

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AMBIENTAL PROFISSIONAL**

**CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA
AMBIENTAL – ÊNFASE EM GESTÃO**

**REÚSO INDUSTRIAL DIRETO E PLANEJADO DAS
ÁGUAS RESIDUÁRIAS COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO
SOCIAL, ECONÔMICA E AMBIENTAL: ESTUDO DE UMA
EMPRESA EM CONTAGEM - MINAS GERAIS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Profissional, para a obtenção do Título de MESTRE PROFISSIONAL em Engenharia Ambiental.

FELIPPE HENRIQUE SILVA E SOUZA

Florianópolis
Dezembro, 2012

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

SOUZA, FELIPPE HENRIQUE SILVA
REÚSO INDUSTRIAL DIRETO E PLANEJADO DAS ÁGUAS
RESIDUÁRIAS COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO SOCIAL, ECONÔMICA E
AMBIENTAL [dissertação] : ESTUDO DE UMA EMPRESA EM CONTAGEM
- MINAS GERAIS / FELIPPE HENRIQUE SILVA SOUZA ;
orientador, PAULO BELLI FILHO - Florianópolis, SC, 2012.
171 p. ; 21cm

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Ambiental. 2. Engenharia ambiental. 3.
Reúso Industrial de água. 4. Recursos Hídricos - Gestão. 5.
Empresa Automotiva em Minas Gerais. I. BELLI FILHO, PAULO
. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL**

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ata da Sexta, Sexta este ano, Defesa de Dissertação de Mestrado do Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, onde o candidato **Felippe Henrique Silva e Souza**, sob a orientação do **Prof. Paulo Belli Filho**, apresenta a sua dissertação para julgamento diante da Comissão Examinadora, designada pela **Portaria Nº 06/MP/PPGEA/12** e constituída pelos seguintes professores:

Prof. José Carlos da Cunha Petrus, Dr.

EQA/UFSC - Membro Externo

Prof. Daniel José da Silva, Dr.

ENS/UFSC – Membro Interno

Profª. Rejane Helena Ribeiro da Costa, Drª.

PPGEA/UFSC – Membro Interno

A sessão pública de defesa, realizada no dia 13/12/2012, às 09h45min, teve como local a Sala 218 do ENS, UFSC. A abertura da sessão foi feita pelo presidente da banca que cumprimentou os presentes e após breve introdução apresentou a Comissão Examinadora, dando continuidade ao trabalho fazendo uma rápida referência à dissertação que tem como título: **“Reuso Industrial Direto e Planejado das Águas Residuárias como Instrumento de Gestão Social, Econômica e Ambiental: Estudo de uma Empresa em Contagem – Minas Gerais”**. Na seqüência, o candidato teve 50 minutos para exposição de seu trabalho. Após essa exposição cada integrante da Comissão Examinadora dispôs do tempo estipulado pelo presidente da sessão, destinado à argüição do candidato. Finalmente, foi aberta a palavra aos presentes para eventuais perguntas ou comentários sobre o trabalho apresentado. A Comissão Examinadora, reunida em caráter sigiloso, concluiu por:

Segundo a resolução número 06/CUN/2010

- aprovar – 30 (trinta) dias para entrega da versão definitiva
- aprovar com alterações – 60 (sessenta) dias para entrega da versão definitiva
- reprovado

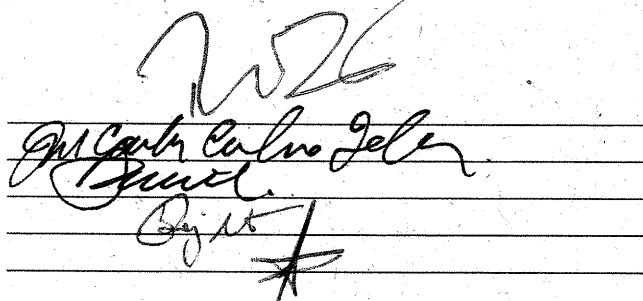
A concessão do grau de **MESTRE PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AMBIENTAL** na área de concentração em **Gestão Ambiental na Indústria**, ao engenheiro ambiental **Felippe Henrique Silva e Souza**, fica condicionada ao atendimento das exigências estabelecidas na Legislação vigente para Pós-Graduação na UFSC. Nada mais havendo a tratar a sessão foi encerrada às 12h00min, dela sendo lavrada a presente ata, que uma vez aprovada, vai assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo Candidato.

OBS.:

Florianópolis, 13 de dezembro de 2012.

Assinaturas:

Orientador
Membro Externo
Membro Interno
Membro Interno
Candidato (a)



“(...)os motivos, de que adianta falar de motivos, às vezes basta um só, outras vezes nem juntando todos. Se as vidas de cada um de vocês não lhes ensinaram isto, coitados, e digo vidas, não vida, porque temos várias, felizmente vão se matando umas às outras, se não, não poderíamos viver.”

José Saramago

Este trabalho é dedicado à Deus, minha família e meus queridos amigos.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, fonte de paz, inspiração e força.
A minha mãe, meu modelo eterno de vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Belli, pela confiança, respeito e apoio neste projeto. Suas orientações foram valiosas, sem as quais não teria conseguido os objetivos.

Aos amigos Marco Aurélio Mendes Justino (Pucminas) e Tadeu de Brito Oliveira Porto (Centro Federal de Educação Tecnológica-Mg) pelo auxílio na economia, matemática e estatística.

A empresa CMP, Componentes e Módulos Plásticos Indústria e Comércio Ltda., e a todo o Grupo Magneti Marelli, não somente pelas informações prestadas, mas pela confiança, suporte, direcionamento e oportunidade de aprendizado oferecidas.

Aos professores, e aos colegas de curso e do centro de competências (ICE), por todos os momentos e experiências propiciadas, em especial ao Sr. José Augusto e a Sra. Míriam Oliveira.

As queridas Janaína Mercês, Taísa Baraldi e Denise Pereira por estarem disponíveis para ouvir sempre prontamente.

E a todos aqueles que direta e indiretamente participaram e colaboraram para a realização deste trabalho.

“Assim como o caos tumultuado de uma tempestade traz uma chuva nutritiva que permite à vida florir, assim também nas coisas humanas tempos de progresso são precedidos por tempos de desordem. O sucesso vem para aqueles que conseguem sobreviver à crise.”

I Ching

RESUMO

É presente no cenário mundial a discussão sobre a situação da água e, sua disponibilidade e qualidade para atender a crescente demanda populacional, econômica, industrial entre outras. Tendo em vista a relevância tanto do consumo quanto da geração de efluentes atualmente, alternativas são necessárias para melhorar a gestão dos recursos hídricos, principalmente nos maiores consumidores, como por exemplo, as indústrias. O reúso da água tem se tornado uma destas alternativas, tendo sido muito importante para as empresas, não só como meio de atender demandas e desejos de sustentabilidade sócio-ambientais, mas por produzir resultados expressivos na redução dos custos variáveis com captação de água e descarte de efluentes. Este trabalho realizou a estimativa do impacto do reúso industrial direto e planejado como instrumento de gestão social, econômica e ambiental das águas residuárias, a partir de um estudo sobre uma empresa de autopeças do Município de Contagem, em Minas Gerais. Para realizar essa estimativa, foi criado um método de pesquisa e um modelo de cálculo de viabilidade. Com base nessa metodologia foram produzidos como material de referência balanços hídricos que indicaram o consumo de água e os despejos de efluentes da empresa, antes e após a adoção de um projeto de reúso, bem como também foi realizada a quantificação econômica dos custos, nas duas fases. Tais resultados comparados indicaram a viabilidade do projeto e o impacto direto propiciado. Por isso, este estudo conseguiu produzir informações que contribuem para uma melhor gestão social, ambiental e econômica das empresas, além de fomentar a conservação da água potável e a redução dos descartes de efluentes, favorecendo ao melhor gerenciamento dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Reúso industrial direto e planejado das águas residuárias; Empresa da região do Centro Industrial de Contagem-MG; Gestão social, econômica e ambiental dos recursos hídricos.

ABSTRACT

It is a fact on global stage the discussion about the water situation and its availability and quality to meet the growing demand of population, economic, industrial and others. Given the importance of consumption as much as effluent generation currently, alternatives are needed to improve the management of water resources, especially in the larger consumers, such as industries. The water reuse has become one of these alternatives, by what it has been very important to businesses, not only as a means to meet the demands and desires of socio-environmental sustainability, but to produce significant results in the reduction of variable costs with water collection and disposal of effluents. This study carried out the estimative of what it could be the impact of reusing water on industries directly on process and on a planned way, as well as it would be a management tool for social, economic and environmental of wastewater, from a study of an auto parts company in the city of Contagem, in Minas Gerais. To make this, we created research method and calculation model feasibility. Based on this methodology were produced some water balance as reference, that indicated what was the water consumption and effluent discharges in the company before and after the adoption of a reuse project, and also the quantification of economic costs, in both phases. These comparative results indicated the feasibility of the project and the direct impact propitiated. Therefore, this study could produce new information that contributes to improve the management of social, environmental and economic of companies, and promote conservation of drinking water and reducing wastewater discharges, favoring one better management of water resources.

Keywords: Industrial planned and direct of wastewater; Company from Industrial Center of Contagem-MG; Management social, economic and environmental of hydrous resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparativo entre o consumo humano de água em diversos países	31
Figura 2 – Potenciais de água doce totais nos rios dos continentes em comparação ao potencial populacional	40
Figura 3 – Consumo de água no mundo por segmento	41
Figura 4 – Mapa da distribuição da água doce geral no país	43
Figura 5 – Distribuição do consumo de água em uma habitação brasileira em litros por pessoa	45
Figura 6 – Consumo per capita em litros por habitante/ dia em indústrias e residências nos EUA	46
Figura 7 – Localização Geográfica da cidade de Contagem-MG	49
Figura 8 – Aspectos econômicos do município de Contagem-MG	52
Figura 9 – Crescimento Populacional de Contagem-MG entre os anos de 1950-2010	53
Figura 10 – Produção de água e tratamento de esgotos coletados por CESBs no Brasil	55
Figura 11 – Caracterização do consumo de água no fluxo interno das indústrias brasileiras por segmento	58
Figura 12 – Distribuição de mão-de-obra por segmento na cidade de Contagem-Mg	59
Figura 13 – Exemplo de sistema de reúso indireto não planejado	65
Figura 14 – Exemplo de sistema de reúso direto planejado	65
Figura 15 – Macrofluxo de alguns tipos de sistemas de reúso existentes	66
Figura 16 – Classificação das águas doces conforme aplicação	70
Figura 17 – Requisitos de qualidade para água de uso industrial	71
Figura 18 – Referência para enquadramento da água de uso industrial no Brasil	72
Figura 19 – Representação das classes de tratamento de efluentes industriais	74
Figura 20 – Fluxo do sistema de distribuição de água na Fiat Automóveis Betim-MG	82
Figura 21 – Fotografias do sistema de reúso por osmose reversa implantado na Fiat Betim-MG	82
Figura 22 – Consumo de água potável por unidade produzida em empresas no setor automotivo	83
Figura 23 – Efluente gerado por unidade produzida por empresas no setor automotivo	84
Figura 24 – Fotografia da ETE – Empresa de Embalagens	85

Figura 25 – Balanço do consumo e descarte de água em uma empresa metalúrgica	86
Figura 26 – Estimativa de custos para suprimento de água em uma empresa metalúrgica	87
Figura 27 – Comparativo de resultados antes e após implantação de um projeto de reúso	88
Figura 28 – Comparativo entre faturas industriais em diversas cidades no mundo (em dólares por 20 m ³ /mês)	94
Figura 29 – Tarifas para consumo de água industrial em Minas Gerais - Brasil	96
Figura 30 – Exemplo de modelamento matemático para análise de variáveis	98
Figura 31 – Exemplo de modelo de análise de pay-back de projeto	102
Figura 32 – Planta da Região do Cinco, Contagem – MG	106
Figura 33 – Vista aérea do complexo industrial CINCO em Contagem-MG	107
Figura 34 – Foto aérea da unidade fabril objeto do estudo	110
Figura 35 – Etapas sugeridas para um Programa de Reúso de Água	114
Figura 36 – Modelo de Balanço Hídrico sugerido	119
Figura 37 – Parâmetros de Interesse e Padrão de Descarte	129
Figura 38 – Ponto para reúso – torres de resfriamento	134
Figura 39 – Sistema proposto – tratamento complementar	137
Figura 40 – Exemplo de identificação utilizada em ponto de reúso	138
Figura 41 – Resultado Balanço Hídrico Estimado 2010	141
Figura 42 – Resultado Balanço Hídrico Sem Reúso	145
Figura 43 – Resultado Balanço Hídrico Com Reúso	146

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Evolução do consumo de água em âmbito mundial (km ³ /ano)	42
Tabela 02 – Distribuição de água x população no país	44
Tabela 03 – Resumo de ganhos – comparativo de casos de reúso na indústria	92
Tabela 04 – Comparativo das tarifas de água em alguns Estados do Brasil	95
Tabela 05 – Concentração de empresas por parque industrial – Contagem-MG	104
Tabela 06 – Tabela sugerida para coleta de dados e análise sobre o consumo de água	118
Tabela 07 – Eficiência Inicial de Tratamento da ETE objeto do estudo	131
Tabela 08 – Eficiência Atual de Tratamento da ETE	137
Tabela 09 – Resultado do Monitoramento para Balanço Hídrico	144
Tabela 10 – Comparativo do Balanço Hídrico da Empresa	147
Tabela 11 – Comparação da redução do consumo e despejos	148
Tabela 12 – Comparação do consumo entre empresas	148
Tabela 13 – Comparativo dos custos com captação e descartes	153
Tabela 14 – Comparação dos custos entre empresas	154
Tabela 15 – Comparativo da viabilidade dos projetos de reúso estudados	159

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Consumo de água por segmento no mundo	32
Gráfico 02 – Consumo de água por segmento no Brasil	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Informações sobre a disponibilidade e o uso de Água no Mundo	29
Quadro 01 – (continua)	30
Quadro 02 – Estimativa de consumo de água no segmento industrial e de serviços no Brasil	56
Quadro 03 – Consumo médio de água em indústrias brasileiras – Dados do ano 2000	57
Quadro 04 – Comparativo entre o negócio da empresa objeto do estudo antes e pós expansão	111
Quadro 05 – Metodologia para análise de projetos de reúso sugerida	121
Quadro 06 – Caracterização do Efluente Industrial Bruto	130
Quadro 07 – Caracterização Estimada do Efluente Sanitário Bruto	131
Quadro 08 – Estimativa da geração de efluentes 2010	140

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 01 – Macrofluxo do Processo de Manufatura	109
Diagrama 02 – Processo inicial de tratamento da empresa em estudo	113
Diagrama 03 – Fluxo de processo da empresa em estudo e pontos para reúso	132
Diagrama 04 – Novo Processo de Tratamento	136

