisito fundamental para qualquer tipo de reuso como demonstra a Figura 09.



Fonte: Vitoratto e Silva (2006)

Figura 09 – Fluxograma de um sistema misto de tratamento de esgoto.

Outro sistema de tratamento de efluentes Alpina Equipamentos (2006) utiliza Discos Biológicos. É um tratamento aeróbio, de fluxo contínuo e sem recirculação, o que representa grandes vantagens quando comparado a outros sistemas tradicionais. Consiste em transformar os contaminantes orgânicos em compostos simples, tais como sais minerais e gases, através de um processo denominado oxidação. Este é realizada naturalmente através de reações enzimáticas, promovidas por microorganismos que se desenvolvem e

se proliferam rapidamente no esgoto, que é rico em substâncias orgânicas que lhe servem de alimento (maiores detalhes no capítulo sobre Estudo de caso).

Segundo o Manual de Uso e Reuso da Água (2005), o tratamento será eficiente, satisfatório ou inadequado dependendo do arranjo eficiente de fatores como: a experiência profissional da equipe do projeto; o conhecimento dos processos de reuso envolvidos; a qualidade da água disponível; a qualificação dos operadores; os procedimentos de operação e manutenção dos sistemas e o custo dos equipamentos e de operação. Também salienta que, “do ponto de vista tecnológico, praticamente qualquer recurso hídrico disponível pode gerar água de alto grau de qualidade: basta selecionar as técnicas de tratamento apropriadas e associá-las em uma ordem crescente de complexidade e restrições com relação aos parâmetros operacionais”.

Mancuso; Santos (2003) incluem também alguns cuidados que devem ser tomados no projeto, instalação e operação do sistema de distribuição para evitar que a água de reuso seja utilizada para outros fins, senão aquele especificado desde o início do processo. Para tanto, os autores citam algumas medidas:

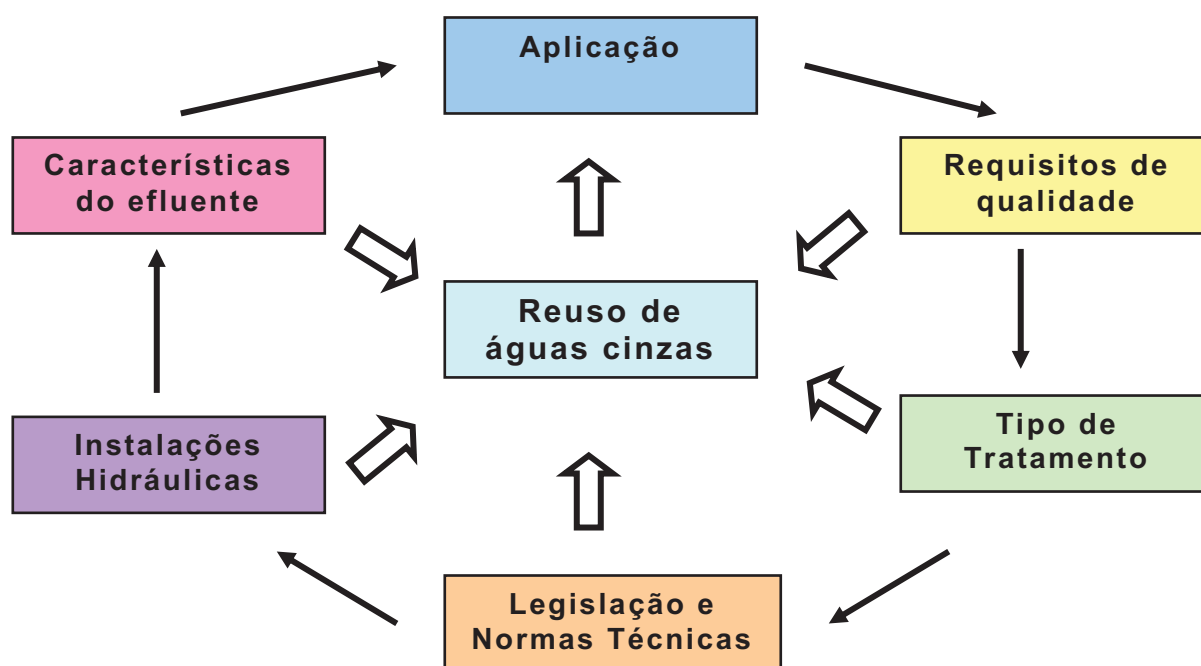
- “o estabelecimento e a implementação de normas e procedimentos para evitar ligações cruzadas com o sistema de água potável”;
- “a criação de um padrão de identificação para os elementos do sistema de reuso (por exemplo, cores)”;
- a manutenção de um programa de inspeções no sistema de distribuição visando detectar e corrigir situações de risco”;
- “a disponibilização de equipes especialmente treinadas para operação, manutenção, inspeção e aprovação de ligações ao sistema de reuso”;
- “a implantação de um sistema de comunicação com o público usuário que inclua esclarecimentos e instruções a respeito das restrições na utilização da água de reuso”.

Os autores lembram também que a garantia de produção de água de reuso com a qualidade requerida depende também do efluente disponível para reuso, do tipo de tratamento aplicado,

desempenho e a confiabilidade no sistema adotado. Para eles, deve-se verificar as exigências contidas na Resolução CONAMA nº 20, que define as classes e os padrões para lançamento de efluentes, antes de iniciar qualquer projeto de implantação de reuso de água em edifícios.

Deve-se também efetuar “um inventário das medições existentes da qualidade dessa água, discriminando-se os indicadores analisados, os pontos de amostragem e as freqüências de coleta”. Se for o caso, pode-se adotar um monitoramento complementar. Simular os efeitos desse monitoramento ao longo de um espaço e tempo, para que se obtenham dados confiáveis na avaliação, através de um modelo de simulação matemático, sendo de importância fundamental para o sucesso de um determinado estudo.

May (2006) apresenta através da Figura 10, os fatores determinantes do reuso de águas cinzas:



Fonte: Mendonça, 2004 (apud MAY, 2006).

Figura 10 - Implantação de um sistema de reuso de águas cinzas.

Observa-se que no processo de reuso de águas cinzas, além do destino que será dado à água, deve-se levar em conta também todos

os fatores associados à sua produção, distribuição, acondicionamento, reutilização e tratamento após o uso.

Para Jefferson (2000), existem duas vertentes diferenciadas quanto às propostas de utilização das águas cinzas. A primeira sustenta que as águas cinzas devem estar de acordo com a aplicação que se deseja dar a ela. Desta forma, o padrão para utilização é similar aquele estabelecido para a água de banho, já que o risco para o usuário é o mesmo. A outra sustenta que as águas cinzas devam ser tratadas como um efluente industrial ou municipal. As duas linhas se manifestam ao nível de coliforme aceitável. Pela linha mais conservadora não deve ser detectada a presença, já na outra a aceitabilidade é de cerca de 1000 UFC/100ml.

May (2006), assim como outros especialistas da literatura pesquisada são favoráveis aos parâmetros utilizados pela Companhia de Saneamento Básico de São Paulo - SABESP para águas de reuso, Tabela 06. Além disso, de acordo com a pesquisadora, a composição física, química e bacteriológica das águas cinzas pode variar dependendo do comportamento do usuário, região, estilos de vida, costumes e utilização de produtos químicos como demonstra a Tabela 06. Também é importante verificar a qualidade da água fornecida pela companhia de saneamento e os pontos de coleta das águas cinzas.

Tabela 05 – Parâmetros de qualidade das águas cinzas.

Parâmetro	Limite	Freqüência
DBO (mgL)	<25(em 95% das amostras)	Semanal
SST(mgL)	<35(em 95% das amostras)	2 vezes por semana
CRT (mgL)	2 a 10	Diária
pH	6,0 a 9,0	Diária
Turbidez (UNT)	<20	Diária
Óleos e graxas (mg/L)	Visualmente ausentes	Diária
Coliformes Termotolerantes NMP/100mgL	<200	1 vez por semana
		-

Fonte: May (2006).

Desta maneira, um dos primeiros procedimentos em relação ao tratamento das águas cinzas é verificar o volume a ser gerado pelo edifício, o espaço disponível para a instalação do sistema de tratamento apropriado e a demanda a ser atendida May(2006).

As pesquisas de Rapoport (2004; FIORI, 2005; MAY, 2006) sugerem que, para o aproveitamento das águas cinzas de uma residência provenientes principalmente de lavagem de roupas, banheiro (chuveiro e pia) e pias de cozinha requerem, pela sua composição, tratamentos diferentes para que possam ser reutilizadas.

Rapoport (2004) considera as águas cinzas provenientes dos banheiros como as mais apropriadas para o reuso não potável, porque a água da cozinha contém partículas de comida, óleo e gordura, que a torna mais poluente do que as águas negras, podendo causar bloqueio nos sistemas de aplicação no solo. Apresenta altas concentrações de coliforme termotolerante (2×10^9 UFC/100ml) e alta concentração de detergentes que podem torná-la alcalina.

Concentrações de produtos químicos e de coliformes termotolerantes são também os principais problemas das águas provenientes da lavagem de roupas. Os coliformes variam entre 10^7 UFC/100ml (primeira lavagem) até 25 UFC/100ml na segunda lavagem da máquina de lavar. Já a concentração de produtos químicos é alta devido aos sabões empregados que contém sódio, fosfato, boro, surfactantes, amônia e nitrogênio.

Os chuveiros e as pias de banheiro representam para Rapoport (2004) as águas cinzas ideais para serem aproveitadas, inclusive nas descargas sanitárias, para eliminar as águas negras que contém fezes, urina, papel higiênico, etc. Os produtos químicos, neste caso, se encontram mais diluídos e é relativamente baixa a concentração de coliformes (variam entre 10^4 a 10^6 UFC/100ml).

Rapoport (2004) recomenda ainda muito cuidado com o descarte das águas cinzas no solo sem prévio tratamento, pois a presença de compostos xenobióticos originados dos produtos

químicos utilizados nas residências podem contaminar o lençol freático.

Fiori (2005) destaca em seus estudos as estimativas de demanda residencial de água potável no Brasil, demonstrando que a bacia sanitária consome de 6,048 a 30,24 litros por descarga e que a duração do banho estimado varia de 5 a 15 minutos por usuário. Estes dados comparados aos de outros países revela uma cultura de desperdício de água potável entre os brasileiros, que precisa ser combatida através do uso de tecnologias mais avançadas e campanhas de conscientização. Para Fiori (2005), há necessidade também de uma avaliação da sazonalidade da demanda, em função do tipo de consumo a ser considerado na estimativa de custos de tubulações, reservatórios e bombas, além de medidas cautelares para evitar ligações cruzadas e uso incorreto do abastecimento pretendido. Na Tabela 06, estão relacionados os parâmetros da qualidade das águas cinzas conforme May (2006).

Tabela 06 – Diferenças na qualidade das águas cinzas.

QUALIDADE DAS ÁGUAS CINZAS				
Referência	Fonte de água cinza	Local	Parâmetros (mg/L)	
			DBO_{5,20}	DQO
Borges (2003)	Banheiro	Curitiba	17-287	-
	Lavatório		265	653
	Chuveiro		165	582
Bazzarella (2005)	Tanque	Vitória e Esp. Santo	570	1672
	Máquina de Lavar		184	521
	Cozinha		633	1712
	Misturada		571	857
Phillipi(2005)	Mistura	Florianópolis	387	451
	Apartamento com crianças		258	470
Fiori; Fernandes e Pizzo (2004)	Apartamento com animais	Passo Fundo/ Porto Alegre	174	374
	Apartamento sem crianças e animais		384	723
Fonini; Fernandes e Pizzo (2004)	Banheiro Masculino	Passo Fundo/	20	44
	Banheiro Feminino	Porto Alegre	96	234
Parâmetro (mg/L)	Esgoto Forte	Esgoto Médio	Esgoto Fraco	
DBO 5,20	400	200	100	
DQO	800	400	200	

Fonte: Jordão e Pessoa (apud MAY, 2006).

Observa-se na pesquisa acima que, dependendo do destino do reuso, é mais conveniente a reutilização das águas do chuveiro e da máquina de lavar, por apresentar um esgoto fraco em DBO. Os produtos químicos presentes elevam os índices do tanque e da cozinha, dificultando o tratamento (esgoto forte em DQO).

2.4.3 – Qualidade das águas de chuva

Para Fiori (2005), o aproveitamento das águas pluviais está sendo cada vez mais diversificado devido às tecnologias que estão sendo desenvolvidas para garantir a economia de água. Neste estudo, o modelo a ser seguido é aquele sugerido por Tomaz (2003; MAY, 2006) voltado para microbacias de telhados de áreas residenciais, comerciais e industriais.

De acordo com esses especialistas, a qualidade da água de chuva depende de vários fatores: da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana. Também, como visto, existe uma legislação, para restringir o consumo de água não potável em razão dos riscos para a saúde dos usuários, muito embora a água de chuva ofereça menos riscos de aproveitamento do que as águas cinzas May (2006).

Segundo Fiori (2005), é muito importante a verificação da qualidade da água de chuva, através de análises e também do monitoramento do sistema de acordo com normas e padrões vigentes. Os principais indicadores da qualidade da água são os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais. A Tabela 07 mostra os valores médios de parâmetros de qualidade da água pluvial em algumas cidades em mg/L.

Tabela 07 – Valores médios de parâmetros de qualidade da água pluvial.

Parâmetro	Cidades				APWA (1)	
	Durham	Cincinatti	Tulsa	P.Alegre	Min.	Max
DBO		19	11,8	31,8	1	700
Sólidos totais	1440		545	1523	450	14.600
pH		7,5	7,4	7,2		
Coliformes(NMP/100ml)	23.000		18.000	1,5x10 ⁷	55	11,2x10 ⁷
Ferro	12			30,3		
Chumbo	0,46			0,19		
Amônia		0,4		1,0		

Onde: (1)APWA: American Public Works Association

Fonte: Tucci (2002,Apud FIORI, 2005)

Para Tomaz (2003) a qualidade da água de chuva pode ser analisada em quatro etapas: 1) antes de atingir o solo; 2) após escorrer pelo telhado; 3) dentro do reservatório, quando ela fica armazenada, onde sua qualidade pode ser alterada, pelo depósito de elementos sólidos no fundo e 4) no ponto de uso, quando ela está pronta para o consumo.

A composição da água da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora Tomaz (2003). Dependendo da proximidade do oceano, a água de chuva apresenta alguns elementos químicos presentes na água do mar como o magnésio, potássio, sódio, cloro e cálcio. Quanto mais longe do mar, as partículas de solo estão mais presentes, que contém sílica, alumínio e ferro e outros elementos de origem biológica como o nitrogênio, fósforo e enxofre.

Os poluentes do ar com o enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), chumbo, zinco e outros são encontrados nas águas de chuva dos centros urbanos e pólos industriais e, dependendo da concentração desses poluentes podem formar ácidos que interferem no pH dessas águas, aumentando sua acidez. Em lugares poluídos pode-se chegar a valores como pH = 3,5, ocorrendo o que se

costuma chamar de “chuva ácida”. A conhecida chuva ácida é aquela cujo pH é menor que 5,6. A Organizações das Nações Unidas – ONU (1995 apud TOMAZ,2003) consideram a região do Brasil do Estado do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul como áreas com problemas potenciais para chuvas ácidas.

Para aproveitar a água de chuva, Tomaz (2003) recomenda cuidados com a qualidade do material a ser empregado, observando os telhados com a contaminação provocada pelas fezes de passarinhos, pombas, de ratos e de outros animais, assim como as poeiras, folhas de árvores, revestimento do telhado, tintas e outros. A recomendação, portanto, é que não seja utilizada a primeira água da lavagem dos telhados, pois apresentam grande quantidade de bactérias e de parasitas.

O autor também aconselha estudar com segurança o volume de água, durante um espaço seguro de tempo (aproximado seis meses), para verificar não só os parâmetros de contaminação biológica (coliformes fecais e bactérias), mas também para pesquisar os níveis de poluentes. Estes dados podem ser obtidos, em algumas cidades, por empresas idôneas que já estejam fazendo o reuso de águas pluviais ou ainda em Companhias de Saneamento, Universidades ou profissionais credenciados que tenham feito estudos relativos a este tipo de empreendimento.