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AWWA – American Water Works Association
ANA – Agência Nacional de Águas
AMBEV – Companhia de Bebidas das Américas
ADERASA – Associação dos Entes Reguladores de Água Potável e Saneamento das Américas
ARSAE – Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário
ART. – Artigo
B/C – Benefício Sobre Custo
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento
CEASAMINAS – Centrais de Abastecimento de Minas Gerais
CEPAI – Centro de Pesquisa e Análise da Informação
CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CESBs - Companhias Estaduais de Saneamento Básico
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CINCO – Centro Industrial de Contagem
CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reúso de Água
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental
COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CR88 – Constituição da República de 1988
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO – Demanda Química de Oxigênio
EDC – Esgotamento Dinâmico com Coleta
EDT – Esgotamento Dinâmico com Coleta e Tratamento
ES – Espírito Santo
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETE’S – Estação de Tratamento dos Efluentes Sanitários
EUA – Estados Unidos da América
FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
FIESP – Federação das Indústrias de São Paulo
FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
FOB – Freight on Board
GPM – Galões Por Minuto
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração
IGAM – Instituto Mineiro de Gestão de Águas
IR – Índice de Rendibilidade
MG – Minas Gerais

Mg – Miligrama
MI – Mililitro
Nº. – Número
NBR – Norma Brasileira de Referência
O₂ – Oxigênio
OD – Oxigênio Dissolvido
OMS – Organização Mundial da Saúde
ONU – Organização das Nações Unidas
PAG. – Página
PAHs – Hidrocarbonetos Polinucleares Aromáticos
PH – Potencial Hidrogeniônico
PIB – Produto Interno Bruto
RO – Osmose Reversa
SGA – Sistema de Gestão Ambiental
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento
SP – São Paulo
T – Tonelada
TIR – Rentabilidade Financeira do Investimento
UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket
US – Unites States
USP – Universidade de São Paulo
UV – Ultravioleta
VCP – Votorantim Celulose e Papel
V_A – Viabilidade Aceitável
WCM – World Class Manufacturing

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	29
1.1 PRÓLOGO	29
1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	33
1.3 ESCOPO DA DISSERTAÇÃO	34
2. OBJETIVOS	37
2.1 OBJETIVO GERAL	37
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	37
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	39
3.1 DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E CONSUMO DE ÁGUA	39
3.1.1 Distribuição e consumo de água no mundo	39
3.1.2 Distribuição e consumo de água no Brasil	42
3.1.3 Consumo de água em Minas Gerais e Contagem	48
3.1.3.1 Localização	48
3.1.3.2 Histórico	49
3.1.3.3 Aspectos Financeiros, Tributários e populacionais	50
3.1.3.4 Estatísticas do consumo de água na região	54
3.2 DO REÚSO DA ÁGUA	59
3.2.1 Conceito	60
3.2.2 Histórico e Necessidade	62
3.2.3 Tipos e Aplicação	64
3.2.4 Tipos de Tratamento e Qualidade da água para reúso	69
3.2.4.1 Qualidade da água de reúso	69
3.2.4.2 Tratamentos de efluentes anteriores ao reúso	73
3.3 LEGISLAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS E REÚSO	74
3.3.1 A água e o reúso na esfera internacional	75
3.3.2 A água e o reúso no Brasil	76
3.3.3 A água e o reúso nos Estados e Municípios	79
3.4 REPERTÓRIO DE EXPERIÊNCIAS COM REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS	81
3.4.1 Caso FIAT Automóveis Brasil – Betim, MG	81
3.4.2 Indústria de Embalagens	84
3.4.3 Indústria Metalúrgica	86
3.4.4 Indústria de Papel e Celulose – VPC Jacareí	87
3.4.5 Indústria Siderúrgica – Cidade de Vandalia, Ohio, EUA	88
3.4.6 Outros casos de sucesso	90
3.4.7 Comparativo entre sistemas apresentados	91
3.5 CUSTO MÉDIO RELATIVO AO CONSUMO DE ÁGUA E DESCARTE DE EFLUENTES	93

3.6 MODELOS E INDICADORES DE ANÁLISE DE PROJETOS E RESULTADOS	96
3.6.1 Modelamento matemático	97
3.6.2 Análise Financeira e econômica	98
3.6.3 Análise Multicritério	100
3.6.4 Ferramentas utilizadas em projetos ambientais	100
4. MATERIAIS E MÉTODOS	103
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	103
4.1.1 Região de estudo	103
4.1.2 Local do estudo	107
4.2 PLANO DE AMOSTRAGEM E METODOLOGIA DE ESTUDO	113
4.2.1 Avaliação técnica preliminar e detalhamento técnico do projeto	115
4.2.2 Avaliação da demanda <i>versus</i> oferta de água e geração de efluentes	115
4.2.2.1 Plano amostral para análise do consumo	116
4.2.2.2 Plano amostral para análise do reúso	119
4.3 VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS CUSTOS COM CAPTAÇÃO E DESCARTE	120
4.4 MODELO DE AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	120
4.5 OUTROS MATERIAIS EMPREGADOS	125
4.5.1 Fotografias do sistema proposto	125
4.5.2 Softwares	125
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	127
5.1 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO TÉCNICA PRELIMINAR	127
5.1.1 Resultados da caracterização do corpo receptor	127
5.1.2 Resultados da caracterização do efluente	130
5.1.3 Resultado do mapeamento dos pontos de consumo para reúso	132
5.1.4 Resultado da etapa complementar proposta para tratamento e reúso	134
5.2 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA E GERAÇÃO DE EFLUENTES	138
5.2.1 Resultados do balanço hídrico inicial da empresa	138
5.2.2 Resultados do balanço hídrico da empresa após expansão	142
5.2.3 Estimativa do balanço hídrico da empresa com reúso	146

5.2.4 Comparativo entre balanços hídricos antes e pós sistema de reúso	147
5.2.5 Limitantes dos resultados	149
5.3 RESULTADOS DA VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS CUSTOS COM CAPTAÇÃO E DESCARTE	149
5.3.1 Resultados da valoração econômica sem reúso	150
5.3.2 Estimativa da valoração econômica com reúso	151
5.3.3 Comparativo entre custos antes e pós sistema de reúso	153
5.4 VIABILIDADE ECONÔMICA	154
5.4.1 Representatividade da Variável V_A	154
5.4.2 Conclusões sobre as Limitações da Variável V_A previstas	155
5.4.3 Resultados da Análise de Viabilidade da Empresa	156
5.5 RESULTADOS COMPARATIVOS ENTRE EMPRESAS	158
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	161
6.1 CONCLUSÕES	161
6.2 RECOMENDAÇÕES	162
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165

1. INTRODUÇÃO

1.1 PRÓLOGO

É presente no cenário mundial a discussão sobre a situação da água e, sua disponibilidade e qualidade para atender a crescente demanda populacional, econômica, industrial entre outras. Não é novidade a preocupação generalizada dos entes mundiais quanto a necessidade de desenvolvimento de técnicas, meios de controle, pactos; que garantam esse bem imprescindível a vida e progresso desta geração e das futuras.

A crescente preocupação com a disponibilidade mundial da água vem exigindo de todos nós uma nova consciência em relação a utilização desse recurso.

É sabido que 97,50% da disponibilidade mundial da água está em oceanos (água salgada), ou seja, água não própria para o consumo humano. Tem-se ainda que, 2,493% da água encontra-se em regiões polares ou subterrâneas (aquíferos), que requerem difícil extração para aproveitamento (LUZ, 2005).

Neste íterim se vê que somente 0,007% da água disponível e própria para o consumo humano está em rios, lagos e pântanos (água doce). Esses 0,007% de água doce estão ainda divididos irregularmente pelas áreas do globo.

O quadro 01 traz alguns levantamentos que valem a pena serem mencionados:

Quadro 01: Informações sobre a disponibilidade e o uso de Água no Mundo

(continua)

Caracterização da água no Mundo		
1	Dos 0,5% de água disponível no mundo	10.000.000 km ³ , estão em aquíferos subterrâneos.
		91 mil km ³ , em lagos naturais.
		5 mil km ³ , em locais criados pelo homem, como reservatórios.
		2.120 km ³ , em rios.
2	Menos de 10 países no mundo possuem 60% de toda a água doce disponível	Brasil, Rússia, China, Canadá, Estados Unidos, Índia, Colômbia e Congo.

(conclusão)

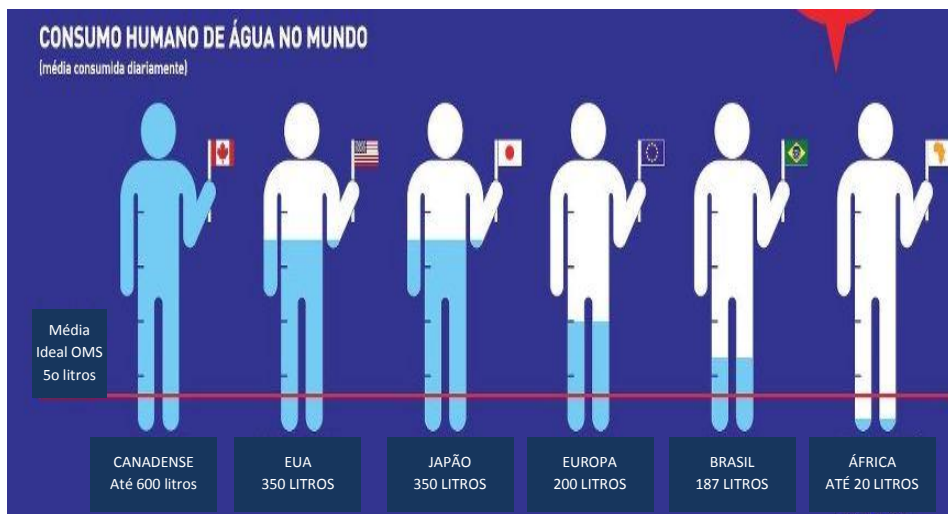
3	5 bilhões de pessoas têm acesso mínimo à água. Mais de um bilhão não.
4	3,8 bilhões de pessoas têm saneamento básico. Já 2,4 bilhões não.
5	A escassez de água se caracteriza quando a disponibilidade de água é inferior a 1.000 metros cúbicos diários por pessoa. Muitas regiões sofrem com uma escassez crônica, que ocorre quando a disponibilidade de água é inferior a 500 metros cúbicos por pessoa;
6	O consumo de água sextuplicou no século XX, mas a distribuição per capita hoje está despencando. Nos anos 1950, o consumo era de 16.800 metros cúbicos por pessoa. No ano 2000, era de 7.300 metros cúbicos. Em 2025, quando a expectativa é de que a população mundial seja de oito bilhões de pessoas, será de 4.800 metros cúbicos por pessoa;
7	O consumo de água em áreas residenciais varia de 10 a 20 litros diários por pessoa na África subsaariana, 200 litros na Europa e 350 litros na América do Norte e no Japão;
8	O crescimento populacional, o desperdício e a contaminação industrial são as maiores causas de escassez da água;
9	Em 2025, dois terços da população mundial viverá em países com sérios problemas de abastecimento de água, especialmente no norte da África, no Oriente Médio.
10	A disputa por fontes de água tem um enorme potencial para criar conflitos, à medida que países e até mesmo regiões dentro de um país, brigam pelos direitos de extração de rios e lagos;
11	A mudança climática elevará significativamente a pressão sobre os recursos hídricos, já que mudará os padrões de chuvas e encolherá a cobertura de neve e gelo que alimentam os rios;
12	90% da água potável disponível nos países subdesenvolvidos é usada na agricultura.
13	A cada minuto, morrem quatro pessoas no mundo em decorrência de doenças relacionadas à falta de água potável;

Fonte: Adaptado de LUZ, 2005

Pode-se ver no quadro 01 um retrato da situação da água no mundo, onde existe concentração da disponibilidade em alguns continentes, contrapondo a maior concentração do consumo em outros.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), para uma pessoa viver diariamente com o índice recomendado de higiene e bem-estar, ela precisa de 50 litros de água por dia. No entanto, a figura 01, mostra que o consumo mundial na maioria dos países é bem superior:

Figura 01: Comparativo entre o consumo humano de água em diversos países

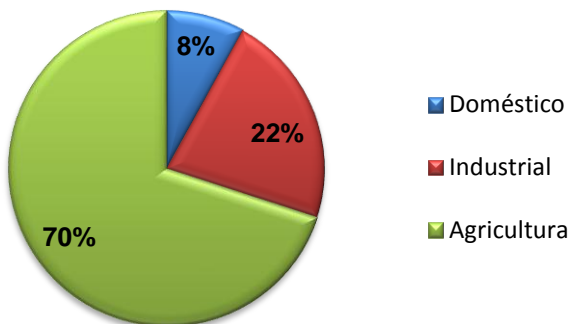


Fonte: Adaptado de Revista Planeta Sustentável, 2010.

As últimas décadas têm demonstrado aumento ainda maior no consumo deste recurso natural, devido à demanda e ao crescimento populacional acentuados e desordenados, principalmente nos grandes centros urbanos e em países em desenvolvimento. Em mais de 200 anos desde a revolução industrial o contingente populacional aumentou mais de oito vezes, enquanto o consumo de água aumentou mais de 35 vezes. Isso porque o consumo doméstico dos indivíduos foi superado em muito pela demanda das indústrias em constante evolução e, pela agricultura, que deixou de ser meramente de subsistência, para atender a uma produção em larga escala conforme a nova e grande demanda mundial por alimentos.

Observando o gráfico 01, que mostra na atualidade a distribuição mundial do consumo de água por segmento, confirma-se o anteriormente dito, sobre a agricultura e a indústria como os maiores consumidores:

Gráfico 01: Consumo de água por segmento no mundo



Fonte: Adaptado de LUZ, 2005, Pag. 75

Como visto nos dados anteriores, a agricultura persiste como o maior consumidor em volume de água, seguido pela indústria e pelo uso doméstico. Fazendo um paralelo com o descarte de efluentes, a indústria é uma grande geradora em seus processos produtivos que, se bem trabalhados e com bons investimentos em técnicas de tratamento da água residuária, poderiam, porém, sustentar grandes volumes que atendessem demandas, por exemplo, do setor agrícola.

É por esse motivo que programas de uso racional da água são idealizados e alguns realizados por todo o mundo, incentivados através de leis, decretos, pactos, resoluções, conferências entre outros.

Existe um cenário de evolução, apesar de que é notória a necessidade em melhorar os controles, a fiscalização e os incentivos, principalmente no Brasil e nos pólos industriais do Estado de Minas Gerais.

A necessidade de análise e gestão sustentável dos recursos hídricos é clara e indiscutível, porém ainda é difícil escrever sobre a temática. Isso se considerarmos que propiciar uma resolução satisfatória aos problemas atuais esbarra no envolvimento não só da população, mas de grandes corporações e governos que, primam normalmente por seus interesses diretos e, colocam apenas em segundo plano o impacto que podem causar com suas ações ao planeta ou outras civilizações.

A idéia da sustentabilidade no que tange a produção *versus* consumo dos recursos, colide com os interesses de desenvolvimento econômico em grande escala na atualidade. Além disso, é de fato delicado simular para as pessoas de uma forma evidente os problemas

sobre a água especificamente, considerando que elas ainda não são obrigadas, em sua maioria, a reduzir o volume gasto em seus lares, tendo em vista o fornecimento ainda presente e a idéia de abundância que é presente, por exemplo, no Brasil.