Pesquisas de Tomaz (2003) sugerem que os melhores telhados para captar a água de chuva sejam os com fibrocimento, de telhas cerâmicas, metálico ou asfaltado. Ele recomenda ainda que os reservatórios sejam limpos e desinfetados, rejeitando-se o armazenamento da água de chuva dos primeiros 10 a 20 min de chuva. Pacey e Coli (1996 apud TOMAZ, 2003) demonstram que: “O interessante é que todos pensam que a qualidade da água de chuva melhora com o passar do tempo, o que não é verdade, pois, conforme a precipitação aumenta de intensidade, aumentam as bactérias”.

Em algumas regiões do planeta, segundo Tomaz (2003), a água de chuva pode ser usada diretamente para as lavagens de roupas,

como por exemplo, na Alemanha (Bavária). No Brasil, as pesquisas de May (2006; FIORI, 2005) recomendam alguns cuidados com a instalação do sistema, como evitar o cruzamento da água de chuva com outras águas, principalmente, com a água potável, no sistema de distribuição. Também na coleta e armazenamento da água deve-se evitar a entrada de luz do sol nos reservatórios, devido ao crescimento de algas. A tampa de inspeção deverá ser hermeticamente fechada. A saída do extravasor (ladrão) deverá conter grade para que não entrem animais pequenos. Pelo menos uma vez por ano, deverá ser feita uma limpeza no reservatório enterrado, removendo-se a lama existente pela descarga de fundo, no ponto de declive.

Segundo May (2006), no fundo do reservatório deve-se prever a instalação de um dispositivo para evitar a turbulência na água; verificar a necessidade de tratar as águas pluviais, fazer manutenções periódicas no sistema e dispor de operação eficaz e de fácil manuseio, efetuando o reabastecimento do reservatório de águas pluviais com água potável, em tempos de estiagem. A pesquisadora recomenda ainda identificar as tubulações do sistema de distribuição de águas pluviais por cores e utilizar diferentes cores para diferenciar a água potável das águas não-potáveis, com placas de avisos bem visíveis em locais de acesso do usuário, como, por exemplo, na mangueira do jardim ou quintal.

Para Tomaz (2003) é essencial o cuidado com o tratamento da água de chuva. “De modo geral as exigências para o seu uso são as seguintes: o odor e a cor não podem ser desagradáveis; o pH deve estar entre 5,8 a 8,6; o cloro residual $\leq 0,5\text{mg/L}$; Coliformes totais $\leq 1000/100\text{mL}$ e Sólidos em suspensão (SS) $\leq 30\text{mg/L}$ ”.

Outros índices de qualidade são apresentados por May (2006) para o aproveitamento da água de chuva, baseados em critérios adotados pelo Sindicato de Indústria e Construção (SINDUSCON, 2005), pelo Ministério da Saúde (Portaria 518) e comparados às diversas pesquisas resumidos na Tabela 08:

Tabela 08 - Média dos parâmetros da água de chuva

	pH	uC	turbidez UNT	Dureza mg/L	ST mg/L	SST mg/L	SST mg/L	Coliformes fecais (NMP/100)	Coliformes totais (NMP/100)
Paiva et al (1994)	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Rocha et al (1998)	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Adhytia(1999)	4,1	8,7	4,6	0,1	-	9,1	19,5	92,0	6,7
Appan(1999)	4,1	-	5,3	-	-	9,0	-	7,0	-
Fornaro eGutz (2000)	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Fonini; Fernande e Pizzo (2004)	7,7	Ausente	1,7	19,3	-	12,5	-	-	70
May (2004)	6,7	23	0,8	19,6	30	1	19	presença	>80
Philipi(2005)	7,9	37,1	-	-	-	2,5	-	23,9	-

Fonte: May (2006).

May (2006) compara as análises de águas feitas em São Paulo, com o monitoramento realizado em Florianópolis (Tabela 09) e em Passo Fundo (Tabela 10):

Tabela 09 - Sistema de Coleta e Aproveitamento de águas pluviais em Florianópolis.

Parâmetros	Limpeza do telhado	Reservatório
PH	7,62	7,9
Acidez (mg/L)	2,29	1,9
Cor (NTU)	18,6	37,1
DQO (mg/L)	7,67	7,0
SST (mg/L)	1,41	2,5
E. Coli (NMP100mL)	43,2	23,9

Média dos resultados obtidos no monitoramento do sistema de águas pluviais no período de dez.2004 a mar.2005 em Florianópolis (SC)

Fonte: May (2006).

Tabela 10 - Sistema de Coleta e Aproveitamento de águas pluviais em Passo Fundo.

Parâmetros	Águas pluviais
PH	7,7
DBO (mg/L)	0,6
DQO (mg/L)	-
Turbidez (NTU)	1,77
Cor	Ausente
Odor	Ausente
Sólidos suspensos (mg/L)	12,5
Dureza (mg/L)	19,3
Coliformes totais (NMP/ 100mL)	75

Média dos resultados obtidos no monitoramento do sistema de águas pluviais no Complexo Esportivo Universitário de Passo Fundo, Porto Alegre (RS).

NTU – unidade de turbidez

Fonte: May (2006).

São analisadas também as alterações na aparência da água através de substâncias dissolvidas ou em suspensão. Utilizando-se dos parâmetros da (U.S.EPA, 1992; SINDUSCON 2005; MAY, 2006) classifica a turbidez da água de chuva em ≤ 2 UNT e pelo Ministério da Saúde (Portaria n. 518) em 5 UNT. Através de processos de decantação e filtração são removidas as partículas em suspensão, que podem provocar a dispersão e a absorção da luz.

Para Fiori (2005), dependendo da intensidade pluviométrica da região e do projeto de captação, o aproveitamento da água de chuva geralmente é superior a quantidade que deverá ser consumida no edifício. Portanto, é importante observar os dados existentes na literatura técnica, sobre a instalação do sistema coletor de água de chuva. Ele depende basicamente de:

- a) localização, regime de chuvas, condições climáticas da região, zona urbana ou rural;

- b) características da bacia, densidade demográfica, área impermeabilizada, declividade, tipo de solo, área recoberta por vegetação e seu tipo;
- c) Tipo e intensidade de tráfego;
- d) Superfície drenada e tipo de material constituinte: concreto, asfalto, grama, etc.
- e) Lavagem da superfície drenada, frequência e qualidade da água de lavagem.

Todos estes fatores podem influenciar na qualidade da água da chuva, reforçando a recomendação de Fiori (2005), segundo a qual “é importante coletar essa água de forma indireta através do sistema pluvial, para fazer corretamente as análises, pois ao se coletar a água de chuva de maneira direta, ou seja, sem o contato com o sistema pluvial, a qualidade desta água será alterada”.

A base metodológica para efetuar a avaliação da tratabilidade das unidades propostas, bem como da qualidade das diferentes águas e da mistura entre águas de chuvas e águas cinzentas, está apoiada na coleta e análises físico-químicas e biológicas em laboratório.

CAPÍTULO III – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Métodos

A implantação de um sistema de reuso e conservação de água exigem um comprometimento dos condôminos com as questões relacionadas ao uso racional e dos recursos naturais e com a proteção do meio ambiente. Assim, a aplicação e a verificação da eficiência de estratégias associadas com a otimização do uso, da conservação e do reuso de água, proposta deste trabalho deverão ser aplicadas a condomínios que realmente demonstre estes interesses.

A escolha do condomínio residencial se justifica pela demanda de água consumida e a oferta dos efluentes gerados por um grupo de unidades unifamiliares em um grande complexo residencial.

O estudo do sistema propõe alternativas para otimização do uso da água e a redução da geração de efluentes de águas negras através da prática do reuso e da conservação de água e o quanto de energia elétrica se gastará para aplicar tal sistema.

Através de uma análise de viabilidade econômica será adotado um sistema da qual melhor se adapte às condições do condomínio e contribua para preservação do meio ambiente.

3.2 - Metodologia de trabalho

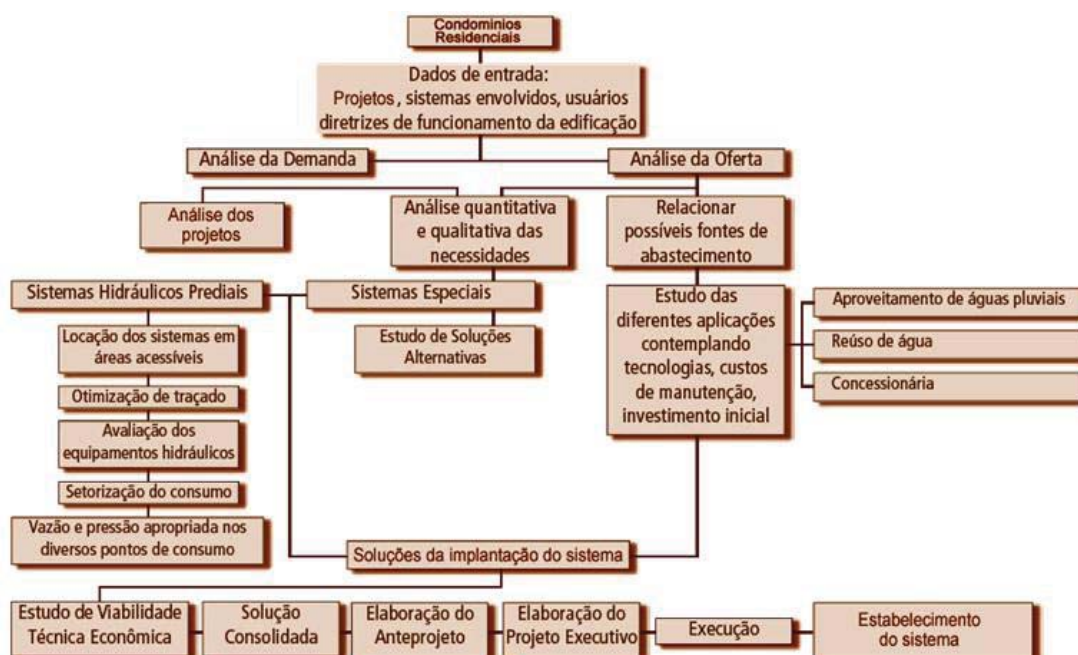
Baseada nos conceitos dos capítulos anteriores, a metodologia usada para o desenvolvimento do projeto de implantação de gerenciamento de águas e efluentes em um condomínio residencial envolve a integração de disciplinas técnicas e administrativas, que devem estar amparadas por normas de controle ambiental e nos conceitos básicos do desenvolvimento sustentável. É de fundamental relevância que tais práticas sejam criteriosamente adotadas, resguardando-se a saúde pública e observando-se os cuidados necessários para a preservação do patrimônio, equipamentos e segurança dos produtos e serviços oferecidos aos usuários.

A implantação de um projeto de conservação de água em uma nova edificação é traçada através de dados que caracterizam a edificação. A etapa inicial do trabalho realiza-se uma avaliação técnica preliminar, da demanda e oferta de água para criar soluções viáveis e econômicas.

O projeto de sistemas prediais deve ser concebido considerando a otimização do consumo, a aplicação de fontes alternativas de água para usos menos nobres, bem como a facilidade de gestão do insumo por meio de projetos otimizados em traçados e ferramentas de monitoramento; como a utilização de um plano de setorização de medição preestabelecido em projeto de acordo com as necessidades de cada caso, onde os limitantes executivos são minimizados.

Baseado na metodologia adotada pela cartilha do (SINDUSCON, 2006) a implantação de um sistema de conservação de água em uma edificação a construir, com base nos dados de entrada que caracterizam a edificação, inicia-se com a etapa de avaliação técnica preliminar, na qual se realiza a avaliação da demanda e oferta de água para proposição de soluções viáveis técnica e economicamente como também os fluxos de trabalho para implantação do reuso de águas cinza e aproveitamento das águas pluviais, conforme apresentado nas figuras 11, 12,13.

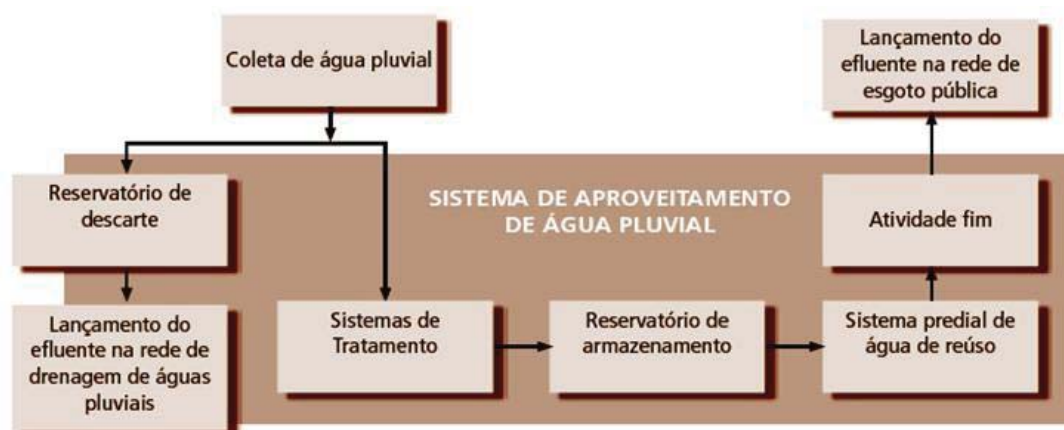
A figura 11 mostra as etapas gerais do processo de conservação e reuso de água, enquanto a figura 12 apresenta as etapas do processo do reuso de águas cinzas e a figura 13 mostra as etapas do aproveitamento de águas pluviais.



Fonte: Manual do Sinduscon (2006)
 Figura 11 – Sistema de Conservação e reúso de águas.



Fonte: Manual do Sinduscon (2006)
 Figura 12 – Sistema de reúso de águas cinzas.



Fonte: Manual do Sinduscon (2006)

Figura 13 – Sistema de aproveitamento de águas pluviais.

3.3 – Roteiro de trabalho – Estudo de caso.

O estudo de caso apresenta uma avaliação da viabilidade técnica e econômica desenvolvida para o Condomínio Residencial Dona Júlia, localizado a Rua Antônio Corrêa Cardoso, Bairro Varginha em Itajubá – MG, adotado como um novo empreendimento que de acordo com os fluxos apresentados nas figuras 11,12 e 13 foi elaborado o seguinte roteiro de trabalho:

3.3.1 – Dados de Entrada

- a) Localização do empreendimento.
- b) Caracterização construtiva do empreendimento.
- c) Determinação das áreas disponíveis da edificação.

3.3.2 - Análise da oferta dos usos das águas do condomínio.

- a) Estabelecimento das possíveis fontes de abastecimento de água.
- b) Determinação das vazões de águas cinzas.
- c) Determinação do sistema de coleta e cálculo de vazões das águas pluviais.

3.3.3 - Análise da demanda dos usos das águas do condomínio.

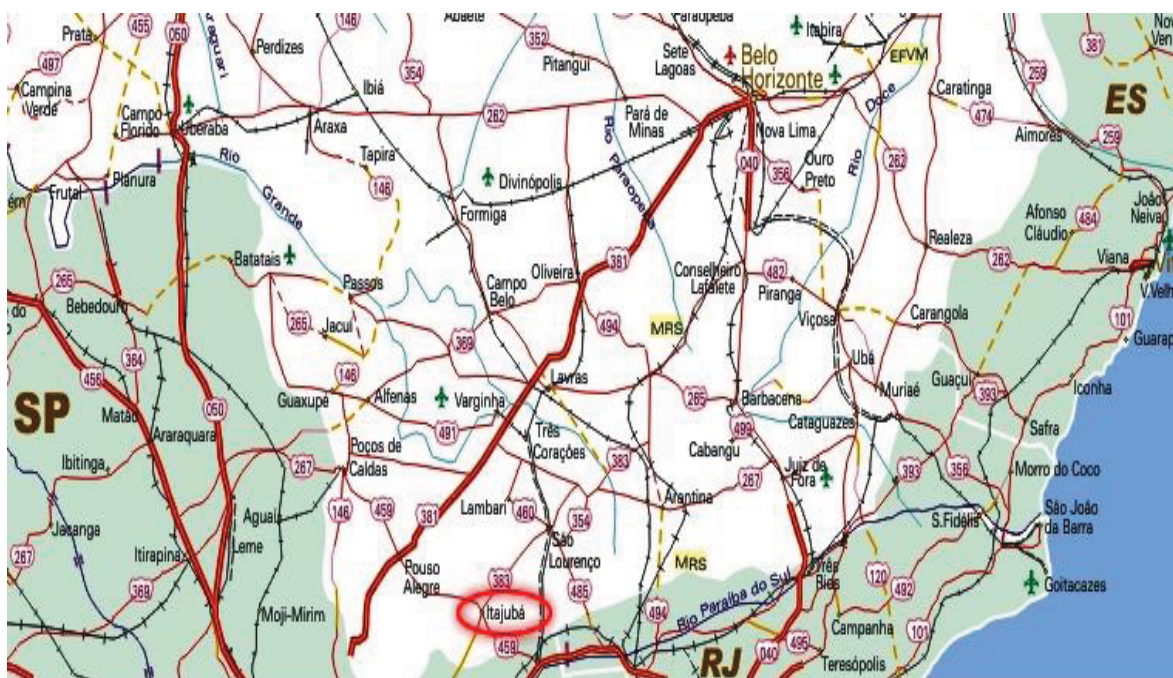
3.3.4 - Estudo das alternativas para as diferentes aplicações, contemplando tecnologias, custos de manutenção e investimento inicial.