Fomentar o pensamento crítico, através de um estudo que estime e demonstre o impacto que cada indivíduo pode causar com ações privadas e coletivas visando à preservação do capital natural é uma meta desejável. No entanto, como é sabido, isso esbarra em um problema cultural que deve ser aos poucos alterado através de demonstrações claras dos riscos do alto consumo e dos benefícios atingidos com programas de gestão sustentável.

Tendo em vista a relevância do consumo de água e o volume de despejos de efluentes industriais atualmente, bem como a infraestrutura e recursos para aplicação de técnicas de reúso que incentivem e disseminem conceitos e demonstrem a possibilidade de bons resultados para a sociedade, opta-se neste estudo por identificar, quantificar e estimar o impacto de ações privadas na indústria, com vistas a criar um modelo que demonstre como efetivar a redução da captação de água através da implantação de técnicas de reúso de águas residuárias.

Várias são as possibilidades de reúso. O reúso indireto de água seria o uso de água residuária ou água de qualidade inferior, em sua forma diluída, após lançamento em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos. O reúso direto de água seria o uso planejado de água de reúso, conduzido ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia. Esta última opção será a alternativa explorada no estudo de caso como alternativa para melhor gestão hídrica na indústria.

1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Menos de 10 países no mundo possuem 60% de toda a água doce disponível, senão Brasil, Rússia, China, Canadá, Estados Unidos, Índia, Colômbia e Congo.

No Brasil, a prática do reúso industrial da água começa a se implementar, mas ainda associada a iniciativas isoladas, a maioria das quais, dentro do setor privado. Não existe um arcabouço jurídico específico, em nível federal, estadual e, na maioria dos municípios, que remeta a tal assunto, bem como também não são amplos os programas públicos que controlem, incentivem ou fiscalizem o reúso da água como alternativa à gestão sustentável e solidária dos recursos hídricos.

A lei nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997, em seu Capítulo II, Artigo 20, Inciso 1, estabelece, entre os objetivos da Política Nacional de

Recursos Hídricos, a necessidade de: *assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos uso* (BRASIL, 1997).

Verifica-se, por intermédio do plano diretor de recursos hídricos de bacias hidrográficas de Minas Gerais, que existem hoje muitos problemas relativos à questão de saneamento básico, coleta e tratamento de esgotos e propostas para a implementação de planos de saneamento básico. Entretanto, não é possível identificar de forma clara e disseminada, atividades de reúso de água utilizando efluentes pós-tratados, bem como também não são comuns as legislações específicas que incentivem tal processo.

A cidade de Contagem, município de Minas Gerais, com forte pólo industrial instalado, um dos maiores do país, em sua Lei municipal nº. 4.377 de 14 de julho de 2010, que dispõe sobre a política municipal de saneamento básico, não remete sequer a idéia da reutilização da água em nível industrial ou urbano. O município possui apenas uma estação de tratamento de esgoto atendendo menos de um décimo da população.

Como já visto, percebe-se que o maior contingente de consumo de água se dá em atividades industriais e agrícolas, pelo que estas também causam maiores impactos na disponibilidade da água própria ao consumo humano. São notórias também, reflexo das próprias legislações, que existe carência de fiscalização, carência de informação e principalmente de dados estimativos vastos que referenciem um custo *versus* benefício positivo para os empresários que façam investimento em ações privadas de reúso da água pelas indústrias entre outros segmentos.

Tendo em vista a importância econômica do Centro Industrial do Município de Contagem-MG para o produto interno bruto (PIB) de Minas e do Brasil, a grande concentração industrial da região, a grande importância hídrica do Estado de Minas Gerais, o baixo investimento privado e o baixo incentivo político em ações para uma melhor gestão dos recursos hídricos, entende-se ser de grande relevância um estudo nesse âmbito, posto que esse poderia propiciar um modelo de trabalho que, se alcançar sucesso, poderá fomentar grandes resultados de melhoria ambiental e econômica.

1.3 ESCOPO DA DISSERTAÇÃO

O capítulo 2 irá apresentar os objetivos, o principal e os específicos que se buscará com o presente projeto de pesquisa.

O Capítulo 3 irá apresentar os fundamentos teóricos e revisões bibliográficas sobre o assunto, onde serão abordados conceitos, legislações, pesquisas já realizadas sobre o reúso da água, casos de sucesso com implantação desses sistemas, *benchmarks* realizados pelo pesquisador em empresas da região e de outras regiões, sendo esses requisitos gerais base para as conclusões, notadamente daquelas que envolvam o estudo desenvolvido.

O Capítulo 4 irá descrever os materiais e métodos empregados para pesquisa, qual a base será estabelecida para estimativa dos dados, incluindo o aparato experimental a ser utilizado e os procedimentos a serem adotados para gerar o modelo de pesquisa.

O Capítulo 5 irá mostrar a aplicação metodológica em um estudo de caso a ser realizado em uma grande empresa da região de Contagem, Minas Gerais, bem como os resultados e discussões surgidas.

O Capítulo 6 trará as conclusões e sugestões para futuros trabalhos, acompanhado das discussões relevantes.

Por fim o Capítulo 7 indicará as referências bibliográficas utilizadas para a pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a estimativa do impacto do reúso industrial direto e planejado como instrumento de gestão social, econômica e ambiental das águas residuárias, a partir de um estudo sobre uma empresa da região do Centro Industrial do Município de Contagem, em Minas Gerais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos propostos para este trabalho são:

a) Apresentação de balanço hídrico *versus* custo efetivo com serviços de captação e descarte de efluentes em uma indústria da região de Contagem, Minas Gerais.

b) Apresentação de uma estimativa dos ganhos reais de uma indústria da região de Contagem, Minas Gerais com a implantação de sistemas de reúso direto e planejado de águas residuárias.

c) Apresentação de subsídios ao desenvolvimento de um modelo esquemático para estimativa sobre a captação de água e os descartes de efluentes, bem como um modelo matemático para quantificação dos ganhos com a implantação de sistemas de reúso direto e planejado de águas residuárias na indústria.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E CONSUMO DE ÁGUA

Antes de iniciar qualquer estudo sobre o reúso planejado das águas, e a aplicação desse processo nas indústrias, salutar entender o porquê dessa necessidade, pelo que se faz agora breves análises sobre a relação de consumo e disponibilidade.

3.1.1 Distribuição e consumo de água no mundo

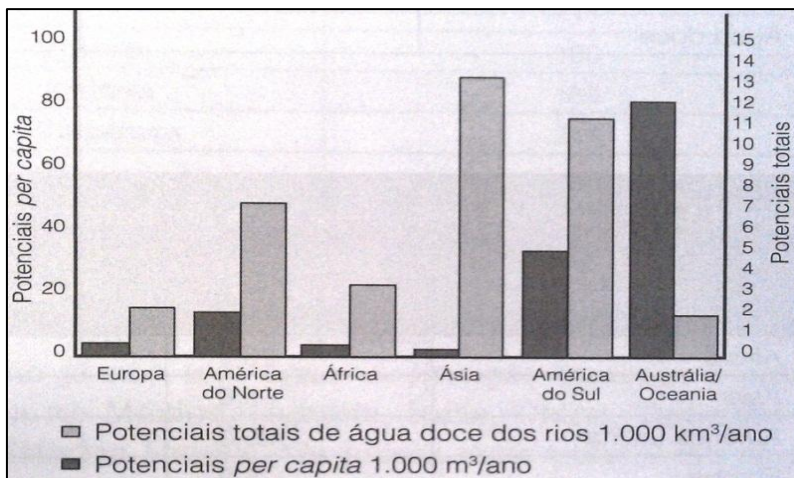
Nosso planeta tem mais de 70% de sua superfície coberta por água. Contudo, como já dito, um percentual muito pequeno desta água é própria ao consumo humano. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial, que em 2011 era de 7 bilhões, deve aumentar para 9,3 bilhões até 2050. A demanda por água crescerá e será preciso achar formas de conservar e reciclar este recurso. (LORENTZ, 2008).

Telles e Costa (2010) discutiram sobre a má distribuição de recursos pelo globo:

A grande problemática da escassez de água mundial está relacionada com a má distribuição de recursos naturais no espaço em relação à concentração populacional, ou seja, o volume per capita... (TELLES E COSTA, 2010, Pag. 3).

A figura 02 mostra os potenciais de água doce dos continentes e a influência da população:

Figura 02: Potenciais de água doce totais nos rios dos continentes em comparação ao potencial populacional



Fonte: TELLES E COSTA apud REBOUÇAS – 2010, Pag. 3

Pode-se observar que apenas as regiões da Oceania e América do Sul possuem uma disponibilidade de água doce em grande escala, se comparado com o potencial *per capita*, o que mostra que é importante o investimento em meios de controle e reaproveitamento da água em escala mundial, dada inclusive a irregularidade da demanda *versus* disponibilidade.

Além de apresentar irregularidade quanto a disponibilidade *per capita*, tendo em vista a influência geográfica de cada país, existe também grande variação de consumo por país, variando conforme o desenvolvimento que possui, além do segmento (indústria, agricultura ou consumo doméstico) que é predominante no mesmo.

Sobre o consumo de água mundial, Telles e Costa (2010) em sua obra afirmaram:

O consumo de água por atividade distingue três áreas: a agricultura, considerada a mais dispendiosa, seguida pela indústria e finalizando com as atividades urbano-domésticas.

[...]

Os incentivos culturais, econômicos e políticos, que têm apoiado a aplicação de tecnologias sustentáveis, vêm proporcionando alterações

significativas na demanda de água nesses setores. (TELLES E COSTA, 2010, pag.13).

Na figura 03, a seguir, percebe-se a variação existente considerando os segmentos (industrial, agrícola e consumo doméstico), bem como a irregularidade conforme seja o grau de desenvolvimento dos países:

Figura 03: Consumo de água no mundo por segmento



Fonte: Adaptado de TELLES E COSTA apud UNESCO, 2010, Pag. 14.

Percebe-se, portanto, que o consumo da agricultura era ainda maior em décadas passadas, com quase 90% da demanda mundial. Com o avançamento das técnicas de irrigação e, principalmente com o avançamento do setor industrial, vê-se hoje que o volume de água consumido na indústria cresceu bastante, apesar de ainda estar muito abaixo do volume gasto na agricultura. Outro dado importante, de 2003,

presente nos dois últimos itens da figura 03, mostram que o consumo de água industrial em países desenvolvidos é maior, justificado também pelo percentual de industrialização maior dos mesmos.

Além disso, tem-se que o consumo de água por segmento tem uma tendência de crescimento com o passar dos anos e do avançamento industrial, conforme podemos ver na tabela 01 a seguir:

Tabela 01: Evolução do consumo de água em âmbito mundial (km³/ano)

Evolução do consumo de água em âmbito mundial (km ³ /ano)							
Tipos de uso	Evolução ao longo do tempo						
	1900	1920	1940	1960	1980	2000*	2020**
Doméstico	(--)	(--)	(--)	30	250	500	850
Industrial	30	45	100	350	750	1.350	1.900
Agrícola	500	705	1.000	1.580	2.400	3.600	4.300
Total	530	750	1.100	1.960	3.400	5.450	
(--) sem dados							
(*) estimativa							
(**) previsão							

Fonte: Adaptado de TELLES E COSTA apud PADILHA, 2010, pag. 15

Destarte, notório que a evolução do consumo de água em âmbito mundial mostra que em todos os segmentos o consumo tende a subir muito, inclusive o consumo *per capita*, dado ao crescimento dos países subdesenvolvidos, entre outros fatores. Isso faz com que a responsabilidade na busca de técnicas de reaproveitamento, torne-se uma necessidade imediata em nível global.

Se for destacado da tabela 01, apenas a indústria, como comparativo, percebe-se que o consumo aumenta em escalas altíssimas, saindo de 45 km³/ano e chegando a 1.900 km³/ano em um século.

3.1.2 Distribuição e consumo de água no Brasil

O Brasil figura na lista dos países com maior disponibilidade de recursos hídricos do cenário mundial.

Os recursos hídricos superficiais gerados no Brasil representam 50% do total dos recursos da América do Sul e cerca de 17% dos recursos mundiais, totalizando uma vazão de 168.870 m³/s. A distribuição desses recursos no País geograficamente e durante as estações não é também uniforme, destacando-se os extremos do excesso de água na Amazônia e as limitações de disponibilidade no Nordeste. Considerando a vazão total da Amazônia que escoam pelo território brasileiro, o total do Brasil representa 77% da disponibilidade de água da América do Sul e 17% do total em nível mundial, conforme observamos no trecho:

Com 17% das reservas d água doce do planeta, o Brasil encontra-se numa posição privilegiada no cenário de escassez que se projeta para um futuro próximo. Um exemplo do potencial de água subterrânea é o aquífero Guarani, que se estende sob oito estados brasileiros e sob os territórios da Argentina, Uruguai e Paraguai. Numa profundidade entre 50 e 1500 metros, há quase 50 quatrilhões de litros. (LINO, 2002).

A figura 04 a seguir aponta a distribuição dos recursos hídricos no país. A área escura no mapa mostra as regiões com maior disponibilidade:

Figura 04: Mapa da distribuição de água doce geral no país



Fonte: LUZ, 2005, Pag. 75

Observa-se claramente a concentração de recursos hídricos nas regiões norte, sul e sudeste, além de áreas isoladas do centro oeste, o que comprova a grande influência hídrica dessas regiões e sua importância no cenário nacional e mundial. A tabela 02 a seguir aponta a distribuição dos recursos hídricos *versus* a população existente no país, considerando as bacias hidrográficas existentes:

Tabela 02: Distribuição de água x população no país

Regiões Hidrográficas e disponibilidade de água		
Região Hidrográfica	População (10⁶ hab)	Vazão média (m³/hab/ano)
Amazônica	8	533.096
Tocantins-Araguaia	7	59.858
Atlântico Nordeste Ocidental	5	15.958
Parnaíba	4	6.456
Atlântico Nordeste Oriental	21	1.145
São Francisco	13	7.025
Atlântico Leste	14	3.362
Atlântico Sudeste	26	3.972
Atlântico Sul	12	11.316
Uruguai	4	33.893
Paraná	55	6.607
Paraguai	2	39.559

Fonte: LORENTZ e MENDES apud Agência Nacional das Águas - ANA, 2008.

Observa-se então que o Brasil é um país privilegiado no cenário mundial no que se discerne a disponibilidade de água.

Quanto ao consumo médio de água no país, envolvendo os setores comercial, residencial, público e industrial, esse está estabilizado na faixa de 150 litros por habitante/ dia, bem abaixo da média dos países

Europeus e da América do Norte, mas ainda bem acima da média padrão estabelecida como razoável, qual seja 50 litros por pessoa por dia.

Em 2009 o consumo de água foi de 148,5 litros médios, de acordo com pesquisa divulgada pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), do Ministério das Cidades. (SNIS, 2008).

A figura 05 a seguir indica a distribuição do consumo médio de água em uma habitação brasileira:

Figura 05: Distribuição do consumo de água em uma habitação brasileira em litros por pessoa

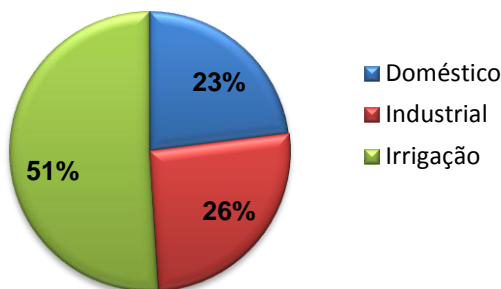


Fonte: GANDRA apud SNIS, Agência Brasil, 2011.