3.3.5 – Análise da viabilidade técnica e econômica das alternativas apresentadas para definição do sistema de reúso do Condomínio Dona Julia (CDJ).

3.3.1 – Dados de entrada

a) Localização do empreendimento.

O condomínio em estudo está localizado no Bairro Varginha, do Município de Itajubá, região Sudeste do Estado de Minas Gerais, conforme Figura 14 e com população estimada de 90.812 habitantes. (IBGE, 2006). A visualização da posição geográfica do município é importante porque para análise deste estudo precisamos caracterizar o clima, os índices pluviométricos, o porte da comunidade, as condições econômicas da comunidade, o grau de industrialização, a presença de medição residencial, os custos da água na região.



Fonte: IBGE (2006)

Figura 14 - Localização da cidade de Itajubá

b) Caracterização construtivas do empreendimento.

O residencial atende as leis de zoneamento da Prefeitura de Itajubá e será composto de dois prédios (torres) sendo cada um com quatro apartamentos por andar e dez andares de apartamentos totalizando quarenta apartamentos em cada torre e duas vagas de garagem para cada apartamento. Os apartamentos unifamiliares são unidades com número em média de cinco habitantes, como será mostrado em anexo.

c) Determinação das áreas disponíveis da edificação

Para a otimização do consumo de água, é importante que o projeto de sistemas prediais e o sistema para usos específicos sejam elaborados dentro de premissas específicas obedecendo à arquitetura concebida do empreendimento. A tabela 11 compõe de um resumo de todos os dados construtivos do Condomínio Residencial Dona Julia, necessários para análise quantitativa e qualitativa da oferta e demanda água determinando as áreas disponíveis para implantação do sistema.

Tabela 11 – Entrada de dados do Condomínio Dona Julia

Área total do terreno		3.433,50 m ²		
Área disponível (não edificável)		96,00 m ²		
Blocos		Apartamentos	Nº. de habitantes	Vagas/ garagem
Bloco 1		42 unid	210	82 unid.
Bloco 2		40 unid	200	80 unid.
Pavimento	Área Privativa (m ²)	Área comum (m ²)		Áreas aptos 101 – 104
Tipo	323,00	26,00		
Superior	637,50	1.379,99		186,96 m ²
Térreo	1362,50	1.752,35		
Área do telhado das torres (m ²) (telhas cerâmicas)		Bloco 1		416,52
		Bloco 2		416,52
		833,04		
Área do telhado das garagens (telhas de cimento amianto)		1.500,00 m ²		
Área de jardins (gramado)		370,00 m ²		
Áreas de Limpeza (garagens e passeios)		3.000,00 m ²		

3.3.2 - Análise da oferta dos usos da água do condomínio.

a) Estabelecimento das possíveis fontes de abastecimento de água.

A Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA é a responsável pelo serviço de concessão de água e esgoto no município de Itajubá – MG, Figura 14.

O volume de esgoto coletado pela COPASA no município de Itajubá corresponde ao volume do efluente gerado por 91% da população e, atualmente, ele é lançado sem nenhum tratamento no principal rio que corta a cidade, o rio Sapucaí. Em 2008 foi concluído pela COPASA a implantação de uma Estação Compacta de Tratamento de Esgotos, com Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente - RAFA. A expectativa da COPASA é que a operação de bombeamento do esgoto tenha início no mês de Dezembro de 2009, após as conclusões das licenças de operação.

O sistema de coleta de esgoto utilizado pela COPASA é do tipo “separador absoluto”. Esse sistema destina-se uma rede para a coleta de esgotos e outra rede destinada exclusivamente para as águas pluviais. Segundo o responsável da operação Tales (2009) 90% das redes estão concluídas.

O esgoto escoar dentro das tubulações a no máximo 75% da seção dos tubos, ou seja, eles não preenchem todo conteúdo da canalização. Elas são implantadas a profundidades variadas, com certa declividade necessária para o encaminhamento do esgoto por gravidade. As redes correm para as partes mais baixas de uma sub-bacia, onde estão instalados os emissários.

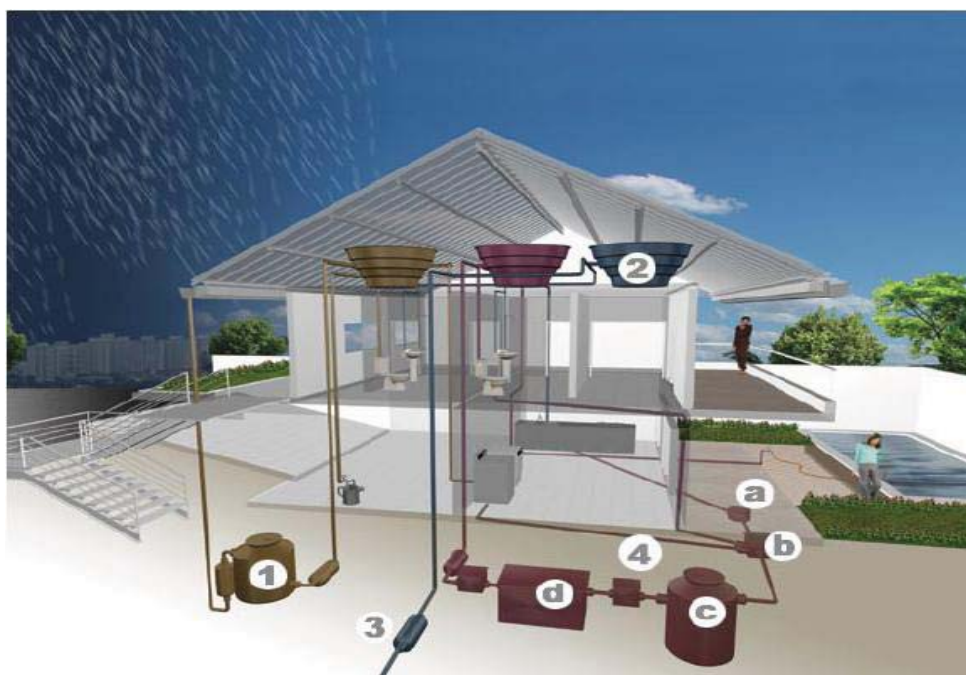
As águas de chuva quando vão para as redes de esgoto causam extravasamentos. A água de chuva “enche” toda tubulação de esgoto, pressionando as paredes dos tubos fazendo com que se rompam provocando refluxos.

Para o aproveitamento das águas pluviais é necessário que se desenvolvam projetos específicos para o dimensionamento dos reservatórios e também dos componentes dos sistemas,

considerando a demanda a ser atendida por esta fonte de água e as características locais. O uso de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais propiciará a redução do escoamento superficial e a conseqüente redução da carga nos sistemas urbanos de coleta de água pluviais e o amortecimento dos picos de enchentes, contribuindo para redução de inundações, além de beneficiar a conservação da água e a educação ambiental.

A implantação de um sistema de conservação e reuso, para reuso de água cinza e aproveitamento de água pluvial no condomínio residencial, inicia-se com uma análise das possibilidades de aplicação das fontes alternativas de água considerando: os níveis de qualidade da água necessários, as tecnologias existentes, cuidados e riscos associados à aplicação das águas dos efluentes para fins menos nobres e a gestão necessária durante a vida útil da edificação. Conseqüentemente os custos envolvidos na aquisição das tecnologias e ao longo da gestão foram levantados na concepção das soluções.

Baseado em Wenzel (2003) o sistema adotado é exemplificado na Figura 15 com a utilização de reuso de água em uma residência unifamiliar.



Fonte: Fiori (apud Wenzel, 2003).

Figura 15 – Demonstração de reuso planejado da água.

Na Figura 15 o sistema é composto de:

1 - A água de chuva captada nas calhas, passa por um filtro e segue para o reservatório subterrâneo, que é bombeado, vai para um reservatório paralelo ao reservatório de água potável. Sai deste reservatório um ramal que abastecerá as descargas e o uso em áreas externas.

2 - Reservatório de água potável, fornecida pela companhia local, para abastecer pias, lavatórios e chuveiros.

3 - Entrada da água potável fornecida pela companhia local.

4 - Água de reuso resultado do fluxo que sai da cozinha, passa pela caixa de gordura (A), que retém esse material, e segue para a primeira caixa de inspeção (B), para onde direciona a água dos banheiros e da lavanderia. No tanque séptico (C), bactérias decompõem a matéria orgânica presente no esgoto. A água sai 50% mais limpa. Numa espécie de filtro biológico aeróbico e anaeróbico(D), ocorre a etapa final do tratamento: a maior parte da matéria orgânica é eliminada da água, que sai filtrada e com até 98% de pureza para reuso em descargas, irrigação e áreas externas Wenzel (2003; COSTA, 2004).

Este exemplo também deixa bastante claro sobre a necessidade de uma avaliação de que todo esquema proposto são necessários cálculos para que as características da água de reuso sejam compatíveis com os padrões da água utilizada.

Baseado nas inúmeras informações será adotado para o Condomínio Dona Julia a implantação de um sistema partindo de uma análise das possibilidades de aplicação do reuso de águas cinzas claras e o aproveitamento das águas pluviais, para utilização dos pontos hidráulicos do vaso de descarga, das áreas de limpeza dos pátios de garagens e passeios e das áreas de irrigação dos jardins. A análise da implantação do sistema para o Condomínio Dona Julia constitui das seguintes possibilidades:

- A água potável fornecida pela companhia local COPASA será armazenada em reservatórios de água potável que abastecerá as pias de cozinhas, lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupas conforme especificação do projeto hidrosanitário da obra.
- A água cinza clara de reuso direcionará toda água servida dos lavatórios, chuveiros, e máquinas de lavar, para uma caixa de inspeção, seguindo para o reservatório de tratamento de esgoto. Depois de tratada, esta água será reconduzida para um reservatório de água de reuso e distribuída para os ramais de descarga dos vasos sanitários, limpeza de pátios e irrigação de jardins.
- A água de chuva captada nas calhas, passa por um processo de filtragem, de reserva e de tratamento, sendo armazenada em um reservatório subterrâneo sendo recalçada pela bomba para o reservatório de água pluvial, que será distribuída para os ramais de descarga dos vasos sanitários, limpeza dos pátios e irrigação dos jardins.

b) Determinação das vazões de águas cinzas.

É fundamental para o dimensionamento de todos os equipamentos de tratamento de esgoto a determinação da vazão local diária ou contribuição dos despejos. O cálculo da vazão doméstica é em função do consumo de água como mostra a Tabela 13 em que apresenta os valores típicos da quota per capita de água para populações com ligações domiciliares.

Tabela 12 – Consumo per capita de água.

Porte da comunidade	Faixa da população (hab)	Consumo per capita (QPC) (L/hab.d)
Povoado rural	<5.000	90 – 140
Vila	5.000 – 10.000	100 – 160
Pequena localidade	10.000 – 50.000	110 – 180
Cidade média	50.000 – 250.000	120 – 220
Cidade grande	> 250.000	150 – 300

Fonte: Adaptado de (CETESB,1977; 1978), Barnes et al (1981), Dahihaus & Damrath (1982), Hosang & Bischof (1984).

Consideram-se os diversos fatores que influenciam no consumo de água de acordo com a Tabela 13.

Tabela 13 – Fatores de influência no consumo de água.

Fator de influência	Comentário
Clima	Climas mais quentes e secos induzem a um maior consumo
Porte da comunidade	Cidades maiores geralmente apresentam maior QPC
Condições econômicas da comunidade	Um melhor nível econômico associa-se a um maior consumo.
Grau de industrialização	Localidades industrializadas apresentam maior consumo.
Medição do consumo residencial	A presença de medição inibe um maior consumo
Custo da água	Um custo mais elevado reduz a maiores gastos
Pressão da água	Elevada pressão induz a maiores gastos
Perdas no sistema	Perdas implicam na necessidade de uma maior produção de água.

Fonte: (EPA,1977), Hosang e Bischof (1984), Tchobanoglous e Schroeder (1985), Qasim (1995), Metcal & Eddy (1991)

É importante considerar também que, usualmente, toda produção de esgotos corresponde aproximadamente ao consumo de água. Portanto, a fração de esgotos que adentra a rede de coleta pode variar, devido ao fato de que a água consumida pode ser incorporada à rede pluvial (ex: rego de jardins e parques). Também existem outros fatores de influência em um sistema separador absoluto tais como a ocorrência de ligações clandestinas dos esgotos à rede pluvial, ligações indevidas dos esgotos à rede pluvial e infiltração.

Devido a tais fatores deve ser considerado para cálculos da contribuição dos despejos um coeficiente de retorno que é a fração

da água fornecida que adentra a rede de coleta na forma de esgoto. Estes valores variam de 60% a 100%, sendo usualmente adotado um valor de 80%.

- Cálculo da vazão doméstica média de águas negras.

O cálculo da contribuição de despejos ou da vazão de esgotos também chamada de vazão doméstica média é dado pela equação (1) ou equação (2)

$$Q_m = P \times QPC \times R \text{ (L / dia)} \quad (1) \quad \text{ou}$$

$$Q_m = \frac{P \times QPC \times R}{1000} \text{ (m}^3 \text{ / dia)} \quad (2)$$

Onde:

P - número de habitantes da edificação.

R - coeficiente de retorno de 80%

QPC - consumo per capita de água em L/hab.d (Tabela 12).

Q_m – vazão ou volume de contribuição média diária de esgoto.

OBS: Na falta de dados locais adota-se as vazões ou contribuições da tabela 1 da NBR 7229/93. A vazão média calculada é a vazão total de efluentes gerada no condomínio ou seja, as águas negras.

- Cálculo da vazão doméstica média de água cinza

O cálculo das águas cinzas claras constitui na separação do efluente doméstico de águas negras do efluente gerado pelo chuveiro, lavatórios, máquina de lavar roupas. Assim é necessário classificar o percentual de esgoto gerado por categoria de cores de água. Como foi visto na revisão bibliográfica segundo pesquisas e recomendações da ABES (2003), cada unidade hidráulico-sanitária produz um percentual de esgoto residencial, conforme Tabela 14.

Tabela 14 – Vazão por unidade hidráulico – sanitária.

Consumo Interno	Vazão por unidade hidráulica- sanitária
Vaso Sanitário	0,30 Q _m
Máquina de Lavar Roupa	0,18 Q _m
Chuveiros	0,20 Q _m
Lavatório	0,13 Q _m
Pia de cozinha	0,19 Q _m
Total	1,00 Q _m

O cálculo da vazão média de esgoto de água cinza clara é igual ao somatório do percentual das unidades hidráulicas – sanitárias da máquina de lavar roupa, do chuveiro e do lavatório, resultando um percentual de 0,51 Q_m, dado pela equação (3).

$$Q_{\text{cinza}} = 0,51 Q_m \quad (03)$$

O consumo de água e a geração de esgotos em uma localidade variam ao longo do dia (variações horários), ao longo da semana (variações diárias) e ao longo do ano (variações sazonais).