No contexto do consumo por segmento (industrial, agrícola e doméstico), o país segue a tendência mundial, apresentando como principal consumidor de água a agricultura, seguida da indústria.

Em razão de diversas atividades relacionadas à produção de bens de consumo as indústrias são grandes consumidoras de água, com cerca de 26% do total consumido, conforme é visto no gráfico 02 que se segue:

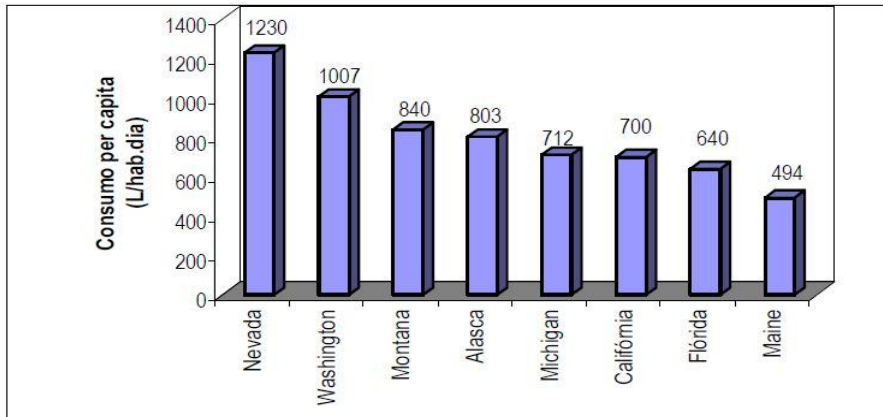
Gráfico 02: Consumo de água por segmento no Brasil



Fonte: Adaptado de MIERZWA E HESPANHOL, 2005, pag.17

O consumo de água no Brasil não é tão elevado se feitos comparativos com outros países, por exemplo, os Estados Unidos, conforme podemos perceber na figura 06:

Figura 06: Consumo per capita em litros por habitante/ dia em indústrias e residências nos EUA



Fonte: NETO apud American Water Works Association – AWWA, 2003

Analisando os dados apresentados, percebe-se que a relação entre a disponibilidade de água existente e o consumo brasileiro não deveria ser um problema. Contudo existem fatores que são muito alarmantes.

A maioria dos rios que atravessam as cidades brasileiras estão deteriorados, sendo esse considerado o maior problema ambiental

brasileiro. Essa deterioração ocorre porque a maioria das cidades brasileiras não possui coleta e tratamento de esgotos domésticos, jogando *in natura* o esgoto nos rios. Quando existe rede, não há estação de tratamento de esgotos, o que vem a agravar ainda mais as condições do rio, pois se concentra a carga em uma seção. Dados de 1999 já mostravam que, *apenas 49% dos habitantes são servidos por redes de esgoto*. (LINO, 2002).

Com isso muitos dos rios urbanos escoam esgoto, já que, devido à urbanização, grande parte da precipitação escoam diretamente pelas áreas impermeáveis para os rios. Não ocorrendo a infiltração, a vazão de água subterrânea se reduz, agravando as estiagens. Muitas cidades cobram pela coleta do esgoto doméstico, mesmo sem a existência de rede ou estação de tratamento. Essa tarifa é muitas vezes baixa, o que não permite atender ao serviço e fazer os investimentos em infraestrutura, mantendo ou agravando as condições atuais.

Outro grave problema reside nos altos investimentos que envolvem a rede e a estação de tratamento no âmbito da economia dos municípios, que são institucionalmente responsáveis pelo saneamento.

Além disso, existe como agravante a questão do desperdício de água, conforme passagem:

Estima-se que as perdas em países desenvolvidos alcancem os 30%, enquanto em regiões como São Paulo tem-se um valor de cerca de 40%. Só os vazamentos levam uma perda na ordem de 20%, que é o dobro da taxa aceita por padrões internacionais (MACEDO, 2000).

Assim, existe no Brasil grande disponibilidade de recursos hídricos em sua melhor forma, qual seja aquela própria ao consumo humano. Percebe-se também que o consumo médio por habitante é menor que o padrão mundial e que se tem grande potencial para investir em tecnologia para uso consciente e reciclagem de água, tendo em vista o fato de serem os setores produtivos os maiores consumidores. Contudo estes investimentos são ainda tímidos no cenário nacional.

Dessa forma, a despeito da grande disponibilidade de água existente no país, nota-se que seja, mesmo assim, preocupante a situação dos recursos hídricos disponíveis. Isso porque existe um cenário de desperdício marcante, de poluição e degradação ambiental maciça.

3.1.3 Consumo de água em Minas Gerais e Contagem

Neste momento, a fim que também se possam conhecer detalhes específicos acerca do estudo, salutar, antes de mencionar questões relativas a água, seu consumo, tratamento e reciclagem no município de Contagem/MG, vê-se como imprescindível tecer algumas informações sobre o município, que agora passamos a analisar.

3.1.3.1 Localização

Situado na plataforma que se estende desde as encostas da Serra do Curral, o município de Contagem é de relevo levemente ondulado e descortinado, com sede a 826 metros (m) de altitude, pertencendo à bacia hidrográfica do Rio Paraopeba. Seu principal curso d'água é o Ribeirão das Abóboras. Sua área é de 195 km², com apenas 15 km² de zona rural. A população é estimada em 617.749 mil habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, est. 2008), com cerca de 99% concentrados na sede.

O município é dividido em sete distritos sanitários e drenado por duas grandes sub-bacias do rio São Francisco: o setor oriental drenando para o rio das Velhas e o ocidental pelo rio Paraopeba. Sua flora é a dos campos típicos do início da zona dos cerrados. Sua fauna está praticamente extinta dada a concentração industrial (IBGE, 2008).

Localização cartográfica: 19° 53' 36'' de latitude sul e 44° 05' 30'' de longitude oeste. A figura 07 indica o mapa da região:

Figura 07: Localização Geográfica da Cidade de Contagem-MG



Fonte: Contagem on-line, 2012

3.1.3.2 Histórico

Fonseca (1978), na unidade 3 de seu livro, apresenta a trajetória do povoado até ele se tornar a cidade que conhecemos por Contagem. De acordo com esse autor, os viajantes/ descobridores, visando abastecer os trabalhadores da mineração (principal atividade econômica do que viria a ser a Capitania das Minas Gerais), foram implantando pequenas roças e pontos de povoação no percurso entre o interior da colônia e o litoral. É nesse contexto que se origina o município de Contagem, nos primeiros anos do século XVIII, conforme vejamos em passagem:

Como acontecia em todos os pontos que ofereciam boas oportunidades de lucro, em torno do registro das Abóboras, desde 1716, um aglomerado humano dos mais diversificados tipos foi dando vida à povoação. Senhores de escravos, proprietários de datas minerais à procura de braços e do gado para alimentação; patrulheiros; funcionários do registro; delatores de transvios; religiosos sem eira nem beira; mulheres da vida, atraídas pelo dinheiro fácil; taberneiros; desocupados; e, vadios. Nas redondezas ainda afazendavam-se os que encontravam faixas realengas, devolutas (FONSECA, 1978, p. 51).

Paralelamente a ocupação mencionada, ocorreu a povoação de *San Gonçalo da Contagem das Abóboras*, onde foi construído, no ano de 1725, a capela em devoção a São Gonçalo do Amarante, padroeiro do município, o que constituiu o núcleo original de ocupação da sede municipal. Assim, devido a parada obrigatória no posto, foram os boiadeiros se estabelecendo, formando a província desde os anos de 1746. Posteriormente, passa então a Paróquia em 1854, ficando integrada ao município de Betim.

A partir daquele ponto a cidade se desenvolveu, tendo em 1941 novos rumos, após impulsionada pelo plano industrial do Estado de Minas Gerais, com criação da cidade industrial. Esse ponto parece ser de consenso histórico, como elemento basilar que revolucionou a história de Contagem. Necessitando o Estado de um pólo industrial moderno junto à Capital, decidiu o governo lançar a pedra fundamental da Cidade Industrial, em 1941, numa área de 270 hectares. Em 1948, finalmente, após alguns anos de desenvolvimento industrial, a cidade, com a Lei n^o. 336 se instituiu em município.

No último século os limites geográficos da cidade se ligaram ao da capital, em virtude do seu crescimento horizontal. Atualmente, Contagem integra a Região Metropolitana de Belo Horizonte, sendo uma das mais importantes cidades dessa aglomeração urbana principalmente pelo seu grande parque industrial, além de seu sistema viário, que comporta um fluxo intenso de veículos e de carga. As rodovias BR-381 (Fernão Dias - acesso a São Paulo), BR-262 (acesso a Vitória e Triângulo Mineiro) e a BR-040 (acesso a Brasília e Rio de Janeiro) são as principais.

3.1.3.3 Aspectos Financeiros, Tributários e populacionais

Inicialmente, as atividades econômicas da cidade, em época de Paróquia de São Gonçalo das abóboras, dava-se em atividades de pequena cultura familiar e agropastoris.

Campos e Anastasia (1991) remetem às atividades agropastoril e comerciais do arraial de São Gonçalo da Contagem, que permitiram que o povoado apresentasse relativa estabilidade econômico-financeira ao longo dos séculos XVIII e XIX.

Como em qualquer cidade interiorana da época, Contagem teve um desenvolvimento tímido até conhecer sua vocação industrial, descoberta após trinta anos de realidade agrícola.

A industrialização da economia brasileira em meados da década de 1950 provocou o crescimento de várias cidades. Em Contagem, como

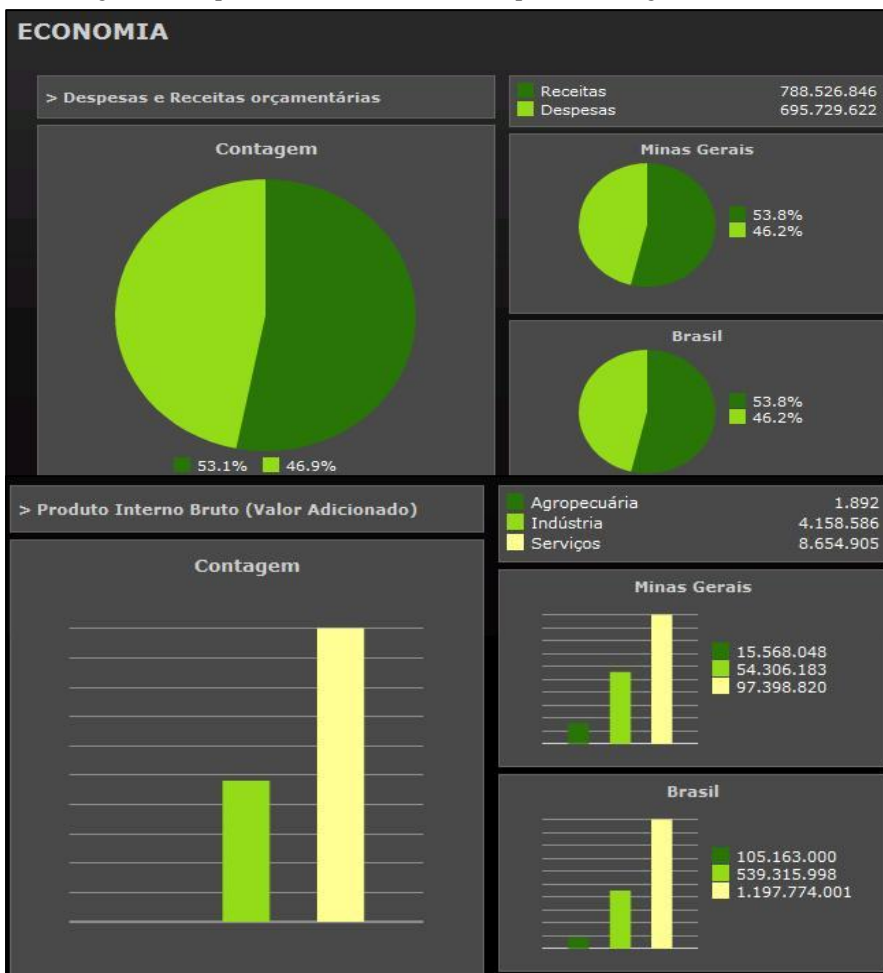
já aludido, a criação da Cidade Industrial foi o elemento principal para o evoluir econômico, populacional e social da cidade.

Atualmente, o município já não consta apenas com a primitiva Cidade Industrial, mas já desenvolveu desde 1970 um outro pólo, maior e com maior potencial industrial concentrado, qual seja o Centro Industrial de Contagem (CINCO), local referência para o presente estudo.

Fiel as suas origens do povoado surgindo às porteiras de uma fazenda, o município produz hortigranjeiros, principalmente alho e cebola, frutas e alguns cereais em lavouras de subsistência. Também tem implantado no município o entreposto das Centrais de Abastecimento de Minas Gerais (CEASAMINAS), que comercializa centenas de toneladas de cereais e hortigranjeiros é o mais diversificado do Brasil e ocupa o segundo lugar nacional. Além disto, um marco importante para a economia da cidade foi, após estabelecimento da FIAT Automóveis no Município de Betim, por volta de 1971, pela proximidade e infraestrutura, Contagem se tornou sede de várias indústrias do setor automotivo, presente e dominante na região.

Alguns dados econômicos de receitas e despesas orçamentárias do município estão dispostos na figura 08:

Figura 08: Aspectos econômicos do município de Contagem-MG



Fonte: Contagem on-line, 2012

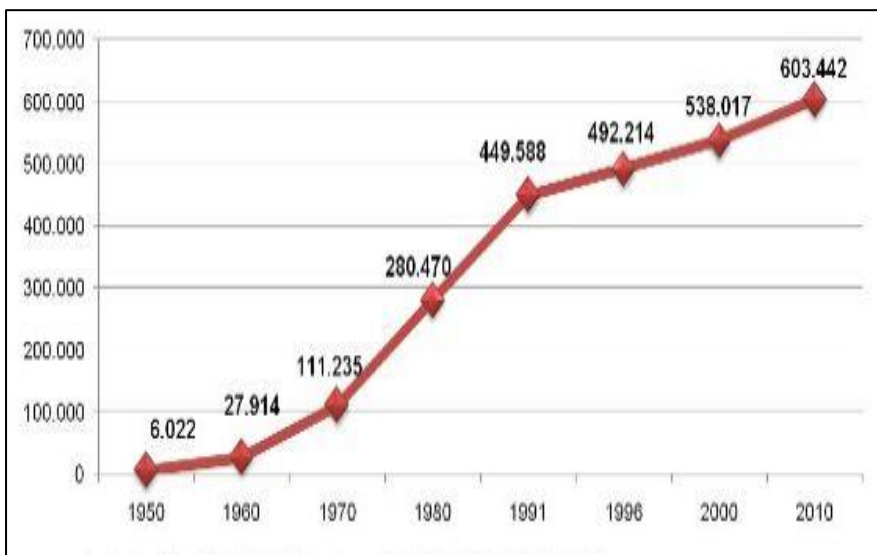
Atualmente, o parque industrial de Contagem conta com cerca de 2.264 empresas. Os Distritos Industriais ocupam, no total, quase 7 milhões de metros quadrados. Seu PIB ocupa a terceira posição do ranking estadual com cerca de R\$ 8,4 bilhões, sendo R\$ 13,7 mil/habitante.