Tem sido prática corrente a adoção dos seguintes coeficientes de variação da vazão média de água Cetesb (1998):

$k_1 = 1,2$ – coeficiente relativo ao dia de maior contribuição de esgoto;

$k_2 = 1,5$ – coeficiente relativo à hora de maior contribuição de esgoto.

$k_3 = 0,5$ – coeficiente relativo à hora de menor contribuição de esgoto.

Portanto, as vazões máxima e mínima de água podem ser dadas pelas equações (3) e (4).

$$Q_{\text{max}} = Q_m \times k_1 \times k_2 = 1,8 Q_m \quad (4)$$

$$Q_{\text{min}} = Q_m \times k_3 = 0,5 Q_m \quad (5)$$

c) Determinação do sistema de coleta e cálculo de vazões das águas pluviais.

Como visto, a água de chuva será usada com o máximo de controle qualidade para que não comprometa a saúde de seus usuários e nem a vida útil dos sistemas envolvidos. O sistema de coleta, tratamento e uso de água pluvial para ser determinado é necessário computar os seguintes dados:

- 1^a) determinação da precipitação média local (mm/mês);
- 2^a) determinação da área de coleta;
- 3^a) determinação do coeficiente de Runoff, ou seja, escoamento superficial;
- 4^a) caracterização da qualidade da água pluvial;
- 5^o) Determinação do espaço físico disponível para a instalação de equipamentos e reservatórios;
- 6^a) projeto do reservatório de descarte;
- 7^a) projeto do reservatório de armazenamento;
- 8^a) projeto dos sistemas complementares: grades, filtros, tubulações, etc.

A determinação da precipitação média local é obtida em função de dados publicados a nível local, no município de Itajubá, conforme Barbosa (2006). Através de dados a nível nacional pelo site da hidroweb: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Na Tabela 15 a seguir são representados índices pluviométricos do Município de Itajubá – MG:

Tabela 15 – Índices pluviométricos de Itajubá

	Média	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Desvio
Janeiro	302	0	376	450	177	188	379	87	384	222	453	50,2
Fevereiro	195	0	150	170	177	202	99	337	190	233		19,6
Março	143	0	121	117	157	123	169	110	194	157		9,2
Abril	42	87	38	18	7	8	57	105	20	36		-14,4
Mai	61	102	31	22	65	60	35	131	80	26		-58,0
Junho	15	2	55	2	17	1	0	31	16	13		-14,1
Julho	25	0	28	59	6	15	15	52	28	19		-23,5
Agosto	26	17	0	80	24	85	16	3	4	4		-85,4
Setembro	57	73	21	80	62	76	19	4	117	61		6,9
Outubro	108	173	35	90	166	46	118	127	89	131		21,1
Novembro	142	87	64	287	137	120	141	142	63	234		65,2
Dezembro	220	273	295	120	316	292	186	142	137	221		0,4
	1335	814	1214	1494	1311	1216	1234	1268	1321	1355	453	

* (unidade em mm/mês)

Fonte: Estação Pluviométrica UNIFEI (2006).

A determinação da área de coleta: pela norma NBR-10844 de instalações prediais de água pluviais, a área de coleta para o condomínio em estudo será definida como sendo a área horizontal do telhado das duas torres e a área horizontal de cobertura das garagens, conforme equação 06:

$$A_c = B \times L \text{ (m}^2\text{)} \quad (6)$$

Onde:

Ac - Área de coleta (m²), B – Comprimento do telhado (m) e

C - Largura do telhado (m).

A determinação do coeficiente de Runoff: para efeito de cálculo, o volume de águas pluviais que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Assim são estimadas perdas que vão de 10% a 33% do volume precipitado, chamado de coeficiente de Runoff Tomaz (2003). O coeficiente de escoamento superficial é determinado em função do material e do acabamento da área de coleta. Vários estudos determinam o coeficiente de Runoff conforme localização, porém no Brasil ainda não foi estabelecido um coeficiente próprio, sendo assim adotamos os seguintes coeficientes, Tabelas 16 e 17, onde:

C = coeficiente de Runoff

Tabela 16 - Coeficiente de Runoff utilizado em alguns países

Locais	Coeficiente de Runoff
Flórida	0,67
Alemanha	0,75
Austrália	0,80
Ilhas Virgens	0,85

Fonte: Hufkes(1981) e Frasier (1975) Apud: Tomaz (2003)

Tabela 17 - Coeficiente de Runoff utilizado por tipos de telhas.

Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas corrugadas de metal	0,7 a 0,9

Fonte: Hufkes (1981) e Frasier (1975), (apud TOMAZ, 2003).

Conforme pesquisa realizada na Universidade de São Paulo, CIRRA foram constatadas as seguintes características da água de chuva coletada e armazenada em reservatório, Tabela 18.

Tabela 18 – Características da água de chuva.

Características	Valor
Propriedade da água	Mole
Ph	5,8 a 7,6
DBO 5,20	Menor que 10
Coliformes fecais	Mais de 98% das amostras
Bactérias	
Clostrídio sulfito	91% das amostras
enterococos	98% das amostras
pseudomonas	17% das amostras

Fonte: Tomaz (2003)

Determina-se o espaço físico disponível para a instalação de equipamentos e reservatórios. A avaliação da área disponível do condomínio é estabelecida mediante a análise das plantas de arquitetura, identificando a área mais adequada para a construção dos reservatórios e a instalação dos equipamentos.

O projeto do reservatório de descarte que este reservatório destina-se à retenção temporária e posterior descarte de água

coletada na fase inicial da precipitação. Os volumes são determinados em função da qualidade da água durante as fases iniciais de precipitação, que ocorrem após diferentes períodos de estiagem. Podem ser utilizadas algumas técnicas para realização do descarte da água de limpeza do telhado tais como: tonéis, reservatórios de auto limpeza com torneira bóia, dispositivos automáticos.

Recomenda-se o descarte da água das primeiras chuvas, devido à concentração de poluentes tóxicos na atmosfera (ou seja, da troposfera) de áreas urbanas com o Dióxido de enxofre (SO₂) e o Óxido de Nitrogênio (NO), além da poeira e da fuligem acumulada nas superfícies de coberturas e calhas. Em anexo encontra-se a representação do detalhamento de um esquema de funcionamento de descarte.

Os condutores são de alumínio anodizado branco e antes da entrada do reservatório enterrado há um dispositivo, em aço inox, próprio para a separação e descarte de sólidos, como folhas e gravetos.

A água do reservatório enterrado é bombeada para o reservatório superior de água pluvial, localizado na cobertura do prédio. A motobomba é controlada por um sistema de bóias magnéticas localizadas nos reservatórios subterrâneos e no reservatório superior de água pluvial. O dispositivo de descarte de sólidos e a motobomba ficam em abrigo localizado sobre o reservatório subterrâneo, a qual apresenta um visor que possibilita a observação das instalações, conforme os detalhes em anexo.

Conforme Tomaz (2003) para o cálculo do reservatório de descarte da primeira água ou de auto limpeza utiliza uma regra prática.

Primeiramente adota-se um dos parâmetros de medição apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 - Parâmetros para reservatório de autolimpeza.

Local	Parâmetro adotado ($q = L/m^2$)
Flórida	0,4 L/m ²
Dacach (1990)	0,8 a 1,5 L/m ²
Guarulhos	1,00 L /m ²

Fonte: Tomaz (2003)

Adotado o parâmetro de medição, o volume do reservatório de autolimpeza é calculado pelo produto da área de coleta de água pluvial pelo parâmetro adotado.

Pode-se dimensionar o reservatório de limpeza através da vazão da calha pela NBR 10844/89, equação (7), que será a vazão máxima que chegará à caixa de autolimpeza.

$$Q = I \times Ac / 60 \quad (7)$$

onde:

Q = vazão do projeto (L/min)

Ac = área de coleta de água pluvial ou área de contribuição (m²)

I = Intensidade pluviométrica (mm/h)

Existem vários métodos para determinação do volume de água a ser coletado. Segundo May (2006) do CIRRA, podemos utilizar a equação (8), onde:

$$Q = P \times A \times C \times n \quad (8)$$

Onde:

Q - Volume mensal ou diário de água de chuva (m³).

P - Precipitação média mensal ou diária (mm) ou (m).

Ac - Área de coleta (m²).

C - Coeficiente de Runoff.

n – eficiência do sistema de captação.

O projeto do reservatório de armazenamento, destina-se à retenção das águas pluviais coletadas. Os volumes são calculados

com base mensal, considerando-se o regime de precipitação local e as características de demanda específica de cada edificação.

Geralmente, o reservatório de armazenamento é o componente mais dispendioso do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais, devendo, portanto, ser dimensionado com bastante critério para tornar viável a implementação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

O dimensionamento do reservatório deve ter como base, entre outros, os seguintes critérios: custos totais de implantação, demanda de água, disponibilidade hídrica (regime pluviométrico) e confiabilidade requerida para o sistema.

No caso da ocorrência de um volume de precipitação superior à capacidade de armazenamento do reservatório, a água excedente escoar pelo extravasor do reservatório subterrâneo para rede pública de esgoto pluvial. Caso não haja água de chuva suficiente no reservatório subterrâneo para suprir o reservatório superior de água pluvial, este é automaticamente alimentado pelo sistema de abastecimento de água.

Para o cálculo do dimensionamento do reservatório é utilizado um método muito comum em hidrologia, o diagrama de massas para regularização de vazões em reservatórios. Este estudo garante o abastecimento constante da água tanto no período chuvoso quanto seco.

No diagrama a ordenada corresponde ao acúmulo dos volumes e a abscissa ao tempo. Hidrologia (EPUSP, 1980; apud TOMAZ, 2003).

O método utiliza uma série histórica de precipitações mensais, o mais longo possível. Pode ser resolvido para demanda constante ou variável e também pode ser resolvido para chuvas mensais ou diárias. Utiliza dois tipos de métodos: o analítico e o gráfico.

No método analítico denominado Diagrama de Rippl, para demanda constante e chuvas mensais, o dimensionamento do volume do reservatório parte dos seguintes dados:

- demanda média mensal do condomínio;
- área de captação de chuva das duas torres do condomínio;
- coeficiente de Runoff adotado.

A tabela 20 é um modelo de cálculo de dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para demanda constante, sendo usadas as chuvas médias mensais do local do empreendimento em estudo para uma determinada área de captação de água de chuva Tomaz (2003).

Tabela 20 – Método analítico de Rippl (demanda constante e chuvas mensais).

Meses	Chuva média mensal. (mm)	Demanda constante mensal (m3)	Área de captação (m2)	Volume de chuva mensal (m3)	Diferença entre os volumes da demanda. (m3)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m3)	Obs.
Janeiro							
Fevereiro							
Março							
Abril							
Maio							
Junho							
Julho							
Agosto							
Setembro							
Outubro							
Novembro							
Dezembro							
Total							

Fonte: Tomaz (2003)

Procedimentos dos cálculos para as colunas da tabela:

Coluna 01: período de tempo que vai de janeiro a dezembro;

Coluna 02: chuvas médias mensais em milímetros do município em estudo;

Coluna 03: demanda mensal é calculada em função dos usos previstos para o sistema. O volume total da demanda ou do consumo deve ser menor ou igual ao volume total de chuva da coluna 05;

Coluna 04: é a área de captação de água de chuva que é suposta constante o ano inteiro;

Coluna 05: Aqui os volumes mensais disponíveis da água de chuva. É obtido multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de Runoff adotado e dividindo-se por 1000, para que o resultado do volume seja em metros cúbicos;

Coluna 06: Nesta coluna, estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. É, na prática a coluna 3 menos a coluna 5. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível;

Coluna 07: Aqui estão as diferenças acumuladas da coluna 6, considerando apenas os valores positivos. Admiti-se a hipótese inicial de o reservatório estar cheio. Os valores negativos não foram computados, pois correspondem a meses que há excesso de água (volume disponível superando a demanda);

Começa-se com a soma dos valores positivos, prosseguindo até que a diferença se anule, desprezando-se todos os valores seguintes, recomeçando-se a soma quando aparecer o primeiro valor positivo Garcez, (1960).

Coluna 08: O preenchimento da coluna 8 é feito usando as letras E, D e S sendo

E – água escoando pelo extravasor.

D – nível de água baixando.

S – nível de água subindo.

O volume do reservatório corresponde ao um suprimento de água de maior volume.

Segundo Tomaz (2003), este método não é muito aconselhado, pois fornece um volume de reservatório muito alto. Este método serve para se obtenha uma referência de limite superior do tamanho do reservatório.

A análise de Simulação do reservatório e eficiência é uma outra maneira de se calcular o volume do reservatório para o aproveitamento de chuva, que é arbitrar um determinado volume e verificar o que acontece com a água que vai sobrar (*overflow*) e com a água que vai faltar (terá um suprimento de outra fonte de água). Neste cálculo supõe-se conhecido o volume e verifica-se o que acontece.

Esta análise de simulação de um reservatório supõe duas hipóteses básicas:

- a) O reservatório está cheio no início da contagem do tempo t ;
- b) Os dados históricos são representativos para as condições futuras;

McMahon (1993), diz que este método tem quatro atributos importantes;

- a) é simples de ser usado e facilmente entendido;
- b) o uso de dados históricos incorpora os períodos críticos de seca;
- c) a análise pode usar dados diários ou mensais (mais usada);
- d) problemas sazonais e complicados são tomados em conta no uso da série histórica.

McMahon (1993) aplicou a equação (9) da continuidade a um reservatório finito para um determinado mês.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} - PV_{(t)} - L_{(t)} \quad (9)$$

Onde:

$S_{(t)}$ - volume de água no reservatório no tempo t ;

$S_{(t-1)}$ - volume de água no reservatório no tempo $(t-1)$;

$Q_{(t)}$ - volume de chuva no tempo (t) ;

$D_{(t)}$ - consumo ou demanda no tempo (t) . No caso supomos constante.

$PV_{(t)}$ - perda por evaporação no tempo (t) ;

$L_{(t)}$ – outras perdas no tempo t (como vazamentos). Supõe $L=0$

V – volume do reservatório fixado.

$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{Área de captação}$

Tudo isto sujeito a seguinte restrição: $0 \leq S (t) \leq V$

A grande vantagem deste método é escolher mais facilmente o dimensionamento mais econômico do reservatório e verificar o risco.

Através da Tabela 21 é possível executar o método de Análise de Simulação para reservatório com demanda constante, considerando a média mensal das precipitações.

Tabela 21 – Análise de simulação do reservatório.

Mês	P (mm)	D _(t) (m3)	A (m2)	Q _(t) (m3)	V (m3)	S _(t-1) (m3)	S _(t) (m3)	Ov (m3)	S (m3)
Jan									
Fev									
Mar									
Abr									
Mai									
Jun									
Jul									
Agos									
Set									
Out									
Nov									
Dez									
Total									

Onde: A – área de captação; P – Chuva média (mm); Ov – *overflow* – água que está sendo jogada fora; S – suprimento de água de outra fonte de abastecimento.

Fonte: Tomaz (2003).

Para o cálculo do volume de chuva adota-se um coeficiente de Runoff $C = 0,80$ que é o mais comum.

Os procedimentos dos cálculos para as colunas da Tabela 21 são:

Coluna 01: período mensal de janeiro a dezembro;

Coluna 02: chuvas médias mensais em milímetros (série sintética);

Coluna 03: consumo mensal de água não potável;

Coluna 04: é a área de captação de água de chuva, que é a área de todo telhado disponível;

Coluna 05: Aqui os volumes mensais disponíveis da água de chuva. São obtidos multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de Runoff adotado e dividindo-se por 1000, para que o resultado do volume seja em metros cúbicos;

Coluna 06: o volume do reservatório é fixado é arbitrado e depois verificado o *overflow* e a reposição de água, até escolher um volume adequado;

Coluna 07: é o volume do reservatório no início da contagem do tempo. Ao considerar que no início do ano o reservatório está vazio e que o primeiro valor da coluna corresponde ao mês de janeiro, o valor será de zero. Os demais valores são obtidos usando a função "SE" do excel: SE (coluna 8 < 0; 0; coluna8);

Coluna 08: fornece o volume do reservatório no fim do mês, para o volume adotado no mês de janeiro refere-se ao volume do reservatório no último dia de janeiro, onde percebe que o reservatório está cheio. O cálculo da coluna é da seguinte maneira: Coluna 8 = SE (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3 > coluna 6; coluna 7; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3).

Nota: Alguns resultados podem ser negativos. Deve ser entendido como água necessária para reposição. Aparecerá o mesmo valor com sinal positivo na coluna 10.

Coluna 09: É relativa ao *overflow*, o quanto de água que sobra e é jogada fora sendo obtida através do cálculo: Coluna 9 = SE (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) > coluna 6; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3 – coluna 6;0);

Coluna 10: aqui se mostra a necessidade de reposição de água, que deve vir de outra fonte de água (abastecimento público, reuso, etc.);Calcula da seguinte maneira: Coluna 10 = SE

(coluna 7 + coluna 5 – coluna 3 < 0; -(coluna 7 + coluna 5 – coluna 3);0).

Comparando os dois métodos, conclui-se que o primeiro serve de base para estimar o volume do reservatório, enquanto que o segundo possibilita um dimensionamento mais econômico e a verificação dos riscos.

O projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.), que são os dispositivos usados em reservatórios de águas pluviais podem ser industrializados ou construídos manualmente. Neste trabalho será analisada a utilização dos diversos filtros industrializados e componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva.

A seguir são apresentados alguns modelos de filtros mais utilizados e demais componentes para um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Filtros Industrializados

- **Filtros tipo Vortex**

Os filtros tipo Vortex, Figura 16 são instalados geralmente enterrados e recolhem a água de chuva proveniente de uma rede de caixas de passagem no piso que por sua vez recebem a água dos coletores verticais de água de chuva. Sua tampa é dimensionada para, inclusive, suportar cargas de tráfegos de veículos. Este filtro é instalado à montante do reservatório de armazenagem de água de chuva. Os modelos disponíveis no mercado filtram partículas de até 0,28mm. O filtro é circular e a entrada da água de chuva ocorre tangencialmente pelo compartimento superior do filtro forçando o movimento centrífugo da água, lançando-a contra uma tela vertical que contorna todo o perímetro e está localizada no compartimento inferior. A água que não passar pela tela segue diretamente para o

fundo do filtro, onde está localizado o dreno de descarte, junto com as impurezas como folhas, galhos, insetos, musgo e outros.

Em função da geometria deste filtro, até que sua tela de filtragem esteja completamente úmida, a água que passa por ele é descartada, promovendo um descarte da primeira água, além de reter os sólidos até 0,28mm. Porém não há como dimensionarmos o volume de descarte por este filtro, não podendo ser considerado então como um dispositivo de descarte, mas mesmo assim, em função deste descarte não dimensionado, da sua tela de filtragem e considerando que o reservatório de armazenagem trabalhará também como tanque de sedimentação, pode-se descartar o uso de um sistema específico de descarte da primeira água. Este filtro aproveita aproximadamente 85% da água de chuva que passa por ele.



Fonte: Catálogo técnico da (AQUASTOCK, 2007)
 Figura 16 – Filtro tipo Vortex.

- **Filtros de descida**

Os filtros de descida, Figura 17 são instalados diretamente nos coletores verticais de água de chuva separando as impurezas e encaminhando a água filtrada para o reservatório de armazenagem de água de chuva. Assim como o filtro tipo Vortex, os filtros de descidas aproveitam aproximadamente 85% da água e filtram partículas de até 0,28mm. São construídos geralmente em aço inox ou em cobre. São apropriados para construções existentes e com condutores de água de chuva instalados externos à alvenaria.



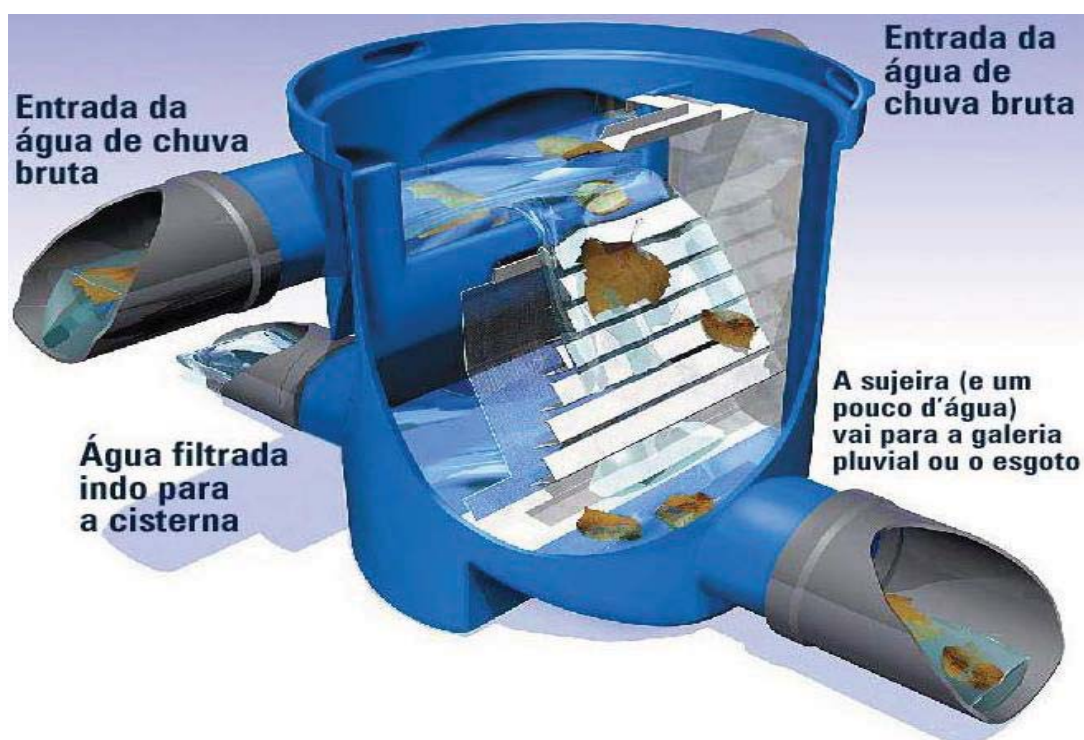
Fonte: Catálogo técnico da (AQUASTOCK, 2007)
Figura 17 – Filtro de descida.

- **Filtro volumétrico**

O filtro volumétrico assemelha-se muito com filtro tipo Vortex, pois é instalado da mesma forma e sob as mesmas condições

apresentadas acima para o filtro tipo Vortex. As diferenças básicas são que o filtro volumétrico possui duas entradas para água de chuva e o princípio de funcionamento interno é diferente.

O filtro volumétrico, Figura 18 possui compartimento único que é dividido por uma tela inclinada que conduz as impurezas para o bocal de saída para descarte e libera a passagem da água filtrada para o bocal que conduz a água para o reservatório de armazenagem de água de chuva.



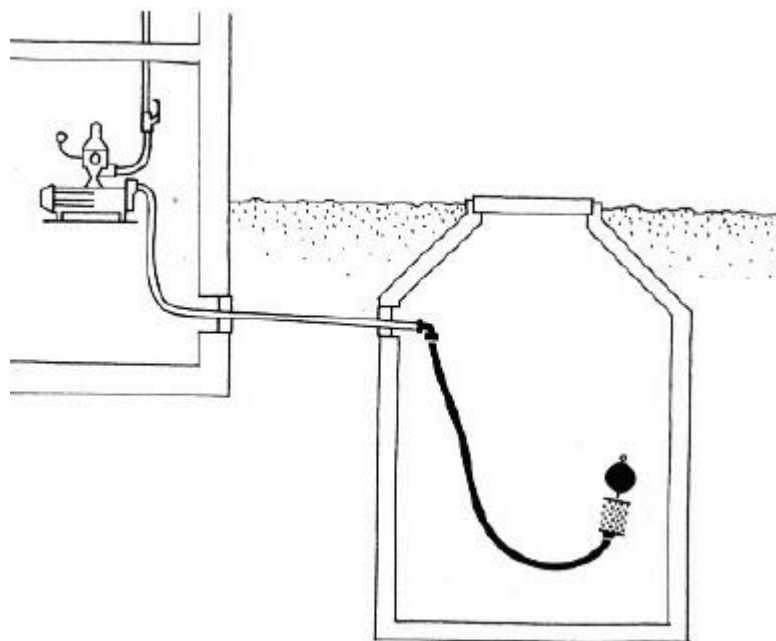
Fonte: Catálogo técnico da (3P TECHNIK, 2007)

Figura 18 – Filtro volumétrico.

- **Filtros flutuantes de sucção**

Os filtros flutuantes de sucção, Figura 19 são utilizados geralmente em conjunto com filtros do tipo Vortex ou do tipo volumétrico ou ainda independente, dependendo da destinação da água. Estes filtros são instalados na tomada de água da bomba que faz a captação da água do reservatório de armazenagem de água de chuva e recalca água para o reservatório superior. O filtro flutuante de sucção possui um flutuador esférico que permite que o ponto de

sucção acompanhe o nível da água no interior do reservatório, assegurando que a água seja captada na parte superior, que é onde está mais limpa, devido à sedimentação que ocorre no interior do reservatório de armazenagem. Este filtro possui uma válvula de retenção acoplada e filtra partículas de até 0,30mm.



Fonte: Catálogo técnico da (AQUASTOCK, 2007)
Figura 19 – Filtro flutuante de sucção

Demais componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva:

- **Freio d'água**

Mesmo com a utilização de telas de filtragem à montante da entrada de água no reservatório de armazenagem de água de chuva, este reservatório acumula uma elevada quantidade de partículas que acabam sedimentando no fundo do reservatório. A entrada de água no reservatório não deve dificultar esta sedimentação, evitando dentro do possível, a ocorrência de turbulências quando a água é lançada no interior do reservatório.

Para que estas turbulências não ocorram (ou sejam minimizadas) é necessário que o tubo que alimenta o reservatório de armazenagem

de água de chuva seja conduzido até o fundo e que em sua extremidade exista um dispositivo que inverta o sentido do fluxo para cima, quebrando a velocidade da água. A este dispositivo dá-se o nome de freio d'água.

Existem disponíveis no mercado alguns modelos de freio d'água para instalação em tubulações de Ø100mm em PVC Rígido tipo esgoto, Figura 20, e em tubulações de Ø110mm em polipropileno, Figura 21.



Fonte: Catálogo técnico da (3P TECHNIK, 2007)
Figura 20 – Freio d'água da 3P Technik.



Fonte: Catálogo técnico da (AQUASTOCK, 2007)
Figura 21 – Freio d'água da Wisy.

- **Sifão ladrão**

Como não se pode ter o controle sobre a quantidade de água que entra no reservatório de armazenagem de água de chuva, deverá ser prevista uma forma de extravasar o excesso de água nas épocas de chuvas intensas. Porém, esses extravasores não poderão ser iguais aos que se instala em reservatórios de água potável nos quais tem-se uma tubulação de descarte que deságua livre em algum local apropriado, neste caso, como o descarte do reservatório deverá ser encaminhado para a rede coletora de águas pluviais, é possível que tenhamos insetos e pequenos animais na rede de águas pluviais que com a ligação do extravasor nesta rede terão acesso ao interior do reservatório. Desta forma deve-se prever um dispositivo que além de extravasar o excesso de água também tenha um sifão acoplado que impeça a entrada de tais animais. Este sifão ladrão pode ser executado com a própria tubulação ou pode-se utilizar os que existem disponíveis no mercado, Figura 22.



Fonte: Catálogo técnico da (3P TECHNIK, 2007)

Figura 22 – Sifão ladrão.

- **Válvula solenóide**

A melhor alternativa para a interligação com a rede da concessionária é um registro de acionamento remoto (válvula solenóide) comandado por uma chave bóia eletrônica no interior do

reservatório que mantivesse o nível da água nas épocas de estiagem prolongada, Figura 23.

Um cuidado deverá ser tomado com esta bóia de nível, pois ela não poderá encher completamente o reservatório com água da concessionária, pois quando vier a chuva, o reservatório estará cheio e a água de chuva será descartada. A chave bóia deverá ser regulada para apenas manter um nível de água mínimo para o consumo diário no interior do reservatório de armazenagem.



Fonte: Catálogo técnico da (3P TECHNIK, 2007)

Figura 23 – Kit de interligação automático da Wisy (Válvula solenóide, bocal separador e registro manual).

3.3.3 - Análise da demanda dos usos das águas do condomínio

De acordo com o Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações, SINDUSCON – SP, as especificações de louças, metais sanitários e equipamentos hidráulicos é um dos fatores que determinam o maior ou menor consumo de água em uma edificação, durante toda sua vida útil.

Assim a determinação da demanda local diária do condomínio foi calculada conforme cada uso previsto dos equipamentos hidráulicos para utilização da água de reuso e da água pluvial

conforme suas especificações e obedecendo as normas para instalações de água potável e águas pluviais.

Neste estudo os usos previstos para cálculo da demanda são:

a) Irrigação de Jardins por aspersão

$$Q = A \times C,$$

onde:

Q - Vazão L/dia

A - Área de irrigação - m²

C - Consumo de água 6L/m². dia

b) Descargas de bacias sanitárias

$$Q = N \times C,$$

onde:

Q - Vazão L/dia

N - Número de pessoas

C - Contribuição de despejos 30 L/pessoaxdia

c) Áreas de limpeza

$$Q = A \times H,$$

onde:

A - Área de limpeza - m²

H - Altura considerável de 0,002 m

3.3.4 – Estudo de alternativas para reuso das águas

3.3.4.1 – Planejamento para reuso de águas cinzas e pluviais.

O projeto hidrosanitário é distribuído de uma forma diferenciada dos sistemas convencionais, porque é composto de três caixas d'água: caixa d'água da água potável da COPASA, caixa d'água de água cinzas e/ou caixa d'água de água pluvial. A distribuição de água para o vaso sanitário, áreas de pátios de garagens, passeios e áreas de irrigação são captadas do reservatório de água cinzas ou de água pluvial. Estas águas antes de serem bombeadas para o

reservatório superior recebem os devidos tratamentos e armazenamentos em reservatórios subterrâneos com capacidade de demanda da água para os usos previstos do projeto das águas do condomínio em estudo. Os restantes dos barriletes captam águas dos reservatórios de água potável para abastecimento dos pontos hidráulicos: chuveiro, lavatório, máquina de lavar roupa e pia de cozinha.

Todo esgoto é separado por colunas que separam o esgoto dos chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas do esgoto do vaso sanitário e pias de cozinha. Estes esgotos são encaminhados de acordo com o destino que será dado a essas águas: as águas cinzas são encaminhadas para reservatórios de tratamentos específicos para água de reuso e as águas negras são encaminhadas para rede de captação de esgoto urbano do município.

O planejamento hidrosanitário é traçado de acordo com a definição do sistema de reuso adequado ao condomínio para que seja especificada a distribuição das peças hidráulicas de forma que operem com máxima eficiência e simultaneamente.

As fontes alternativas de água para implantação do sistema de reuso de água para o condomínio em estudo são as seguintes:

- a) Substituição da água da concessionária COPASA por água de uso menos nobres, tratadas no próprio condomínio;
- b) As águas de usos menos nobres correspondem a demanda de água para abastecer o vaso de descarga, a irrigação de áreas verdes e a limpeza de pátios e calçadas;
- c) São selecionadas quatro alternativas dispostas de medidas para as diversas aplicações do sistema de reuso cabíveis para o condomínio Dona Julia contemplando suas tecnologias, os custos de manutenção e seus investimentos assim definidas;

- 1ª) Empresa ALPINA – Reuso de Água cinza
- 2ª) Empresa CONSTRUSANE – Reuso de Água cinza
- 3ª) Rastro engenharia - Aproveitamento de Água Pluvial
- 4ª) Empresa PROJELET – Aproveitamento de Água Pluvial.

A alternativa que melhor justificar a rentabilidade da implantação do sistema reuso de água para o condomínio vis-à-vis com o impacto de energia elétrica que este sistema incrementa para o condomínio.

3.3.4.1 - Sistemas de reuso de águas cinzas e águas pluviais.

1º) A empresa ALPINA AMBIENTAL, tem como lema: “Preservamos água, energia e meio ambiente”. Sua filosofia é garantir quantidade de água de reuso suficiente e a qualquer tempo para suprir as necessidades do empreendimento e de fato haver uma economia de recursos naturais e financeiros. Possui equipe técnica altamente qualificada com notáveis experiências nas áreas de meio ambiente, projeto e fabricação de equipamentos. Alguns dos projetos desenvolvidos por sua equipe encontram-se no anexo.