Em termos de exportações referencia-se o resultado de: *Unites States freight on board* (US FOB), igual a 424 milhões em exportações

no ano de 2006, com saldo de US FOB de 43 milhões, que a coloca em 14º no ranking estadual e 74º no nacional (posição de 2006).

O evoluir econômico favoreceu, em paralelo, o aumento do contingente populacional da cidade, tornando-a, na atualidade, a terceira maior do Estado de Minas Gerais, conforme podemos perceber na figura 09:

Figura 09: Crescimento Populacional de Contagem-MG entre os anos de 1950-2010



Fonte: Contagem on-line, 2012.

Sendo assim, verifica-se que Contagem tornou-se um grande Centro Industrial Urbano, em constante expansão econômica, social e principalmente industrial, conforme vejamos em passagem a seguir:

Segundo a Fundação João Pinheiro para 2007, últimos resultados disponíveis, a indústria de transformação mineira vem mantendo o segundo lugar entre os estados nessa atividade, crescendo à taxa média anual de 2,0% a.a., entre 1995 e 2007, taxa superior da mesma atividade no âmbito nacional (1,8% a.a.). Esses resultados garantiram o aumento da participação do Estado no total nacional de 8,5% para 10,1% nessa atividade.

Contagem participa com 6% e 7% de participação na indústria de transformação mineira em número de estabelecimentos e empregados, respectivamente. (VOCAÇÃO..., 2010).

O PIB de Contagem agrega grande parte de seu valor através da produção de um moderno e competitivo parque industrial distribuído entre vários ramos, sendo os principais o automotivo, alimentos e metalúrgico. As empresas de grande, médio e pequeno porte, recolhem altos valores em tributos anuais aos cofres da União, do Estado e do Município, fazendo de Contagem o maior Centro Industrial de Minas Gerais e um dos mais importantes do país, o que também consegue sustentar em termos de justificativa, a relevância do presente estudo nesta região.

3.1.3.4 Estatísticas do consumo de água na região

A região sudeste e o Estado de Minas Gerais, dada a sua concentração populacional, industrial, além dos aspectos econômicos, figura também como o maior pólo de consumo de água e geração de efluente do país. Desta feita, também apresenta um potencial para implantação de sistemas de reúso de águas residuárias de grande relevância. A figura 10 mostra os números de água produzida e esgotos coletados/ tratados por Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs) no país:

Figura 10: Produção de água e tratamento de esgotos coletados por CESBs no Brasil

Região/ companhia	Volumes de água 10 ³ m ³ /dia							Volumes de esgoto	
	Produção	Tratado ETA	Só desinfecção	Comprado	Macromeditado	Consumido	Microeditado	Coletado	Tratado
Norte	1254,9	1091,3	61,6	0	96	594	320,5	48,5	11,8
CAER	80,5	37,6	42,9	0	0	33,9	26,5	7,8	7,8
CAERD	160	155	5	0	96	102	45	1,4	0
CAESA	76,8	76,7	0	0	0	32,9	16,1	7,4	4
COSAMA	368,8	366,8	0	0	0	130,2	81,8	11	0
COSANPA	464,5	380,9	0	0	0	236	96,2	20,8	0
SANEATINS	104,3	74,3	13,7	0	0	59	54,9	**	**
Nordeste	4876,2	4164,2	699,2	549,7	2458,4	3056,6	2011,3	993,7	718,8
AGESPISA	**	**	**	0	**	129,5	90,4	7	7
CAEMA	568,9	199,1	110,9	0	54	248	71,4	194,5	11,9
CAERN	443	198	176	0	304	213	124	48	10
CAGECE	118	576	51	509	627	416	347	115,1	115,1
CAGEPA	459,6	242	24,7	0	133,1	253,4	173,6	78,7	42,7
CASAL	286,4	145,1	141,3	0	**	124	71,2	30	30
COMPESA	1231,5	1166,6	64,9	0	253	655,5	468	190,9	172,6
DESO	289,5	263,4	25,1	0	25,3	153,3	131,6	25,5	25,5
EMBASA	1479,3	1374	105,3	40,7	1062	864	534	304	304
Sudeste	14513,8	13600,8	847	6	12504	9242	7438,3	4793,6	1523,6
CEDAE	4939	4248	691	0	4100	2928	1225	1399	755
CESAN	608,8	556,8	**	0	**	393,2	308,5	41,3	35,9
COPASA	2062	1892	156	6	1500	1408	1392	1253	19
SABESP	6904	6904	0	0	6904	4512,8	4512,8	2100,3	713,7
Sul	3422,6	2954,6	468,1	0	3152,4	1881,1	1643,4	791	260,3
CASAN	694,3	636	58,4	0	424,1	363,6	328,2	44,7	39,5
CORSAN	1326,5	1154,1	172,4	0	1326,5	660,7	458,4	60,9	40,7
SANEPAR	1401,8	1164,5	237,3	0	1401,8	856	856,8	695,4	180
Centro-oeste	1958,8	1560,9	348,4	0	662,2	1163,1	1043,9	522,1	208
CAESB	468	431	37	0	286	376	346	243	146
SANEAGO	642,3	603,4	25,2	0	46,6	427,8	418,3	224,7	43
SANEMAT	464,4	320,1	144,5	0	145,1	163,5	91,8	31,9	12
SANESUL	384,1	206,4	141,7	0	184,5	195,8	187,8	22,5	7
Total	26026,3	23371,8	2424,3	555,7	18873	15936,9	12457,4	7149	2722,5

Fonte: Adaptado TUCCI; HESPANHOL E NETTO apud MPO-SEPURB-IPEA 2000.

Pode-se perceber que mais da metade do volume de água produzida e do esgoto coletados no país são concentrados na região sudeste e, que o estado de Minas Gerais (representado na figura pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA) têm uma parcela de contribuição muito relevante para o índice, apresentando

sozinho índices superiores que toda a região Centro-Oeste e Norte do país, em termos gerais.

Trazendo a análise para o âmbito industrial, tem-se que a água destinada a este fim, pode se classificar conforme analisarmos o seu uso ou destino principal, conforme as seguintes categorias:

- _ água como matéria-prima;
- _ água utilizada em processo;
- _ água utilizada em sistemas de resfriamento;
- _ água para consumo doméstico (refeitórios, sanitários entre outros).

Gomes citado por Neto (2003) apresentou em sua obra a estimativa média dos consumos de água, observando a natureza das atividades comerciais e industriais, conforme quadro 02:

Quadro 02: Estimativa de consumo de água no segmento industrial e de serviços no Brasil

Natureza	Consumo
Escritórios comerciais	50 L/pessoa.dia
Restaurantes	25 L/refeição
Hotéis, pensões	10 L/hóspede.dia
Lavanderias	30 L/kg roupa
Indústrias (uso sanitário)	70 L/operário.dia
Indústria têxtil	1000 L/kg de tecido

Fonte: Adaptado de NETO apud GOMES, 2003

No quadro 2, considerando somente o uso sanitário em uma empresa, tem-se que 70 litros de água são consumidos por dia em média para cada operário em uma indústria.

Com relação ao consumo no processo produtivo, tem-se no quadro 3 a seguir os volumes médios de alguns setores industriais no ano de 2010, vejamos:

Quadro 3: Consumo médio de água em indústrias brasileiras – Dados do ano 2000

Consumo médio em indústrias		
INDÚSTRIA	UNIDADE DE PRODUÇÃO	CONSUMO/ UNID. PRODUÇÃO L/UNID
Acúcar, usinas	kg	100
Aciarias	kg	250 a 450
Álcool, destilarias	Litro	20 a 30
Cerveja	Litro	15 a 25
Conservas	kg	10 a 50
Curtumes	kg	50 a 60
Laticínios	kg	15 a 20
Papel fino	kg	1500 a 3000
Papel imprensa	kg	400 a 600
Polpa de papel	kg	300 a 800
Têxteis	kg	275 a 365

Fonte: Adaptado de TELLES E COSTA apud TOMAZ, 2010, Pag. 19

O grande volume de água gasto nos segmentos industriais vem chamando a atenção da economia mundial (TELLES E COSTA, 2010).

Percebe-se que o consumo pode variar conforme o segmento da indústria, tendo como padrão apenas índices referentes a consumo humano e sanitário no segmento industrial. Os processos industriais, no entanto, costumam consumir volumes muito maiores de água em seu processo produtivo que nos sanitários.

Segundo o manual de conservação e reúso de água para a indústria da Federação das Indústrias de São Paulo (FIESP - 2004), a distribuição do consumo de água na indústria por atividades pode ser representado conforme disposto na figura 11:

Figura 11: Caracterização do consumo de água no fluxo interno das indústrias brasileiras por segmento

Segmento Industrial	Distribuição do consumo de água (%)		
	Resfriamento sem contato	Processos e atividades afins	Uso sanitário e outros
Carne enlatada	42	46	12
Abatimento e limpeza de aves	12	77	12
Laticínios	53	27	19
Frutas e vegetais enlatados	19	67	13
Moagem de milho	36	63	1
Açúcar de cana de açúcar	30	69	1
Bebidas Maltadas	72	13	15
Indústria têxtil	57	37	6
Serrarias	58	36	6
Fábricas de celulose e papel	18	80	1
Gases industriais	86	13	1
Pigmentos Inorgânicos	41	58	1
Materiais Plásticos e resinas	93	7	**
Borracha Sintética	83	17	**
Tintas e pigmentos	79	17	4
Produtos Químicos Orgânicos	91	9	1
Refinaria de petróleo	95	5	**
Pneus	81	16	3
Cimento	82	17	1
Aço	56	46	1
Fundição de Ferro e Aço	34	58	8
Automóveis	28	69	3

** Menor que 0,5%

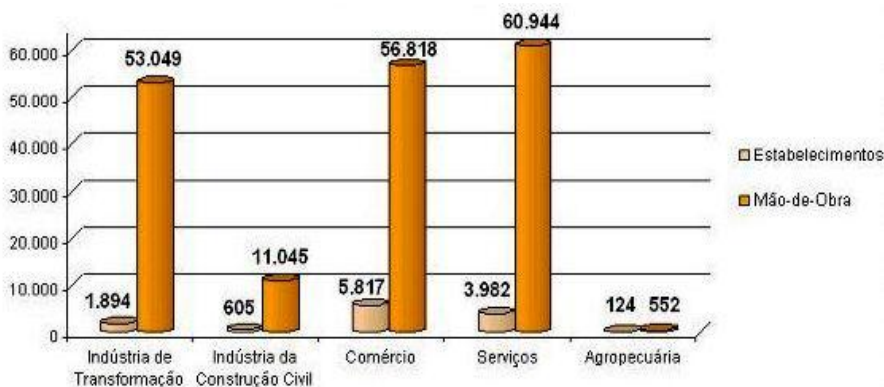
Fonte: Adaptado de FIESP, 2004, pag. 25.

Podemos ver que o consumo sanitário das empresas é sempre menor se comparado ao uso industrial e atividades afins ao processo, que normalmente consomem muita água.

Quando falamos especificamente do Município de Contagem, em Minas Gerais, sabe-se que o mesmo é predominantemente industrial e a diversificação da base produtiva instalada em seus diversos distritos industriais é alta. Com isso, a cidade possui aproximadamente 2.300 indústrias em seu parque industrial.

A distribuição da mão-de-obra por segmento pode ser verificada na figura 12:

Figura 12: Distribuição de mão-de-obra por segmento na cidade de Contagem-Mg



Fonte: Contagem on-line, 2012

Podemos perceber, portanto, que cerca de 65 mil pessoas trabalham no seguimento industrial no município, sendo que a indústria já supera o setor de serviços em empregabilidade de mão-de-obra.

Considerando este potencial industrial e, os dados médios de consumo de água por pessoa na indústria, alhures mencionado, vê-se um resultado muito significativo em termos de consumo e geração de efluentes, se analisarmos hipoteticamente uma situação base. Considerando que 70 litros de água são consumidos por pessoa por dia na indústria, a cidade apresentaria um consumo de aproximado de 4.550 m³/dia, somente para consumo sanitário no setor industrial na cidade.

3.2 DO REÚSO DA ÁGUA

Como foi possível visualizar, os custos com a captação da água na indústria são elevados, bem como seus custos para descarte e tratamento. Consoante a esta determinante, bem como a crescente

demanda por recursos hídricos, como vimos no tópico anterior, as indústrias têm tido a necessidade de avaliar as possibilidades internas de reciclagem/ reúso de água principalmente para aplicação industrial.

Antes de iniciar um estudo aprofundado sobre o impacto da implantação de um sistema de reúso em uma unidade industrial, interessante estabelecer algumas premissas, caracterizações e conceituações sobre o tema, a fim de, principalmente, delimitar adequadamente o estudo.

É isso que, destarte, passa-se a realizar neste momento.

3.2.1 Conceito

Antes de avaliar a aplicação, os tipos, os benefícios e riscos da reciclagem da água, ou reúso da mesma, interessante entender qual seria o conceito de reúso de água.

Em um conceito inicial, mais restrito, Plínio Tomaz, citado por Ana Karla Silva e outros (2003), entendiam o reúso como *aproveitamento dos esgotos sanitários tratados*.

Telles e Costa (2010), em sua obra falaram sobre a definição de reúso:

Pode-se entender o reúso como o aproveitamento do efluente após uma extensão de seu tratamento, com ou sem investimentos adicionais.

Nem todo volume de esgoto gerado precisa ser tratado para ser reutilizado, porém existem casos em que estes efluentes exigem um processo bastante específico de purificação. Essas especificações devem sempre respeitar o princípio de adequação da qualidade da água à sua utilização, devendo-se sempre observar uma série de providências e cuidados, bem como atender as instruções da Norma ABNT 13969/97. (TELLES E COSTA, 2010, pag. 154).

Já o manual de conservação e reúso de água para a indústria da FIESP – SP (2004), na seção de definições, traz nas descrições os seguintes conceitos:

Reúso: uso de água residuária ou água de qualidade inferior tratados ou não;

Água de reúso: é a água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização;

Água residuária: é o esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;

Água de qualidade inferior: águas não caracterizadas como água residuária, inadequadas para usos mais exigentes; (FIESP, 2004).

De maneira geral, uma definição bastante aceita para o termo reúso de água é: *uso de efluentes tratados para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis.* (MIERZWA, 2002).

Quando se fala de reúso versus reciclagem, algumas divergências ocorrem. Ana Karla Silva *et al* resumiram o assunto, conforme vemos:

Muitas vezes os termos reúso e reciclagem são utilizados como sinônimos, como faz os Estados Unidos. Todavia, a reciclagem de água nada mais é do que o reúso interno da água para o uso original e, está inserido como um dos casos de reúso direto.

Distinção interessante faz o Estado do Texas/ USA entre reúso e uso sucessivo da água. Naquele Estado, existe diferença legal entre os dois termos. O verdadeiro reúso, seja direto ou indireto, é feito pelo mesmo agente, para o mesmo propósito, e abastece a mesma área.