Os equipamentos DBR são estações de tratamento de Esgotos que utiliza tecnologia de Discos Biológicos Rotativos, consagrada mundialmente pela sua eficácia e baixo custo operacional.

Estes equipamentos são projetados para uma grande faixa de contribuição, possibilitam utilização em unidades unifamiliares, podendo ainda tratar efluentes de condomínios, bairros e até municípios. O sistema DBR, além de ter uma operação praticamente inaudível e inodora, também permite que o efluente gerado seja reusado para os mais diversos fins, como por exemplo, a reposição de água em torres de resfriamento, sistemas de lavagem de máquinas e equipamentos, descargas de toaletes, irrigação, entre outros.

São adotados parâmetros de projeto para a caracterização do afluente admissível ao tratamento.

A proposta é desenvolvida admitindo-se o recebimento de efluentes domésticos com as seguintes características:

- Vazão média (fornecida);
- Coeficiente de máximo consumo horário (adotado);
- DBO (adotada);
- Óleos e Graxas (adotado);

A qualidade do efluente produzido pelo tratamento caracterizadas no projeto deverão ser revistas na ocasião do projeto executivo, após o conhecimento efetivo da qualidade do efluente necessária para reuso.

2ª) A empresa Construsane Construção e Saneamento Ambiental: utiliza os dispositivos fabricados pela Rotogine e comercializados pela Construsane já foram longamente testados, normatizados e utilizados na Europa e no Brasil, no entanto, em parceria com pesquisadores e universidades estes resultados são sempre auferidos.

A eficácia do sistema SEPTODIFUSOR foi evidenciada desde 1977 nos Estados Unidos e no Canadá. A análise e estudos foram feitos tanto em pilotos de laboratório quanto em sítios reais. Em 1992, havia mais de mil instalações nos Estados Unidos.

Este processo foi desenvolvido na Suécia desde 1991 e anualmente, são instalados seiscentos sistemas individuais, bem como uma dezena de sistemas coletivos.

Os parâmetros de projeto são determinados admitindo os efluentes domésticos com as características da Vazão média fornecida, Coeficiente de máximo consumo horário adotado, DBO adotada e Óleos e Graxas adotado.

Também a qualidade do efluente produzido pelo tratamento e os resultados experimentais do sistema de septodifusor, filtro biológico enterrado, deverão ser revistos na instalação do sistema.

3ª) A prestadora de serviços Rastro engenharia trabalha com construções de médio e grande porte, desenvolvendo projetos e

executando obras. Atua no mercado há mais de 20 anos e atualmente desenvolve projetos para sistemas de reuso e aproveitamento de águas de chuvas para condomínios residenciais.

4ª) A empresa Projelet é uma empresa de projetos de sistemas prediais que acredita no aproveitamento de água chuva para fins não potáveis e apóia o trabalho que a AQUASTOCK desenvolve dando suporte para todo Estado de Minas Gerais.

As duas empresas Rastro Engenharia e Projelet dimensionam o reservatório subterrâneo de armazenagem da água de chuva utilizando o método de Rippl que leva em consideração as médias históricas mensais ou até mesmo médias diárias (no estudo de caso serão utilizadas as médias mensais). Este método é o que melhor possibilita o dimensionamento do reservatório de água de chuva, pois ainda não existe uma fórmula precisa que determine o volume ótimo de um reservatório de armazenagem de água de chuva.

Quanto à qualidade do efluente produzido pelo tratamento de água pluvial, segue as recomendações da norma aprovada pela ABNT/CEET-00.001.77 - 2º PROJETO 00.001.77-001 em agosto de 2007, quanto à desinfecção, fica a critério do projetista, podendo utilizar derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante deve ser usado derivado clorado. Quando utilizado o cloro residual livre deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

3.3.5 – Análise de Viabilidade Econômica.

O estudo de viabilidade econômica dos investimentos de sistemas de reuso para o condomínio Dona Julia tem como objetivo determinar quais alternativas são rentáveis ou não, ou seja, qual capital investido retornará ao condomínio analisando os investimentos iniciais, as despesas operacionais e as receitas resultantes da economicidade de cada sistema.

O mecanismo de trabalho é montar um fluxo de caixa para operar os cálculos pelos métodos do Valor Presente e do Payback, adotando critérios para estabelecer a tomada de decisão entre as alternativas dos investimentos.

- Montagens dos Fluxos de Caixa: os cálculos são efetuados através das planilhas eletrônicas, considerando: os desembolsos mensais previstos para manutenção dos sistemas, os gastos para a reposição dos equipamentos, a tarifa da conta da energia elétrica do condomínio Dona Julia estimados por um período de mínimo múltiplo comum da vida média dos equipamentos de cada sistema.
- Taxa Mínima de Atratividade – TMA: a taxa mínima de atratividade, também chamada de custo de oportunidade ou taxa de desconto, definida neste estudo como a taxa paga pelo Mercado Financeiro em investimentos correntes da conta poupança.
- Valor Presente – VP: o valor presente resultante da soma de todas as capitalizações do fluxo de caixa é calculado pelo valor presente da taxa de juros, utilizando a TMA para *determinar o VP*.
- Payback: utilizado para análise dos investimentos com ênfase em eficiência energética, o cálculo do payback simples é o quociente entre os custos com a implantação das alternativas pela redução obtida na conta de energia elétrica do condomínio Dona Julia.
- Os critérios para definir os resultados das planilhas de viabilidade econômica são:

1º) Se o valor presente for positivo, a alternativa do investimento é atrativa e quanto maior o valor positivo, mais atrativa é a proposta.

2º) A melhor alternativa será aquela com o menor tempo de retorno do capital investido e conseqüentemente o maior valor presente das alternativas .

CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 – Resultados da oferta e demanda de águas

A Tabela 22 apresenta os resultados dos cálculos das vazões de ofertas e demandas das águas do Condomínio Residencial Dona Júlia.

Tabela 22 – Resultados da oferta e demanda de águas do Condomínio Dona Júlia

DADOS DE OFERTA DE ÁGUA	L/DIA
Vazão média de esgoto total gerado	72.160,00
Vazão média de esgoto dos chuveiros	14.432,00
Vazão média de esgotos da máquina de lavar roupa	12.998,00
Vazão média de esgotos do lavatório	9.381,00
Total da vazão média de esgotos de águas cinzas	36.811,00
Vazão máxima de esgoto de água cinza	66.260,00
Vazão mínima de esgoto de água cinza	18.406,00
Vazão de água de chuva – área de captação das duas torres	2.490,00
Vazão de água de chuva – área de captação das torres e garagens	6.880,00
DADOS DE DEMANDA DE ÁGUA	L/DIA
Vazão total de água potável	60.000,00
Vazão de água para descarga do vaso sanitário	12.300,00
Vazão de água para limpeza de áreas	6.000,00
Vazão de água para irrigação	2.220,00
Vazão total de água de reuso – Demanda diária	20.520,00

4.2 – Resultados das alternativas para sistema de reuso.

1º) A empresa ALPINA EQUIPAMENTOS IND. LTDA apresentou um sistema aerox-100 marca alpina, para implantação da estação de tratamento em referência em regime de “*turn key*”, com produção de efluente com qualidade de reuso adotou os parâmetros para águas cinzas com características do afluente admissível ao tratamento do esgoto e da qualidade do efluente produzido pelo esgoto do Condomínio Dona Júlia de acordo com as Tabelas 24 e 25.

Tabela 23 - Características do afluente admissível ao tratamento.

Vazão média	36 m ³ /dia
Coefficiente de máximo Consumo (adotado)	1,5
DBO (adotado)	< 150 mg/l
Óleos e graxas (adotado)	< 50 mg/l

Tabela 24 - Qualidade do efluente produzido pelo tratamento.

DBO estimada do efluente	< 50 mg/l
pH	entre 6 e 9

As etapas da operação do sistema são detalhadas por um fluxograma em anexo do processo do sistema DBR do Residencial Dona Júlia cujas características deverão ser confirmadas no momento da colocação da ordem de compra. Os custos dos serviços e materiais do sistema DBR da empresa ALPINA para implantação do sistema no Residencial Dona Júlia está discriminado na Tabela 26.

Tabela 25 – Custo total da Implantação do Sistema aerox-100.

Serviço e materiais	Valor R\$
Fornecimento de equipamentos do sistema.	152.611,90
Projetos executivos de hidráulica, civil e elétrica.	33.065,91
Obras civis	73.006,49
Total	258.684,30

Fonte: Alpina (2005)

As Tabelas 26 e 27, relacionam os custos operacionais dos equipamentos e do descarte do lodo do Sistema Aerox 100.

Tabela 26 – Custos Operacionais dos equipamentos.

Equipamento	Quantidade	Potência instalada	Potência total	Consumo de Energia do Sistema	Custo (ANEEL)	Custo Mensal
	(un)	(HP)	(HP)	(kWh/mês)	(R\$/kwh)	(R\$/mês)
Aerox 100	1	1	1	322	0,6841	220,28
Bombas operantes	2	0,5	1	537	0,6841	367,36
Ozonizador	1	1,00	1	537	0,6841	367,36
Total – Energia Elétrica (R\$/mês)						955,00

Fonte: Alpina (2006)

Tabela 27 – Custo Operacional do descarte do lodo.

Item	Produção mensal	Custo	Custo mensal
	(m ³ /mês)	(R\$/m ³)	(R\$/mês)
Descarte de lodo@ 1% SST	19	1,20	22,80
TOTAL (R\$/mês)			22,80

Fonte: Alpina (2006)

2º) A segunda proposta é da empresa CONSTRUSANE CONSTRUÇÃO E SANEAMENTO AMBIENTAL LTDA, com Implantação de um sistema local de tratamento de esgoto com reuso, utilizando:

- UM REATOR pré-fabricado UASB (*Upflow Anaeróbia Sludge Blanket*) anaeróbio de leito fluidificado de 9,00 m³ (2,3 x 2,7 x 3,00)
- VINTE SEPTODIFUSORES II (módulo de 1,20 m x 1,00 m x 0,44 m), formado por um quadro e placas de polietileno.
- Desinfecção com um tratamento físico que se baseia na purificação e benefícios que os raios ultravioletas do sol proporcionam à natureza, mantendo o controle das bactérias. Consiste na passagem da água ou do esgoto tratado por um

canal onde recebe radiação ultravioleta gerada por lâmpadas especiais.

A Tabela 28 mostra os resultados obtidos de inúmeras instalações do sistema em várias regiões do mundo pela empresa, que a permitem considerar como parâmetros para o reuso de água após tratamento complementar para o Residencial Dona Julia.

Tabela 28 – Resultados médios de purificação

	Esgoto bruto	Entrada septodifusor	Saída septodifusor	Rendimento	Taxa admitida na França – maio/96
SNF	289 mg/L	75 mg/L	15 mg/L	95%	30 mg/L
DQO	781 mg/L	448 mg/L	67 mg/L	91%	
DBO 5,20	376 mg/L	165 mg/L	12 mg/L	97%	40 mg/L
NH 4		48 mg/L			
NTK	70 mg/L	53 mg/L	22 mg/L	69%	
O 2					

Fonte: Assainissement individuel e regroupé pour em pays chauds François Neveux “in emória”
 Adresse postale: 1298 Imbertis, Route de Sainte Radegonde, 47240 Bon Rencontre –
 França

A Tabela 29 relaciona os custos para implantação do sistema UASB no Residencial Dona Júlia.

Tabela 29 – Resultados dos custos da implantação do reator UASB.

Serviços e materiais	Custos (R\$)
Equipamentos	89.398,95
Materiais	16.249,05
Total	105.648,00

O processo de tratamento das águas cinza geradas pelo condomínio será operado em duas etapas. A primeira etapa do tratamento é anaeróbia através do reator UASB e a segunda etapa é aeróbia através do filtro biológico aeróbio com septos difusores em

polietileno ROTOGINE. Equipamentos estes que não dependem de energia elétrica para operar o sistema.

Segundo o engenheiro José Celso Becca responsável pela empresa Construsane, orienta sobre a necessidade da retirada do lodo do reator uma vez por ano e uma supervisão nos equipamentos. Sendo assim o custo operacional mensal deste sistema é de R\$150,00 (cento e cinquenta reais).

Quanto aos Custos dos reservatórios superiores de águas cinzas e do sistema de recalque estão relacionados na Tabela 31 bem como os equipamentos, materiais e mão de obra para que as águas cinzas depois operadas e tratadas sejam bombeadas e armazenadas no reservatório de água cinza localizado na cobertura das torres do condomínio residencial Dona Júlia juntamente com os reservatórios de água potável e/ou água pluvial e devem ser executados rigorosamente de acordo com os projetos hidráulicos de instalação, diferenciando nas cores e nomenclaturas das águas para que não haja enganos.

Tabela 30 – Relação de custos para o recalque das águas cinzas.

Item	Descrição	Unidade	Quant	Preço Unit (R\$)	Valor total (R\$)
1	Materiais hidrosanitários, bombas.	vb			19.183,37
2	Base do reservatórios	vb			1.250,00
3	Mão de obra	vb			1.850,00
	Total				22.283,37

3ª) A RASTRO engenharia propôs trabalhar com duas alternativas: a primeira considerando só a captação de água dos telhados das duas torres do condomínio e segunda proposta considerando as áreas das torres e mais as áreas da cobertura da garagem, utilizando cálculos pelo método de Rippl para demanda constante e o cálculo pelo método de análise de simulação do reservatório. A Tabela 31 apresenta os resultados da aplicação do método Rippl para demanda

constante considerando a área de cobertura de 850 m² para coleta da água pluvial.

Tabela 31 – Resultados do Método de Rippl para área de 850 m².

Mês	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre Demanda e Volume de Chuva (m ³)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m ³)
Jan.	302	30	850	205	-175	
Fev.	195	30	850	133	-103	
Mar	143	30	850	97	-67	
Abr.	42	30	850	29	1	1
Mai	61	30	850	41	-11	-10
Junh	15	30	850	10	20	20
Julh	25	30	850	17	13	33
Ago.	26	30	850	18	12	45
Set.	57	30	850	39	-9	37
Out.	108	30	850	73	-43	-7
Nov.	142	30	850	97	-67	-73
Dez	220	30	850	150	-120	-193
Total	1336	360		908		

DADOS OBTIDOS:

COLUNA 1 – Meses de janeiro a dezembro.

COLUNA 2 - Índices pluviométricos do município de Itajubá em mm/mês

COLUNA 3 – Demanda constante mensal está sendo considerada apenas para os usos de irrigação de jardins e limpeza de passeios e das garagens uma vez por semana, ou seja, 4 dias no mês. A demanda é em função da capacidade máxima de volume de chuva anual, esta demanda total mensal deve ser menor ou igual ou volume total anual de chuva. Aqui deve ser levar em conta a área disponível do condômino para instalação do reservatório subterrâneo de água de chuva.

COLUNA 4 – Áreas de captação do telhado das torres do condomínio e do telhado de garagem.

COLUNA 5 – Volume de chuva mensal calculado pela fórmula de vazão de chuva, adotando coeficiente de Runnof de 0,80 é o mais comum.

COLUNA 6 – Diferença entre a demanda e o volume de chuva. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível.

COLUNA 7 - As diferenças acumuladas da coluna 6 são considerando apenas os valores positivos. Admiti-se a hipótese inicial de o reservatório estar cheio. Os valores negativos não foram computados, pois correspondem a meses que há excesso de água (volume disponível superando a demanda). Começa-se com a soma do valor 19, prosseguindo até que a diferença se anule, desprezando-se todos os valores seguintes.

A diferença acumulada resultante da diferença entre a demanda e o volume de chuva se altera nos meses de junho a setembro. O maior destes valores 45 m^3 é definido como o volume do reservatório subterrâneo necessário para reservar toda água de chuva coletada da área de 850 m^2 .

Já para segunda alternativa foi aplicado o método de análise de simulação para reservatórios e demandas constantes para os quais foram necessárias planilhas eletrônicas para efetuar os cálculos. Foram feitas duas simulações para a área de coleta de 850 m^2 e duas simulações para área de coleta de 2.350 m^2 .

Foi arbitrado um volume 30 m^3 e 45 m^3 respectivamente para cada simulação e o volume de chuva mensal da região para verificar o que ocorre com a água que vai sobrar (*overflow*) ou falta água para suprimento do reservatório necessitando de outra fonte de abastecimento. Para isto criamos o esquema da Tabela 33.

Tabela 32 - Simulações do sistema de coleta de água pluvial.

Simulação	Área (m ²)	Demanda (m ³)	Volume do reservatório (m ³)
SM01	850	30	30
SM02	850	30	45
SM03	2350	30	30
SM04	2350	30	45

A verificação foi feita para um período de um ano, observando as ocorrências de *overflow* e o suprimento de água de outras fontes para suprir o reservatório durante todo ano. De acordo com as variações simuladas obtivemos os resultados da Tabela 33.

Tabela 33 - Resultados das simulações do sistema de coleta de água pluvial.

Resultados (anual)	SM01	SM02	SM03	SM04
Precipitação total (mm)	1336	1336	1336	1336
Demanda total (m ³)	360	360	360	360
Volume total de chuva (m ³)	908	908	2512	2512
Overflow (m ³)	534	504	2122	2107
Suprimento (m ³)	15	0	0	0

Dos resultados obtidos concluímos que a SMO1 nos períodos de altos índices pluviométricos existe uma grande sobra de água, mas por outro lado nos períodos de estiagem (seca) este reservatório precisa de 15 m³ de água para suprir a demanda necessária para abastecimento do sistema. Na simulação SMO2 com um volume de 45 m³ adotado para o reservatório de conservação de água pluvial subterrâneo o sistema trabalha sem necessitar de abastecimento de água de outras fontes para suprir as demandas necessárias, principalmente nos períodos de seca. Já as simulações SMO3 e SMO4 consideram a área total de coleta do condomínio, reservando um volume maior de captação de água para abastecer os mesmos pontos de utilização da SMO2. A quantidade de água que sobra destes reservatórios é muito grande para demanda dos pontos de

utilização considerados. Mas por outro lado esta mesma sobra de água não garante o suprimento do sistema ao acrescentar o ponto de utilização do vaso sanitário ao sistema.

A tomada de decisão para este tipo de sistema é a construção de um reservatório subterrâneo de 45 m³ de água pluvial para abastecer um reservatório superior de capacidade de 15 m³ através de bombeamento, abastecendo os pontos de limpeza de pátios e irrigação de jardins. A água será captada do telhado das duas torres do condomínio, através de calhas e coletores de águas pluviais metálicos. A primeira chuva será desviada do reservatório automaticamente através do dispositivo de autolimpeza sem precisar de mão de obra de operação. O reservatório deverá ter um extravasor mínimo de 200 mm e será assentado sobre uma camada de 10 cm de areia, para drenar a limpeza da caixa d'água.

Alguns cuidados especiais deverão ser tomados, tal como, evitar a entrada de luz de sol no reservatório devido ao crescimento de algas. A tampa de inspeção deverá ser hermeticamente fechada. A saída do extravasor deverá conter grades para que não entrem animais pequenos. Uma vez por ano, deverá ser feita a limpeza no reservatório enterrado, removendo a lama existente pela descarga de fundo. Havendo suspeita de que a água do reservatório esteja contaminada, deve-se adicionar hipoclorito de sódio a 10% ou água sanitária. Em hipótese alguma a água de chuva deverá ser usada para fins potáveis.

Também é acrescentado neste sistema um dispositivo automático para autolimpeza da água da chuva com filtros. Foram selecionados os equipamentos das empresas AQUASTOCK e 3P TECHNIC pela larga experiência de mercado em instalações de sistemas de águas pluviais, definidos na Tabela 35 de acordo com o volume de água da área de coleta do Condomínio Dona Julia.

Tabela 34 – Dispositivos para auto-limpeza da água de chuva.

Item	Descrição	Unidade	Quant	Preço Unit R\$	Valor total R\$
1	Filtro para telhado - WFF	Unid	2	2.120,00	4.240,00
2	Kit filtro grosso 1"	Unid	2	520,00	1.040,00
3	Kit de inerligação de 1"	Unid	1	3.300,00	3.300,00
4	Freio água DN 110 mm	Unid	2	325,00	650,00
5	Multisifão DN 110 mm	Unid	2	220,00	440,00
	Total				9.670,00

O Custo Operacional deste sistema não requer operação com equipamentos elétricos. O sistema de bombeamento de água potável do condomínio comporta perfeitamente mais uma bomba para operar o sistema de água pluvial. O acréscimo é muito pequeno em relação ao operacional do condomínio, só havendo necessidade uma supervisão mensal no sistema com um custo de R\$ 150,00 (cento e cinquenta reais).

A Tabela 35 apresenta o custo total que para a implantação do sistema de água pluvial para abastecer apenas as áreas de limpeza e jardins.

Tabela 35 – Custos para implantação do sistema de água pluvial do Condomínio Dona Júlia.

Materiais, serviços e equipamentos	Valor R\$
Custos dos materiais, equipamentos e obras civis do sistema	22.283,37
Custos dos equipamentos do sistema.	9.670,00
Total	31.953,37

4º) A última proposta é da empresa PROJELET - Projetos de Sistemas Prediais Ltda., que propõe determinar o volume do reservatório de água pluvial para 100% de eficiência e análise da eficiência para um reservatório adotado de 75 m³ e área de captação de 850 m² e 2350 m² calculados de acordo com os dados das Tabelas 37, 38, 39 e 40 para abastecer os pontos de utilização do

vaso sanitário, das áreas de jardins e das áreas de pátios e garagens com uma demanda constante de 20 m³ /dia.

A planilha da Tabela 35 é um modelo de cálculo para dimensionar o reservatório subterrâneo estimado em 75 m³, para uma área de coleta de 850 m² para atender uma demanda mensal de 20 m³ com 100% de eficiência do sistema. O resultado do volume suprido por outras fontes e o resultado do volume aproveitável mensal define a porcentagem da eficiência do sistema e qual a economia que este sistema gera para o condomínio em estudo, conforme resultados da Tabela 36.

Tabela 36 – Dimensionamento do reservatório de água de chuva.

Mês	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Volume aproveitável mensal (m ³)	(Volume de mensal) - (demanda) (m ³)	Volume do reservatório no final do mês (m ³)	Volume suprido por outras fontes (m ³)
Jan.	302	600	218,2	381,81		381,81
Fev.	195	600	140,89	459,11		459,11
Mar	143	600	103,32	496,68		496,68
Abr.	42	600	30,35	569,66		569,66
Mai	61	600	44,07	555,93		555,93
Junh	15	600	10,84	589,16		589,16
Julh	25	600	18,06	581,94		581,94
Ago.	26	600	18,79	581,22		581,22
Set.	57	600	41,18	558,82		558,82
Out.	108	600	78,03	521,97		521,97
Nov.	142	600	102,6	497,41		497,41
Dez	220	600	158,95	441,05		441,05
Total	1336	7200	965,26			6.234,74

Tabela 37 – Análise da eficiência do reservatório para área de 850 m².

Volume do reservatório para eficiência de 100%	6.234,74
Volume de água aproveitada no ano	965,26
Eficiência do sistema	13,41%
Custo do m ³ de água potável	R\$ 7,36
Economia anual	R\$ 7.104,31

Da mesma forma como foi analisada a eficiência do sistema anterior será analisado a eficiência do sistema para a área de coleta de 2350 m². Os resultados dos cálculos da Tabela 38 estão indicadas na Tabela 40 e concluídas as análises das simulações.

Tabela 38 – Determinação do reservatório para área de coleta de 2350 m².

Mês	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Volume aproveitável mesal (m ³)	(Volume de mensal) - (demanda) (m ³)	Volume do reservatório no final do mês (m ³)	Volume suprido por outras fontes (m ³)
Jan.	302	600	603,25	-3,25	3,24	
Fev.	195	600	389,51	210,49		210,49
Mar	143	600	285,64	314,36		314,36
Abr.	42	600	83,90	516,11		516,11
Mai	61	600	121,85	478,15		478,15
Junh	15	600	29,96	570,04		570,04
Julh	25	600	49,94	550,06		550,06
Ago.	26	600	51,94	548,07		548,07
Set.	57	600	113,86	486,14		486,14
Out.	108	600	215,73	384,27		384,27
Nov.	142	600	283,65	316,36		316,36
Dez	220	600	439,45	160,55		160,55
Total	1336	7200	2668,66			4.531,34

Tabela 39 – Análise da eficiência para área de coleta de 2350 m².

Volume do reservatório para eficiência de 100%	4.535,59
Volume de água aproveitada no ano	2.668,66
Eficiência do sistema	37,06 %
Custo do m ³ de água potável	R\$ 7,36
Economia anual	R\$ 19.641,34

Comparando os resultados da Tabela 38 e Tabela 39, a empresa Projelet definiu que a melhor opção de operação do sistema para o Condomínio Dona Júlia é implantar um reservatório subterrâneo de 75 m³ captando água pluvial de uma área de coleta

de 2350 m², acrescentando água da concessionária nos períodos de seca para suprimento da demanda necessária para abastecer principalmente o vaso sanitário. É um sistema que obedece todas as recomendações para conservação de águas pluviais e garantias aos condôminos do suprimento de água durante todo ano.

Todo sistema de conservação de água pluvial deve eliminar a primeira água de chuva utilizando dispositivos em reservatórios. A Tabela 40 discrimina os equipamentos e custos dos dispositivos da AQUASTOCK muito empregado nos sistemas desenvolvidos pela Projelet.

Tabela 40 - Discriminação dos equipamentos e custos para descarte da primeira água de chuva.

Item	Descrição	Unidade	Quant	Preço Unit R\$	Valor total R\$
1	Filtro para telhado - WFF	Un	5	2.120,00	10.600,00
2	Kit filtro flutuante grosso 1"	Un	2	1.040,00	960,00
3	Kit de inerligação de 1"	Un	1	3.300,00	3.300,00
4	Freio d'agua DN 110 mm	Un	5	325,00	1.625,00
5	Multisifão DN 110 mm	Un	5	220,00	1.100,00
6	Total				17.585,00

Concluídas as análises e a definição do sistema é orçado todos os custos com a construção e funcionamento do reservatórios e todos os equipamentos necessários para que o sistema opere com 100% de eficiência e garantias da empresa PROJELET está relacionado na Tabela 41.

Tabela 41 – Custos totais para implantação de um sistema de água pluvial para o Condomínio Dona Júlia.

Serviço/ fornecimento	Valor R\$
Fornecimento de equipamentos do sistema e demais equipamentos e obras civis	36.757,50
Fornecimento de equipamentos do sistema e demais equipamentos	17.585,00
Total	54.342,50

A manutenção deste sistema tem a mesma técnica utilizado pela RASTRO engenharia, contabilizando apenas o gasto mensal de supervisão de R\$ 150,00 (cento e cinquenta reais).

4.3 - Resultados do Estudo de Viabilidade Técnica Econômica

Concluído o estudo das soluções alternativas para implantação do sistema de reuso no condomínio, a etapa seguinte é estudar a viabilidade técnica e econômica de cada sistema, determinando qual sistema é mais rentável para o condomínio e quais as implicações para o sistema convencional do condomínio. Os dados para este estudo estão resumidos na Tabela 42, extraído do item anterior.

Tabela 42 – Resultados levantados do Condomínio Dona Júlia

1 – Sistema de água potável - COPASA
Equipamentos de recalque:
7 Bombas Centrifugas de 5 cv
Vazão: 8 m ³ /h e Altura manométrica: 47,30 mca
Custo do sistema de recalque: R\$ 22.283,37
Demanda de água com capacidade de reserva:
Volume total dos reservatórios de água potável: 90 m ³ /dia
Média de consumo de água nos prédios de Itajubá de mesmo padrão
Água COPASA: 750 m ³ / mês
Energia elétrica CEMIG: 985 kWh/mês
Tarifas:
COPASA: R\$ 11,78 (água e esgoto)
CEMIG: R\$ 0,684134 (residencial)
2 - Sistemas de Reuso e conservação de água
Demanda de água: utilização do vaso sanitário, irrigação de jardins e limpeza de pátios e calçadas.
Volume total de água: 20 m ³ /dia
2.1 – Sistema de reuso de água cinza
Empresa ALPINA:
Total operacional mensal: R\$ 955,00
Custo operacional descarte do Lodo mensal: R\$ 22,88
Custo da implantação do sistema: R\$ 280.967,67 (258.684,30 + 22.283,37)
Empresa CONSTRUSANE
Custo operacional mensal: R\$ 150,00
Custo da implantação do sistema: R\$ 127.931,37 (105.648,00 + 22.283,37)

2.2 – Sistema de aproveitamento de água pluvial

Empresa RASTRO engenharia

Demanda de água (Pontos de utilização para pátios e jardins): 30 m³/mês

Custo operacional mensal: R\$ 150,00

Implantação do sistema de água pluvial: R\$ 31.953,37 (9.670,00 + 22.283,37)

Empresa PROJELET

Demanda de água (Pontos de utilização para vaso sanitário, jardins e pátios): 222 m³/mês).

Custo operacional mensal: R\$ 150,00

Implantação do sistema: R\$ 76.625,87 (54.342,50 + 22.283,37)

Foram efetuados quatro fluxos de caixa, representando os gastos com a implantação ou seja o investimento inicial, o custo operacional de cada sistema e a receita gerada com a economicidade na fatura da concessionária de água potável. O período de análise adotado para os cálculos foi de 240 meses (20 anos) como sendo o menor mínimo múltiplo comum dos sistemas e a taxa mínima de atratividade paga pelo mercado para rendimentos da poupança de 0,9489% ao mês ou 12% ao ano, relacionados na Tabela 43.

Tabela 43 – Dados de estudo de viabilidade técnica econômica

Empresas	IA (R\$)	n	Co	R
		(meses)	(R\$/mês)	(R\$/mês)
ALPINA	280.967,67	240	955,00	7.068,00
CONSTRUSANE	127.931,37	240	150,00	7.068,00
RASTRO eng.	31.953,37	240	150,00	353,40
PROJELET	76.625,87	240	150,00	2.615,16

Onde:

IA – Investimento do sistema; R – Economia média mensal (COPASA = R\$ 11,78);

CO – Custo operacional mensal do sistema; n – Vida útil do sistema;

Em um conjunto de fluxos de caixa se resolve cada alternativa para calcular o valor que represente toda a seqüência de pagamentos determinando a quantia equivalente de cada alternativa.

Os cálculos de equivalência são estabelecidos por fórmulas escritas em uma equação que através das planilhas eletrônicas obtivemos os resultados da Tabela 44.

Tabela 44 – Resultados dos aspectos econômicos das alternativas.

Empresas	Tempo de Retorno de capital	Fator do valor presente	Valor presente líquido	Benefício
	Meses		R\$	R\$
Alpina	60	45,5878	278.678,12	2.289
Construsane	20	18,1388	125.484,10	2.447
Rastro eng ^a	Inviável			
Projelete	35	29,6630	73.123,97	3.502

O valor presente líquido das alternativas Alpina, Construsane e Projelete são economicamente viáveis. Dentre estas alternativas a Empresa Construsane é alternativa mais economicamente viável porque seu tempo de retorno de capital é de dezenove meses calculados para um tempo de vida útil de 240 meses.

A solução consolidada é implantar um sistema proposto pela Empresa Construsane para tratamento das águas cinzas coletadas do chuveiro, lavatório e máquina de lavar roupas utilizando dispositivos fabricados pela Rotogine com eficácia do sistema SEPTODIFUSORES para abastecer os pontos de utilização do vaso sanitário, limpeza de pátios e irrigação de jardins substituindo águas nobres potáveis por águas menos nobres não potáveis.

Satisfatoriamente este sistema completa nossa proposta de otimização do uso da água potável e da redução da geração de efluentes de águas negras na carga dos sistemas urbanos de coleta de esgotos sem necessitar de qualquer acréscimo de consumo de energia elétrica para o Condomínio Dona Júlia tornando este investimento sustentável.