Quando o reúso ocorre para outro propósito, quando a água é vendida ou beneficia uma área distinta da originalmente prevista, o direito apropriativo original pode ser contestado se estiver prejudicando os direitos dos usuários a jusante, pois este novo uso torna-se sucessivo, diferindo do conceito de reúso para o bem público (SILVA, Ana Karla apud FINK, 2003, pag. 43).

Para fins desta pesquisa, estabeleceremos que, o aproveitamento de um efluente, tratado ou não, considerando um padrão estabelecido previamente para sua utilização pode ser considerado como reúso. Reúso e reciclagem poderão, nesse caso ser utilizados como sinônimos,

posto que o enfoque da pesquisa é falar sobre o reúso direto e planejado, conforme a seguir veremos.

3.2.2 Histórico e Necessidade

O reúso de água não é novo. *Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB-SP)*. Porém, esse tema tem entrado nas principais pautas de desenvolvimento sustentável, na atualidade, tendo em vista o grande aumento da demanda por água e a escassez da mesma para os diversos tipos de consumo, como já visto.

Dados da FIESP (2004) já apontam uso de água residuária há mais de dois séculos:

Há cerca de 200 anos, motivado por um grupo de pessoas conservacionista, e um outro, visando diminuir a poluição dos rios, o conceito de reuso iniciou-se por meio de tratamento dos efluentes domésticos, por disposição no solo, visando a fertilização; esse modelo foi implantado inicialmente na Grã-Bretanha, Alemanha e Estados Unidos.

[...]

No final dos anos 90, começa uma segunda fase onde o reuso da água teve por objetivo o desenvolvimento agrícola de regiões áridas dos Estados Unidos, como Califórnia e Texas, além de países como a África do Sul, Israel e Índia. Em Israel, por exemplo, o reuso da água tornou-se uma política nacional em 1955. (FIESP, 2004).

Como visto, o reúso de águas residuárias já existe há algum tempo, inicialmente por questões de consciência ambiental e, posteriormente por necessidade direta. No Brasil, por diversos fatores, inclusive a grande disponibilidade de recursos hídricos, o reúso da água ainda caminha a passos lentos, apesar de mais presente na atualidade.

O Brasil caminha lentamente na direção da sustentabilidade já adotada mundialmente, principalmente no que se refere ao uso inteligente da água, ao controle ambiental e consequentes vantagens socioeconômicas. Neste quadro, é

requisito básico a coerência dos paradigmas burocráticos, agilidade da política institucional e integração nas organizações públicas e privadas, em empenho conjunto ao setor educacional, numa ampla ação que vai se refletir na conduta de cada indivíduo e consequente adequação mercadológica. (TELLES E COSTA, 2010, Pag. 153).

O professor Ivanildo Hespagnol, da Universidade de São Paulo - USP, em seu artigo Potencial de reúso de água no Brasil, indicou a situação da escassez de água mesmo em áreas com recursos abundantes, assim vejamos:

O fenômeno da escassez não é, entretanto, atributo exclusivo das regiões áridas e semiáridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender a demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. A Bacia do Alto Tietê, que abriga uma população superior a 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 municípios circunvizinhos. Esta condição, tem levado à busca incessante de recursos hídricos complementares de bacias vizinhas, que trazem, como consequência direta, aumentos consideráveis de custo, além dos evidentes problemas legais e político-institucionais associados. Esta prática tende a se tornar cada vez mais restritiva, face à conscientização popular, arregimentação de entidades de classe e ao desenvolvimento institucional dos comitês de bacias afetadas pela perda de recursos hídricos valiosos. (HESPANHOL, 2002).

Vê-se que o Brasil possui um avançamento lento em termos de tecnologias de reúso de águas residuárias e, que apesar de estar, em

algumas regiões avançando com técnicas de tratamento e reciclagem de efluentes, não possui investimentos fortes nesses sistemas.

Inobstante, não é dúvida que esse sistema é necessário, não só em nível mundial para os países áridos ou regiões com baixa disponibilidade de água, como visto, mas para o Brasil e o Estado de Minas Gerais, conforme já visto nesta dissertação, que indica claramente o consumo elevado de água, principalmente na indústria em geral.

3.2.3 Tipos e Aplicação

As formas e possibilidades de reúso dependem de diversos fatores como a demanda local, as características do efluente, o processo em que será aplicado, os investimentos para tratamento e, inclusive, alguns fatores políticos, sociais e culturais.

Conforme a aplicação pode também variar o tipo de reúso aplicável. Importante, portanto, identificar algumas diferenças entre os tipos de reúso aplicados, conforme vejamos:

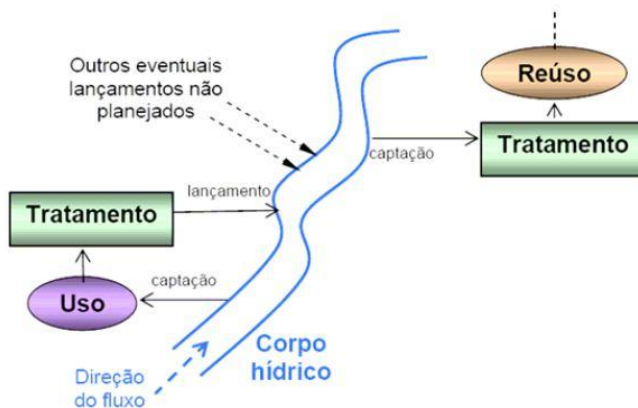
Reúso indireto de água: uso de água residuária ou água de qualidade inferior, em sua forma diluída, após lançamento em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;

Reúso direto de água: é o uso planejado de água de reúso, conduzido ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos; (FIESP, 2004).

Portanto se tem que a reutilização de água pode ser direta ou indireta, também variando se decorrentes de ações planejadas ou não.

A figura 13 a seguir indica um exemplo de reúso indireto:

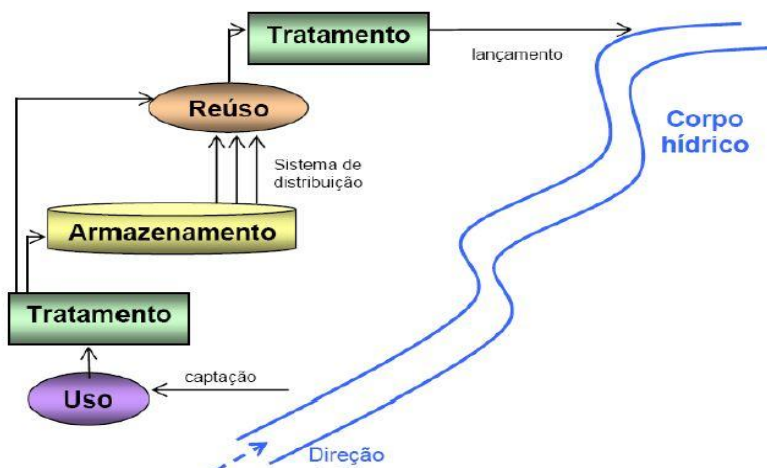
Figura 13: Exemplo de sistema de reúso indireto não planejado



Fonte: RODRIGUES, Raquel dos Santos, 2005.

Já a figura 14 indica um exemplo de reúso direto e planejado, vejamos:

Figura 14: Exemplo de sistema de reúso direto planejado



Fonte: RODRIGUES, Raquel dos Santos, 2005.

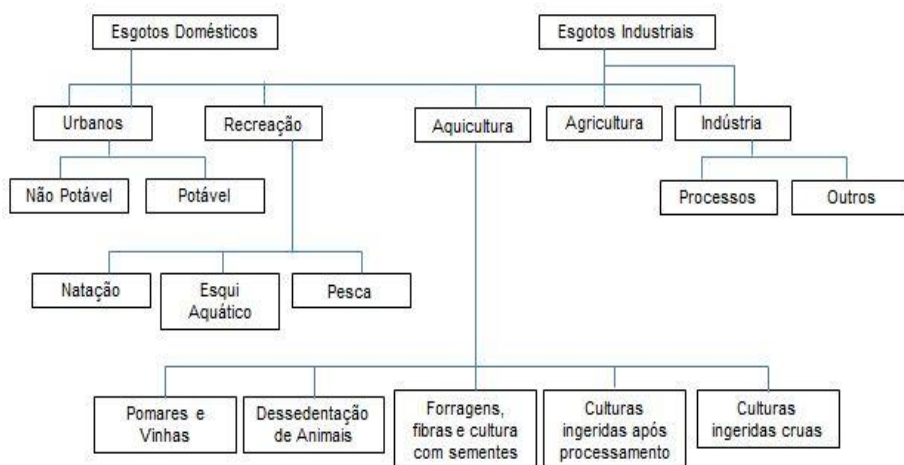
O reúso indireto, quando não planejado, como visto, ocorre quando a água, utilizada na atividade humana, é lançada no ambiente e

posteriormente novamente utilizada, em sua forma diluída, de maneira não intencional e sem controles. Já o reúso indireto, quando planejado, seria quando os efluentes, após um tratamento prévio, é lançado no meio nos corpos de águas, para serem utilizadas novamente no início do ciclo, de maneira controlada, para algum uso pré-estabelecido. Uma diferença interessante entre o uso indireto planejado e não-planejado está no fato que, o primeiro está sujeito ao ciclo hidrológico, enquanto o segundo deve considerar controles caso ocorram contaminações ou descargas no caminho do efluente, garantindo sempre o seu tratamento e atendimento aos requisitos determinados.

Quando falamos em reúso direto, como visto, não falamos em diluição em corpos hídricos previamente antes do uso. Este tipo de reúso, planejado, seria quando os efluentes, tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso. Este caso é o mais comum, sendo o aplicável mais comumente em indústrias e na irrigação.

A figura 15 a seguir, identifica um esquema dos tipos básicos de uso potencial do esgoto tratado em áreas urbanas ou rurais:

Figura 15: Macrofluxo de alguns tipos de sistemas de reúso existentes



Fonte: Adaptado de TELLES E COSTA apud HESPANHOL, 2010, pag. 156.

Telles e Costa (2010) versaram sobre o reúso e sua aplicação, vejamos:

A tecnologia do reúso pode ser entendida como uma forma de reaproveitamento da água servida que abrange desde a simples recirculação de água de enxágue da máquina de lavar roupas, com ou sem tratamento aos vasos sanitários, até uma remoção de alto nível de poluentes para lavagens de carros, regas de jardins, ou outras aplicações mais específicas, podendo se estender para além do limite do sistema local e suprir a demanda industrial ou outra demanda da área próxima. (TELLES E COSTA, 2010, pag. 157).

Em artigo sobre reúso da água, o Jornal Ambiente Brasil definiu as aplicações básicas da água reciclada, como se vê:

Irrigação paisagística: parques, cemitérios, campos de golfe, faixas de domínio de auto-estradas, campus universitários, cinturões verdes, gramados residenciais.

Irrigação de campos para cultivos: plantio de forrageiras, plantas fibrosas e de grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas.

Usos industriais: refrigeração, alimentação de caldeiras, água de processamento.

Recarga de aquíferos: recarga de aquíferos potáveis, controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolo.

Usos urbanos não-potáveis: irrigação paisagística, combate ao fogo, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, lavagem de ruas e pontos de ônibus, etc.

Finalidades ambientais: aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca.

Usos diversos: aquíicultura, construções, controle de poeira, dessedentação de animais. (Jornal Ambiente Brasil, 2012).

As águas de reúso têm, portanto, diversas aplicações. Inclusive é uma prática mundial o uso de águas residuárias sem tratamento completo, consideradas “águas inferiores”, conforme aludido pelo professor Ivanildo Hespanhol, em seu artigo, como se segue:

Diversos países da Europa, assim como os países industrializados da Ásia, localizados em regiões de escassez de água, exercem, extensivamente, a prática de reuso urbano não potável. Entre esses, o Japão vem utilizando efluentes secundários para diversas finalidades. Em Fukuoka, uma cidade com aproximadamente 1,2 milhões de habitantes, situada no sudoeste do Japão, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água, uma das quais com esgotos domésticos tratados a nível terciário (lodos ativados, desinfecção com cloro em primeiro estágio, filtração, ozonização, desinfecção com cloro em segundo estágio), para uso em descarga de toilettes em edifícios residenciais. Esse efluente tratado, é também utilizado para outros fins, incluindo irrigação de árvores em áreas urbanas, para lavagem de gases, e alguns usos industriais, tais como resfriamento e desodorização. Diversas outras cidades do Japão, entre as quais Ooita, Aomori e Tokio, estão fazendo uso de esgotos tratados ou de outras águas de baixa qualidade, para fins urbanos não potáveis, proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos localmente disponíveis. (HESPANHOL, 2002, Pag. 5-6).

Assim, tem-se que vários são os tipos e aplicações para as águas ditas residuárias. Inclusive em escala mundial, como mencionado, os países de movimentam a fim de investir nestas tecnologias para reuso de efluentes, reduzindo custos com captação e preservando o capital natural. Inobstante as diversas aplicações, nesta dissertação o enfoque principal é o reuso direto das águas residuárias em sistemas industriais. Neste ínterim, tem-se que, os usos industriais que apresentam possibilidade de serem viabilizados em áreas de concentração industrial significativa seriam basicamente os seguintes:

1. Torres de resfriamento como água de "make-up".
2. Caldeiras.
3. Construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para compactação do solo.

4. Irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e alguns tipos de peças, principalmente na indústria mecânica.
5. Sanitários industriais.
6. Reserva e proteção contra incêndios.
7. Processos industriais.

O reúso de águas residuárias tratadas e planejadas, diretamente nesses processos industriais será, portanto, o enfoque dado a esta pesquisa.

3.2.4 Tipos de Tratamento e Qualidade da água para reúso

O foco desta pesquisa não são os sistemas de tratamento de efluentes que permitam inclusão de sistemas de reúso, bem como não é estudar a qualidade da água aplicada aos sistemas. Porém, importante tecer alguns comentários básicos, bem como introduzir alguns esclarecimentos acerca dos parâmetros de controle, principalmente para águas residuárias industriais, bem como conhece os principais métodos de tratamento utilizados, pelo que a seguir se faz em breve análise.

3.2.4.1 Qualidade da água de reúso

A qualidade da água é definida em função de características físicas, químicas, microbiológicas e radioativas. (FIESP 2004).

Dependendo da aplicação a qual estiver sujeitada, a água possui características que devem ser controladas e respeitadas, como por exemplo o padrão de água para consumo humano, estabelecido pela Portaria 518 - Norma de qualidade da água para consumo humano, de 25/03/2004, do Ministério da Saúde.

O enquadramento dos corpos de água em classes, de acordo com o uso significativo, e em conformidade com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº. 357/2005, classifica as águas doces em cinco tipos. Assim, com base no mapeamento do uso preponderante, define-se a classe condizente com o uso atual ou pretendido dos corpos d'água, conforme vemos na figura 16:

Figura 16: Classificação das águas doces conforme aplicação

Classe	Cor	Usos possíveis
Especial		Abastecimento para consumo humano com desinfecção Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
I (um)		Abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário (natação) Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas
II (dois)		Abastecimento para consumo humano após tratamento convencional Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, onde o público possa vir a ter contato direto a água Aquicultura e atividade de pesca
III (três)		Abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras Pesca amadora Recreação de contato secundário Dessedentação de animais
IV (quatro)		Navegação Harmonia paisagística

Fonte: IGAM apud Resolução CONAMA n.º. 357/2005

Podemos ver que existe uma classificação para as águas dependendo da sua aplicação. Quando fala-se de águas residuárias, isso não é diferente.