O primeiro procedimento de cada empresa com relação ao tratamento das águas cinzas foi verificar o volume a ser gerado pelo

condomínio, o espaço disponível para instalação do sistema de tratamento apropriado e a demanda a ser atendida. A empresa ALPINA com a utilização do sistema aerox -100, admitiu pela localização geográfica do condomínio parâmetros médios para o afluente de DBO e de pH e garantiu um efluente com DBO menor que 50 mg/L e o pH entre 6 e 9. É um sistema que tem um custo de implantação relativamente alto, que demanda um custo operacional R\$ 955,00 mensais para o condomínio. Seria o melhor investimento pela análise do valor presente líquido em relação às alternativas apresentadas, mas não o é porque a empresa CONSTRUSANE apresenta a mesma economia de tarifa de água potável de R\$ 7.068,00 com um custo de investimento menor e ainda é o sistema que não tem custo operacional com energia elétrica.

O sistema de biodiscos ALPINA é uma segunda opção para o condomínio com uma vantagem de ser um sistema que durante o tratamento do afluente não gera nenhum odor pelo condomínio.

A empresa CONSTRUSANE com a instalação de um sistema UASB garante um efluente com uma taxa de redução da DBO em 91% do esgoto que entra para os septodifusores. Como resultado do estudo de viabilidade econômica este é o sistema ideal para ser implantado no condomínio principalmente porque não acrescenta custos mensais e também por não alterar a demanda de energia elétrica do condomínio. Sua desvantagem é que durante o tratamento anaeróbico odores vão aparecer e pode ser fator de recusa para os condôminos.

CAPÍTULO V - CONCLUSÕES

5.1 – Conclusões da pesquisa

A implantação de um sistema de reuso direto de água cinza em um condomínio residencial reduz o consumo de água potável para usos menos nobres, que submetido a processos de tratamentos com tecnologias de eficiência comprovada mundialmente não alteraram o consumo de energia elétrica do condomínio e ainda contribui para o planejamento e a gestão sustentável dos recursos hídricos das cidades.

É necessário que a níveis municipais e estaduais institucionalize, regulamente e promova o reuso das águas cinza através da criação de estruturas de gestão, da preparação de legislação pertinente ao reuso, da disseminação de informações e do desenvolvimento de tecnologias compatíveis com as condições técnicas, culturais e socioeconômicas da região.

Muito importante também é o controle do sistema de distribuição das águas de reuso, utilizar um sistema de separação designado como sistemas duplos, usados como prevenção contra a possibilidade de uso dessa água para outros fins.

As conclusões em relação às limitações quanto ao reuso da água em prédios residenciais, assim como as vantagens e desvantagens econômicas de sua aplicação em diversas situações, verificado pela viabilidade ou não da sua utilização são as seguintes:

O sistema de aproveitamento das águas de pluviais neste condomínio não tem grandes viabilidades econômicas em relação ao reuso da água cinza. São sistemas que tem custos de implantação para o condomínio com um longo período de retorno de capital e uma pequena redução da tarifa média mensal de água potável o que vem comprovar as definições de Tomaz (2005) que o aproveitamento das águas de chuva é mais viável em grandes áreas comerciais e industriais devido aos custos de investimento. Também comprova o que já acontece em São Paulo, onde os prédios altos possuem

muitos apartamentos e conseqüentemente muita demanda de água e sua área de captação de água de chuva muito pequena, o que torna o investimento com água de chuva inviável. Mas com a crescente impermeabilização do solo e com a impossibilidade de reorganizar a ocupação racional e sustentável das grandes cidades é muito importante que se desenvolva medidas utilizando a água pluvial para facilitar a retenção de água no solo, reduzir a velocidade de recarga dos rios e aproveitar a água da chuva.

Segundo o resultado da pesquisa da Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo (FUSP) divulgada no dia 22 de Março de 2009, na Folha de São Paulo aponta “iminência de colapso de abastecimento” na Grande São Paulo. Realizado entre 2002 e 2007, concluído em 2008, a chamada disponibilidade hídrica – que inclui água para abastecimento público, industrial e irrigação – caiu de 72,9 mil para 67,8 mil litros por segundo. Uma diferença de 5.100 litros por segundo, um volume que poderia abastecer 2,5 milhões de pessoas por dia. Cada morador em São Paulo consumiu em 2008, em média, 62.780 litros de água tratada, 172 litros dia por pessoa, acima da média do Brasil de 150 litros e do recomendado pela ONU 110 litros. Para Dilma Pena da Secretaria de Saneamento e Energia a condição é especialmente preocupante, onde o desafio é encontrar uma solução para contemplar a chamada macrometrópole, que inclui ainda regiões de Sorocaba, Campinas, São José dos Campos e Santos. Regiões como afirma a secretária que representam 16% da população brasileira, 80% do PIB do Estado e 30% do comercio exterior do país, situação que pode afetar o país inteiro. Para Hélio Castro, superintendente da Sabesp acredita na adoção de políticas para reduzir perdas quanto para incentivar a população e empresas para economizar água.

O estudo da FUSP traça uma série de recomendações para evitar que a situação de falta de mananciais na Grande São Paulo se agrave no futuro. Medidas urgentes devem ser tomadas em relação à produção de água com ampliação do sistema e aos programas de conservação da água existentes desenvolvidos pela Sabesp. Embora

haja um relativo equilíbrio entre oferta e demanda, trata-se de uma equação frágil, pois uma seca prolongada levará uma falta de água.

Os estudos de reuso e conservação de água pluvial ganham ênfase nesta situação e são estrategicamente oportunos para combater as situações de falta de água nas grandes metrópoles.

Analisando o sistema de reuso das águas cinza implantado Condomínio Residencial Dona Júlia verificamos que existe uma redução do consumo de água potável de 34,20%, pela demanda diária de vazão que abastece o vaso sanitário, as áreas de irrigação e as áreas de limpeza de pátios e garagens. Fazendo relação com os dados divulgados pelo estudo da FUSP, em São Paulo a adoção do reuso de água cinza em condomínios residenciais poderia resultar uma economia de 58,82 litros por pessoa por dia, perfazendo um total de 41.309,24 litros ao ano, teoricamente. Na falta da água que é a preocupação do Colapso de São Paulo, a população estaria reutilizando a própria água consumida como medida para combater o excesso de consumo de água de potável. É uma solução vantajosa para os sistemas responsáveis pelo abastecimento de São Paulo e outras regiões de mesmo porte, uma vez que existe um fator que contribui para diminuição da chamada “vazão garantida” dos sistemas abastecimento é o uso em maior quantidade da água.

5.2 – Recomendações

Muitos trabalhos, nas últimas décadas, têm se preocupado com a qualidade de vida e o bem-estar da população, através do estudo de indicadores sociais capazes de minimizar conflitos e problemas ambientais. Para isso, utilizam-se escalas psicométricas, como a escala de autopromoção social, para medir a satisfação popular sobre as condições da residência, recreação, emprego, vizinhança, transporte, etc.

Um desses estudos, a respeito do acesso à água tratada foi realizado pela UnB (Universidade de Brasília), e aponta que o Brasil não tem cumprido a meta de integrar os princípios de

desenvolvimento sustentável nas políticas e programas nacionais e de reverter a perda de recursos ambientais. O objetivo, segundo a CETESB, é reduzir pela metade, até 2015, a proporção da população sem acesso permanente e sustentável à água no país. Os resultados desta pesquisa indicam que o percentual de pessoas sem acesso a água, entre 1991 a 2000 caiu de 32% para 24,2%(CETESB,2004), assim como a porcentagem de pessoas sem acesso a esgoto, que caiu de 61,6% em 1991 para 55,6% em 2000. “O relatório frisa que a cobertura da rede de esgotos não significa que o que está sendo coletado está passando por tratamento. Em 2000, diariamente eram coletados 14,6 milhões de metros cúbicos de esgoto, mas apenas 5,1 milhões eram tratados”. (CETESB, 2004).

Por outro lado, os benefícios advindos da educação ambiental e conscientização das pessoas na preservação dos recursos hídricos do lugar onde moram, melhoraram a qualidade da moradia, diminuindo a proporção de pessoas sem banheiros em casa(de 24% para 19,2%) e aumentando o acesso à energia elétrica (de 86,9% para 93%).

No entanto, sabemos que não basta somente uma reflexão e conscientização sobre o assunto, temos que nos preocupar com inúmeros outros seres que não vemos, mas que podem ser atingidos pelos efeitos impactantes da degradação ambiental promovida pelo nosso comodismo e individualismo.

Segundo a opinião de analistas sobre o assunto, a preocupação de muitos municípios tem sido apenas o destino final a ser dado ao lixo e não se aproveita o potencial para a formulação de políticas para mudança de postura a favor do equilíbrio e sustentabilidade do ambiente natural. Esta opção, além de produzir mudança cultural, com a inclusão do hábito da participação social no planejamento de benefícios ambientais, também contribuiria para incentivar programas de ação comunitária apoiados em quatro pilares: educação, saúde, geração de renda e conservação ambiental.

Sabemos que na natureza, cada espécie necessita de um ambiente adequado onde existam composição e estrutura favoráveis.

A integração equilibrada de todos os fatores físicos, químicos e biológicos é que permitem e regulam a sobrevivência, o desenvolvimento e o equilíbrio populacional. A espécie humana precisa se conscientizar de que depende de muitas outras espécies. Nesses ciclos ecológicos, há uma reciprocidade na qual a economia da natureza não significa o predomínio desta ou daquela espécie, mas significa o desenvolvimento harmônico e equilibrado de todos os seres vivos.

Para melhor qualidade de vida da população está bem clara a forma como a natureza trabalha, de forma cíclica, mostrando o caminho para a atuação humana. Para essa produção contínua e permanente que a natureza realiza, a água exerce função importantíssima e é um dos elementos vitais para que este processo ocorra. Portanto, a cada cidadão cabe o direito de defender seu potencial hídrico e o dever de preservar suas nascentes e as vegetações que as protegem.

No caso da água torna-se urgente acabar com a cultura da abundância. Empregar tecnologias para evitar a perda física, em vazamentos, roubos de água, erros de medição e aquela não contabilizada, ou seja, que é usada, mas não é cobrada. Com o desenvolvimento tecnológico, a tendência é reduzir o consumo e com o reuso, completa-se a gestão da demanda, onde há menor consumo de água e menos efluentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. Disponível: www.mna.gov.br. Acesso em: 17/03/2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Rio de Janeiro, 1997. Disponível: www.abnt.gov.br Acesso em: 11/02/2006.

ANDRADE HOAG, L.S. **Reuso de Água em Hospitais: Caso do Hospital "Santa Casa de Misericórdia de Itajubá"**. Tese de mestrado. UNIFEI/ITAJUBÁ:2008.

BRASIL. Catálogo técnico da 3P TECHNIK, São Paulo: 2007.

BRASIL. Catálogo técnico da AQUASTOCK, São Paulo: 2007.

Centro Internacional De Referência de Reuso De Água - CIRRA. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP.

Companhia De Saneamento de Minas Gerais – COPASA. **Programa de proteção de mananciais**. V.1. Belo Horizonte, 2003.

Companhia De Saneamento De Minas Gerais – COPASA. **Programa de proteção de mananciais**. V.1. Belo Horizonte, 2003.

COSTA, A.J.F. da. **Idéias para a Ação Municipal**. Disponível: <http://federativo.bndes.gov.br/dicas/D.108>, Acesso em 15/09/06.

CROOK, James. **Crítérios de Qualidade da Água Para Reuso**. Revista DAE-SABESP n. 172, p.8-15, Disponível: www.sabesp.gov.br Acesso em: 15/09/2006.

FELIZATTO, Mauro Roberto. **Projeto Integrado de Tratamento Avançado E Reuso Direto De Águas Residuárias**. 21º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. p.1-17.

FIORI, Simone. **Avaliação Qualitativa E Quantitativa Do Potencial De Reuso De Água Cinza Em Edifícios Residenciais Multifamiliares**. Dissertação de Mestrado da Universidade de Passo Fundo (RS), 2005. Disponível: <<http://www.usp.br>>. Acesso em 12/10/2006.

FORESTI, Eugenio(Eng^o); CAMPOS, José Roberto(Eng^o); RODRIGUES, Benedito A.S. (Eng^o). **Notas de Aulas sobre Sistemas de Esgotos Sanitários**. 1ª Parte. São Carlos: Escola de Engenharia, Departamento de Hidráulica e Saneamento, 1980.

FIESP/CIESP. **Conservação e Reuso de Água**. Manual de Orientações para o setor industrial. FIESP/CIESP/ANA. V.1. Disponível: www.ana.gov.br/ Acesso em 15/10/2006.

Fundação Estadual do Meio Ambiente/FEAM: Iniciação ao desenvolvimento sustentável. Belo Horizonte: FEAM, 2002. Programa de Apoio aos municípios.

GONDINI, Paulo. **Subsídios para educação ambiental na bacia hidrográfica do Guarapiranga.** – Secretaria de Estado do Meio Ambiente/ Coordenadoria de Educação Ambiental. São Paulo: SMA/CEAM, 1998, 31p.

Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística (IBGE). **Pesquisas de informações Básicas Municipais.** Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 20/ago/2006.

MIERZWA, J.C; VERAS, L.R; SILVA, M.C. **Avaliação do Desempenho de Membrana de Ultrafiltração para Tratamento de Água Potável.** VIII Seminário Ibero-Americano. São Paulo: 2008.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o Entendimento do Reuso Planejado das Águas e Algumas Considerações sobre suas Possibilidades no Brasil.** Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica de São Paulo da USP, São Paulo, 1987.

LOTURCO, B. **Legislação Ambiental: Construção Sustentável.** Revista Ação Ambiental n.67, p.36-42, out/2002.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reuso de Água.** Barueri, S.P.: Manole, 2003.

Manual de Saneamento Ambiental. Disponível: <<http://www.funasa.gov.br/manuse>>. Acesso em: 19/09/2006.

Manual do SINDUSCON (Sindicato da Construção). **Conservação e reuso de Água em Edificações.** São Paulo, jun.2005.

MAY, Simone. **Conservação e Reuso de Água em Edifícios: Reuso De Águas Cinzas E Aproveitamento De Águas Pluviais Para Consumo Não Potável.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP): 2006.

MEIO AMBIENTE-CETESB. Relatório da UnB (Universidade de Brasília), 2002. Disponível: <http://www.pnud.org.br/meioambiente>, Acesso em 04/07/06.

MIERZWA, José Carlos. **O Uso Racional e o Reuso Como Ferramentas para o Gerenciamento de Águas e Efluentes na Indústria: Estudo de caso da Kodak Brasileira.** Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo: 2002.

MILARÉ,É. **Direito do Ambiente**. 2.ed. São Paulo: Revista dos tribunais, 2001.

OLIVEIRA, F. Cruzada pelas águas. In: **Revista do Legislativo** n.34, Belo Horizonte: Assembléia de Minas, p.5-12, maio/ago/2002.

PEGORIN,F. **Folha de São Paulo**, 19/12/2005, Cad. Megazine, p.7.

POMPEU, C.T. Perfil das Agências de bacias deve respeitar as culturas locais. In: **Revista do Legislativo** n.34, Belo Horizonte: Assembléia de Minas, p.32-37, maio/ago/2002.

PÓS, W.H. Gestão democrática poderá evitar colapso das águas. In: **Revista do Legislativo** n.34, Belo Horizonte: Assembléia de Minas, p.38-41, maio/ago/2002.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (**PROSAB**), 2006.Disponível: www.prosab.gov.br. Acesso em: 15/09/2006.

RAPOPORT, Beatriz. **Águas Cinzas: Caracterização, Avaliação Financeira e Tratamento para Reuso Domiciliar e Condominial. Escola Nacional de Saúde Pública**. Fundação Oswaldo Cruz. Ministério de Saúde. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Março, 2004.

SPERLIN, Marcos Von. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3.ed. Depto de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte - UFMG, 2005.

TOMAZ, Plínio. **Água de Chuva**. São Paulo: Navegar, 2003.

VAL, M.C. et al. **Reuso de Água e Suas Implicações Jurídicas**. São Paulo: Navegar, 2003.

VITORATTO, E; SILVA, J.O.D. **Reuso de Água na Indústria**. Informativo Técnico mar./abr/2004. Disponível: www.scielo.br. Acesso em 13/09/2006.

WENZEL, Marianne. A gota d'água. **Revista Arquitetura e Construção**. Abril, Ano 19, n.6, p.96-99, São Paulo: jun.2003.