Existem, por exemplo, muitas aplicações para a água na indústria, como já dito. A água possui propriedades que podem favorecer ou dificultar sua aplicação na área industrial, dependendo de sua característica. São exemplos a densidade, a temperatura, a pressão, a condutividade elétrica e térmica e a viscosidade. A qualidade da água pode influenciar nos processos e impurezas neste elemento pode causar

problemas como corrosão, incrustação entre outros. (TELLES E COSTA, 2010, pag. 30).

O manual de conservação e reúso de água para a indústria da FIESP – SP (2004) indica alguns requisitos orientativos para reúso de água em vários segmentos. Considerando o foco da pesquisa, senão o setor industrial, tem-se dos seguintes parâmetros indicativos para controle, conforme figura 17:

Figura 17: Requisitos de qualidade para água de uso industrial

Indústria e processo	Parâmetros (mg/l, exceto quando especificado o valor)														
	Cor	Alcalinidade	Cloro	Dureza	Ferro	Manganês	Nitrato	pH	Sulfato	SDT	Sólidos	Sílica	Cálcio	Magnésio	Bicarbonato
TÊXTIL															
Lavagem	5			25	0,3	0,5		6,5-10		100	5				
Tingimento	5			25	0,1	0,1		3,5-10		100	5				
PAPEL E CELULOSE															
Processo Mecânico	30		1000		0,3	0,1		6,0-10							
PRODUTOS QUÍMICOS															
Cloro	10	80		140	0,1	0,1		6,0-8,5			10		40	8	100
Carvão	5	50	30	180	0,1	0,1		6,0-8,3	200	400	5		50	14	60
Compostos orgânicos	5	125	25	170	0,1	0,1		6,0-8,7	75	250	5		50	12	128
Compostos inorgânicos	5	70	30	250	0,1	0,1		6,0-7,5	90	425	5		60	25	210
Plásticos e resinas	2	1	0	0	0,005	0,005	0	7,5-8,5	0	1	2	0,02	0	0	0,1
Borracha sintética	2	2	0	0	0,005	0,005	0	7,5-8,5	0	2	2	0,05	0	0	0,5
Produtos farmacêuticos	2	2	0	0	0,005	0,005	0	7,5-8,5	0	2	2	0,02	0	0	0,5
Sabão e detergentes	5	50	40	130	0,1	0,1			150	300	10		30	12	60
Tintas	5	100	30	150	0,1	0,1		6,5	125	270	10		37	15	125
Madeiras e resinas	200	200	500	900	0,3	0,2	5	6,5-8,0	100	1000	30	50	100	50	250
Fertilizantes	10	175	50	250	0,2	0,2	5	6,5-8,5	150	300	10	25	40	20	210
Explosivos	8	100	30	150	0,1	0,1	2	6,8	150	200	5	20	20	10	120
Petróleo			300	350	1			6,0-9,0		1000	10		75	30	
FERRO E AÇO															
Laminação quente/ frio								5,0-9,0			10				
DIVERSOS															
Frutas e vegetais	5	250	250	250	0,2	0,2	10	6,5-8,5	250	500	10	50	100		
Refrigerantes	10	85	250		0,3	0,05									
Cimento		400	250		25	0,5	0	6,5-8,5	250	600	500	35			

Fonte: Adaptado de FIESP – SP, 2004, Pag. 28.

Com os dados podemos perceber que é variável o controle dos parâmetros (quais e em qual concentração) dependendo da aplicação da água industrial, sendo que em alguns segmentos a água industrial deve atingir padrões quase comparados ou até superiores à água de consumo humano, de modo que não interfira negativamente nos processos produtivos e/ou nos serviços realizados.

A figura 18 a seguir identifica as principais classificações e parâmetros para reúso de água no Brasil:

Figura 18: Referência para enquadramento da água de uso industrial no Brasil

NBR 13969/97	
Usos	Parâmetros
Classe 1	
Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes	Turbidez < 5 NTU Coliformes fecais < 200 NMP/ 100 mL Sólidos dissolvidos totais < 200 mg/ L Cloro Residual: 0,5 a 1,5 mg/ L pH 6-8
Nesse nível serão geralmente necessários tratamentos aeróbios seguidos por filtração convencional e cloração	
Classe 2	
Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	Turbidez < 5 NTU Coliformes fecais < 500 NMP/ 100 mL Cloro Residual: 0,5 mg/ L
Neste nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção	
Classe 3	
Reúso nas descargas dos vasos sanitários	Turbidez < 10 NTU Coliformes fecais < 500 NMP/ 100 mL Sólidos dissolvidos totais < 200 mg/ L
Normalmente, as águas de enxague de máquinas de lavar roupas satisfazem este padrão sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, tratamento aeróbio + filtração e desinfecção.	
Classe 4	
Reuso em pomares, cereais, pastagens e outros usos de escoamento superficial ou irrigação pontual	Coliformes fecais < 5000 NMP/ 100 mL Oxigênio dissolvido > 2 mg/ L
As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita	

Fonte: TELLES E COSTA apud NBR 13.969/97, 2010, pag. 161

Podemos perceber que existe então, uma classificação para quais aplicações deverão ser respeitadas para as águas residuárias, sendo que, conforme for essa, deverá também haver uma espécie diferente de parâmetro de controle, seguido, conseqüentemente de um tratamento

adequado. Vejamos, a seguir, algumas espécies de tratamento existentes para satisfazer tais padrões de controle.

3.2.4.2 Tratamentos de efluentes anteriores ao reúso

Existem diversos tipos de tratamento de efluentes, principalmente se considerarmos a divisão dos efluentes em industriais e domésticos. Basicamente os tipos de tratamento podem ser divididos em tratamento preliminar, primário, secundário e terciário.

Podemos resumidamente definir cada tipo de tratamento:

Tratamento preliminar – equivale à primeira fase de separação de sólidos. Remove sólidos grosseiros, detritos minerais, materiais flutuantes e carreados e, por vezes, óleos e graxas.

Tratamento primário – consiste na passagem do esgoto por uma unidade de sedimentação, atuando na remoção de sólidos sedimentáveis.

Tratamento secundário ou biológico – remoção da matéria orgânica biodegradável contida nos sólidos dissolvidos, ou finalmente particulados e, eventualmente, os nutrientes através de processos biológicos aeróbios (oxidação) ou anaeróbios.

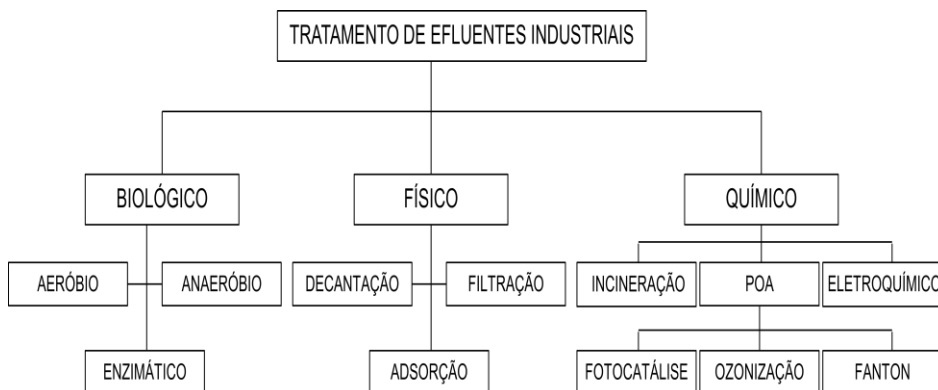
Tratamento terciário ou avançado – tecnologia de remoção de impurezas, aplicada após os tratamentos anteriores com foco a remover partículas existentes após os outros tratamentos. (TELLES E COSTA, 2010, pag. 52-71).

Destarte, tem-se que dependendo do tipo de enquadramento que a água tiver para o reúso que for ser aplicada, um nível de tratamento geral ou específico pode precisar ser realizado a fim de remover contaminantes, poluentes, organismos e partículas em geral, impróprias a seu uso.

Os principais parâmetros de controle para efluentes domésticos e industriais são: cor, turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Demanda Química de Oxigênio - DQO, coliformes fecais e totais, sólidos sedimentares, óleos e graxas, fenóis, potencial hidrogeniônico (pH), cianetos e metais.

Quanto aos tratamentos de efluentes industriais, a figura 19 esquematiza os principais existentes:

Figura 19: Representação das classes de tratamento de efluentes industriais



Fonte: TELLES E COSTA, 2010, pag. 150.

O objeto desta pesquisa não são as formas de tratamento, mas o impacto da inclusão do sistema de reúso em indústrias. Neste diapasão, não nos aprofundaremos nas metodologias de tratamento existentes e utilizadas, apenas se faz breve menção como forma de criar bases a pesquisa.

3.3 LEGISLAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS E REÚSO

Dada a grande importância da água para o desenvolvimento das diversas atividades humanas, foi indispensável criar normas que disciplinassem a utilização dos recursos hídricos pelos segmentos sociais existentes, principalmente o industrial e produtores rurais. (MIERZWA E HESPANHOL, 2005).

É escassa a legislação que disserte sobre a temática especificamente, em nível federal, posto não ser ainda no Brasil enfoque da legislação pátria tal assunto, apesar da relevância do mesmo. No entanto, na esfera internacional, como já aludido, há mais de dois séculos se fala em reúso de água como meio de sustentabilidade e preservação do capital hídrico, além de redução de custos de processo.

Neste tópico procuraremos abranger, sucintamente, alguns pontos importantes da legislação internacional, federal e estadual, a fim de extrair alguns pontos interessantes sobre a gestão da água e, nos casos existentes, as menções a sistemas de reciclagem, como agora passamos a verificar.

3.3.1 A água e o reúso na esfera internacional

A preocupação com a água como bem inevitável a vida, que não deve ser desperdiçado ou utilizado de forma inadequada vem de muitos anos. Em 1958, por exemplo, já se falava em reúso ou reaproveitamento de água, em nível mundial, considerando a política estabelecida pelo Conselho Econômico das Nações Unidas, que estabeleceu que, a não ser que existisse grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deveria ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior. (SILVA, Ana Karla et al, 2003).

A Namíbia, por exemplo, trata desde 1968 esgotos exclusivamente domésticos para fins potáveis. Os industriais são coletados em redes independentes (HESPANHOL, 2002).

O México possui o maior e mais antigo projeto de reúso de água, usando o esgoto sanitário especialmente em áreas produtivas ligadas à agricultura e irrigação (TOMAZ, 2001).

Na década de 90, Israel já utilizava mais de 70% de sua água de esgoto para irrigação (TOMAZ 2001).

Como já visto nos tópicos anteriores, o Japão também faz uso de água de reúso em edifícios urbanos.

Quando pensamos em Europa, mais tardio o desenvolvimento nest campo, porém a partir de 2000, o artigo 12 sobre as Diretivas para o tratamento de esgotos estabeleceu que os esgotos tratados deveriam ser reaproveitados de maneira conveniente (TOMAZ 2001).

Nos Estados Unidos se têm muitos casos de aplicabilidade e legislações no sentido de incentivar e regulamentar o reúso das águas. São adeptos do reúso Tucson, Phoenix, Los Angeles e St. Petersburg, por exemplo. Além disso, o Estado da Califórnia tem um regulamento (Califórnia Code of Regulations title 22) para o reúso da água de esgoto após tratamento (TOMAZ 2001).

No Estado do Arizona, o reúso potável direto é proibido, conforme definido pelo *Arizona Department of Water Resources* (Departamento de Recursos Hídricos do Arizona).

Apesar das resoluções internacionais anteriores, o avanço mais expressivo no que se discerne a gestão responsável dos recursos hídricos se deu em 22 de março de 1992, quando a ONU instituiu o “Dia Mundial da Água” e publicou um documento com uma série de princípios importantes sobre a gestão das águas, que falavam do valor econômico da mesma, da gestão solidária e responsável. Esta conferência foi referendada pela ECO-92 (Rio de Janeiro) que instituiu uma espécie de plano de ação, senão a Agenda 21.

Ivanildo Hespanhol (2002) extrai de forma brilhante, as principais referências do dito documento:

A Agenda 21 dedicou importância especial ao reúso, recomendando aos países participantes da ECO, a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes...

No Capítulo 21 – “Gestão ambientalmente adequada de resíduos líquidos e sólidos”, Área Programática B - “**Maximizando o reúso e a reciclagem ambientalmente adequadas**”, estabeleceu, como objetivos básicos: “**vitalizar e ampliar os sistemas nacionais de reúso e reciclagem de resíduos**”, e “**tornar disponível informações, tecnologia e instrumentos de gestão apropriados para encorajar e tornar operacional, sistemas de reciclagem e uso de águas residuárias**”. (HESPANHOL, 2002).

Como é claramente perceptível, na esfera internacional a necessidade pela gestão adequada dos recursos hídricos, advinda da responsabilidade ambiental, da necessidade econômica ou da indisponibilidade de recursos naturais de cada região, favoreceu ao longo das últimas décadas o investimento em tecnologias que permitam o uso de águas residuárias para as áreas de irrigação, indústria, urbanas entre outras. Foi possível evidenciar legislações e pactos internacionais, como a Agenda 21, que incentivam e determinam claramente aos países signatários o cumprimento de programas de melhoria na gestão dos recursos a fim de incluir reúso de águas onde for possível e conveniente, garantindo preservação do capital natural.

Inobstante, percebe-se que no Brasil os avanços no sentido de fomentar o reúso da água em sistemas rurais, urbanos e industriais é novo e algumas vezes escasso, como passamos agora a analisar.

3.3.2 A água e o reúso no Brasil

No Brasil, a partir da Constituição da República de 1988 (CR88), a água passou a ser um domínio da União e dos Estados federados. Os artigos 20 a 26 da CR88 determinam que as águas são bens da União ou dos Estados federados, conforme o caso, removendo a idéia de bem

particular da água. Além disso, é clara a determinação que, somente compete, privativamente à União, legislar sobre a água.

Apesar de parecer uma preocupação nova no que diz respeito à água em geral, desde 1934 o Brasil já possui legislações voltadas a preservação dos recursos hídricos, como por exemplo, o Decreto n. 24.643, antigo Código das Águas, que previa, conforme o índice de poluentes gerados, uma tarifação diferente e proporcional ao usuário. Contudo esse código nunca foi colocado em prática, tendo em vista a falta de fiscalização, incentivos, bem como a irregularidade na gestão dos recursos por cada ente da união.

O avançamento no que diz respeito aos recursos hídricos só veio mesmo mais tarde, com a promulgação de uma legislação mais ampla, entre as quais a Lei n.º. 9.433 (de Janeiro de 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e definiu a estrutura do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, além da Lei n.º. 9.984 (de julho de 2000) que criou a Agência Nacional de Águas (ANA), e as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabeleceram critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos.

Conforme verificamos, ampla é a legislação e as resoluções sobre a gestão de recursos hídricos no país. Um ponto porém inoportuno, é que estas legislações federais não esclareceram ou mencionaram de forma expressa o reuso da água como meio para melhor gestão dos recursos hídricos, o que deixou de fomentar maiores avanços nesse sentido. Deixaram importantes menções sobre gestão responsável dos recursos, mas sem parametrização, definição de meios de controle, programas etc.

No entanto, dada a necessidade, apesar de nenhuma legislação até agora prever expressamente o reuso da água, é explícita sua disseminação. Quando fala-se de falta de legislação, não é de uma legislação específica de reuso, posto que as leis federais e a Constituição da República deixam claro os princípios da preservação e melhor gestão dos recursos. O que é necessário é instituir parâmetros para a utilização de todas as formas de reuso. (SILVA, Ana Karla et al, 2003).

Se observarmos tudo já dito, de forma geral, o Brasil está atrasado em relação à introdução de práticas de reuso, principalmente na agricultura, que utiliza 70% do consumo total de água, conforme visto nos tópicos anteriores. No país, o Centro Internacional de Referência em Reuso de Água (CIRRA) desenvolve pesquisas e projetos com vistas a auxiliar este desenvolvimento. O centro é vinculado à Escola Politécnica da USP. O diretor e fundador do centro é o engenheiro civil, sanitarista, doutor e escritor na área de engenharia ambiental, Sr. Ivanildo

Hespanhol, que, conforme evidenciamos em trecho da entrevista dada à jornalista Cynthia Castro, da revista CNT, em 30 de Junho de 2010, diz faltar no Brasil vontade política e também um arcabouço legal:

Revista: O que falta no Brasil?

Hespanhol: O governo não tem metas. Para ter um desenvolvimento grande do reúso, falta primeiramente ter vontade política. Precisa ter uma decisão para promover o reúso sob o ponto de vista macro. A Agência Nacional de Águas teria que promover a prática, desenvolver tecnologias. Os comitês de bacias também poderiam fazer essa ação de promover a prática. Falta também um arcabouço legal. Não temos uma legislação adequada para atestar o padrão de qualidade para vários tipos de reúso. Muita gente quer aplicar a prática e questiona qual a qualidade da água para irrigar as hortaliças, para a lavagem de piso e de veículos. Não há ainda esses padrões oficiais.

Revista: Qual comparação o senhor faria em relação ao reúso em outros países?

Hespanhol: No Brasil, o reúso é incipiente. A indústria já entrou. Na agricultura, ainda está pouco avançado. Estados Unidos, França e Alemanha têm grande reúso. Os países do norte da África também. No México, tem o Vale do Mezquital. (CASTRO, 2010).

Conforme podemos perceber nas brilhantes palavras do professor Ivanildo Hespanhol que, reforça tudo o já dito, o Brasil ainda mostra baixo avanço em arcabouço jurídico que fomenta investimento na área de reúso como alternativa para gestão sustentável dos recursos hídricos. A resolução CONAMA n. 20 de 1986 era a resolução existente para reúso no país. No entanto hoje se tem da resolução 357 de 2005 que versa, apesar de não tão claramente sobre o assunto. A NBR 13.969 de 1997, primeira regulamentação do país sobre o tema, versava sobre o reúso de efluentes domésticos e/ou similares.

É importante considerar que como já existe atividade de reúso de água com fins agrícolas, industriais, entre outros em certas regiões do Brasil, muitas destas atividades são feitas informalmente, sem parâmetro, sem controle e, algumas vezes, sem consciência pelos usuários. Por isso, apesar das normas federais, seria importante a

disseminação em normas estaduais e municipais para institucionalizar, regulamentar e promover os sistemas através da criação de estruturas de gestão, preparação de legislação e disseminação de informação expressas, inexistentes, por exemplo, em Minas Gerais, como agora passamos a ver.

3.3.3 A água e o reúso nos Estados e Municípios

De um modo geral, cada Estado no País vem organizando de forma diferenciada o seu sistema de administração dos recursos hídricos.

Atualmente, 17 Estados e o Distrito Federal já aprovaram suas leis sobre a Política e o Sistema Local de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo eles (Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe) e no Distrito Federal (TUCCI, 2000).

Em razão do impedimento constitucional para os estados legislarem sobre águas, as Constituições Estaduais e as decorrentes leis regulamentadoras somente tratam de política, diretrizes e critérios de gerenciamento dos recursos hídricos. Ficaria a cargo de resoluções e normativas estaduais e municipais esclarecer parâmetros para o controle, por exemplo do reúso das águas residuárias. Porém o que se vê, é que o retrato da situação nacional, obviamente se dissemina sobre os estados e municípios, posto que, conforme visto, alguns estados brasileiros sequer possuem legislação estadual para gestão dos recursos hídricos.

Quando falamos em águas de reúso em geral são adotados padrões referenciais internacionais ou orientações técnicas produzidas por instituições públicas ou privadas, pois os estados não possuem legislações específicas e, quando alguma versa sobre a temática, restringe-se sobre algum tipo de reúso, principalmente o da água da chuva, pouco sendo os padrões para águas residuárias de outras fontes.

Com respeito a legislação, destaca-se a Lei nº. 10.785/03 do Município de Curitiba que instituiu o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. O programa prevê a adoção de medidas que visam induzir a conservação da água através do uso racional, e de fontes alternativas de abastecimento de água nas novas edificações. Tal programa foi criado com o intuito de sensibilizar os usuários sobre a importância da conservação dos recursos hídricos (CURITIBA, 2003).

Apenas para fins de exemplificação, em São Paulo a lei nº. 7.663 de 1991, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos não faz

menção sobre reúso de água. Da mesma forma, em Minas Gerais, a lei nº. 13.199, de 1999 instituída pelo Decreto nº 41.578 de 2001 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, em seu texto, não faz menção sobre o reúso de água.

Trazendo para a esfera municipal, a lei municipal de Contagem - MG, nº. 4.377 de 2010, que dispõe sobre a política municipal de saneamento básico, não remete sequer a idéia da reutilização da água em nível industrial ou urbano.

Assim, o que resta de parâmetro para implantação de sistemas de reúso, são manuais de referência, como o *Manual de Conservação e Reúso de Água Para a Indústria, da FIESP – SP de 2004*.

Em 2006, o Sistema da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) lançou o Manual de Conservação e Reúso da Água na Indústria. A publicação apresenta as opções de métodos e sistemas que podem ser utilizados para um melhor aproveitamento do recurso natural, preservando o meio ambiente e tendo em vista as necessidades de melhoria da competitividade e redução de custos.

Outros setores também reconhecem a gestão dos recursos hídricos como ponto estratégico para o desenvolvimento dos negócios. O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), mantém desde 2000 o Programa Especial de Recursos Hídricos. Seu objetivo fundamental é o acompanhamento da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, por intermédio da participação ativa do Instituto no Conselho Nacional de Recursos Hídricos e suas Câmaras Técnicas.

A Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG), em parceria com o Governo do Estado, através do Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), vem adotando nos últimos anos iniciativas de uso racional dos recursos hídricos, através de uma Campanha de Regularização do Uso dos recursos hídricos. Faz parte da Política de Recursos Hídricos do Estado além da legalização do uso (outorga), a racionalização do consumo e a tarifação nas Bacias Hidrográficas, apesar de não ser expresso em legislação específica.

Com isso podemos perceber que a legislação é escassa no que tange a especificações claras sobre o reaproveitamento dos recursos hídricos, pelo que teremos de referências os manuais e normas privadas e internacionais como referência.

3.4 REPERTÓRIO DE EXPERIÊNCIAS COM REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Como vimos pouca é a legislação que verse diretamente, no Brasil, sobre a questão do reúso, principalmente quando se pensa em reúso direto e planejado de água residuária na indústria. Apesar disto, dada a necessidade das empresas, atualmente, de investir em técnicas que melhorem a gestão ambiental das mesmas e reduzam custos, muitos são os casos de planejamento e investimentos privados por empresas em sistemas de reúso que resultaram em bons resultados.

Nesta seção se passa a verificar tais modelos e bons exemplos, além de contemplar ao final uma planilha comparativa de todos os resultados:

3.4.1 Caso FIAT Automóveis Brasil – Betim, MG

Segundo pesquisa documental e análise direta através de visitas feitas no local, a FIAT Automóveis Betim, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte, MG, desde 1990 investe em melhorias da gestão sustentável com sistemas: SGA (Sistema de Gestão Ambiental), ISO 14001 e World Class Manufacturing (Manufatura de Classe Mundial - WCM).

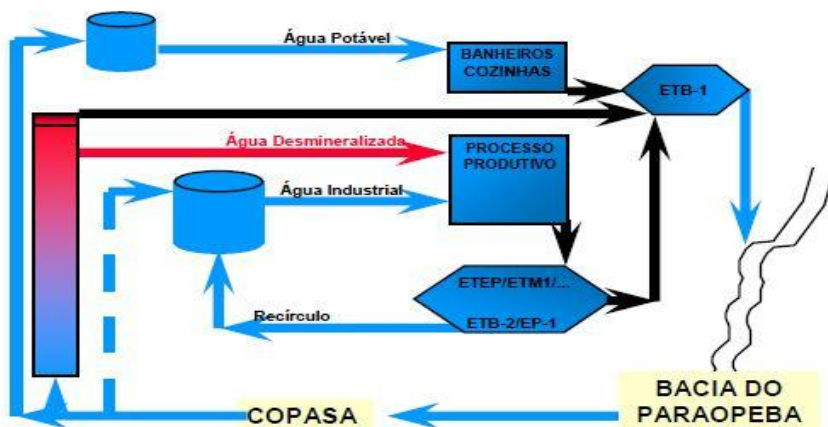
A empresa produz mais de três mil carros dia, podendo chegar a 800 mil por ano, com uma parcela aproximada de 24% de participação no mercado de vendas nacional. Possui 30 mil funcionários e um faturamento líquido estimado de R\$ 20,6 bilhões (dados de 2009).

A partir de 2006 a empresa investiu em projetos para redução do consumo de água e do descarte de efluentes gerados nos processos produtivos e afins. Nesse processo produtivo a unidade de pintura é a que mais consome, com 50% da demanda de água total do processo industrial. Em sequência se tem a mecânica com 20%, as prensas com 16%, a área de montagem/ acabamento final com 9,5% da demanda e, por fim, a área de funilaria com 4,5%. Todos os processos produtivos geram efluentes.

Para melhorar a condição dos efluentes, favorecendo o reúso e o recírculo da água, a empresa impôs tratamentos, sendo eles: Tratamento físico-químico (Acidificação, Coagulação/ floculação, Precipitação química), Tratamento biológico (Biomassa aderida - Biofiltro de carvão ativado e leito fluidificado, Biomassa dispersa - Lodos ativados e suas variantes) e Desinfecção (membranas e osmose reversa).

O processo de uso de água e de reúso é apresentado na figura 20:

Figura 20: Fluxo do sistema de distribuição de água na Fiat Automóveis Betim-MG



Fonte: OLIVEIRA, 2010

O sistema de Osmose Reversa desenvolvido para o novo sistema de reúso de água implantado utilizou de recursos na ordem de R\$ 9.000.000,00 (nove milhões de reais), sendo o volume de água que a mesma deixou de captar capaz, por exemplo, de abastecer uma cidade de aproximadamente 50.000 habitantes (OLIVEIRA, 2010).

A figura 21 mostra imagens do sistema de reúso implantado:

Figura 21: Fotografias do sistema de reúso por osmose reversa implantado na Fiat Betim-MG

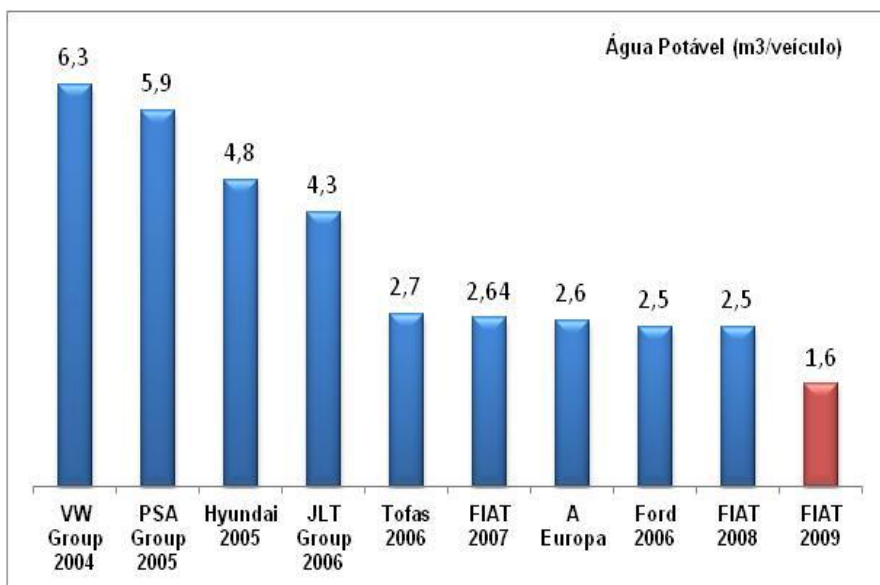


Fonte: OLIVEIRA, 2010

A Fiat Betim monitora a água através do indicador de consumo em m^3 / unidade produzida e pelo índice de recirculação de água em processo. Após o investimento do novo sistema de reúso, já em 2007, a

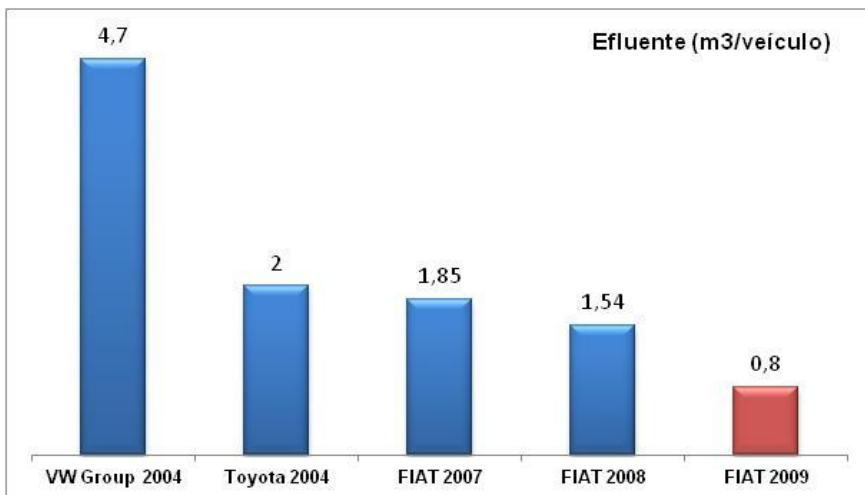
mesma aumentou de 60% para 92% a recirculação, atingindo uma economia anual estimativamente a quase 4,5 milhões de dólares por ano, com redução de mais de 1,5 milhões de m³ por ano. As figuras 22 e 23 a seguir, mostram gráficos interessantes, sobre um comparativo do consumo de água e descarte de efluentes por veículo produzido, respectivamente, considerando a montadora em questão e outras existentes no mercado, após o sistema de reúso implantado, além de projetos de redução do consumo e desperdício de água:

Figura 22: Consumo de água potável por unidade produzida em empresas no setor automotivo



Fonte: OLIVEIRA, 2010.

Figura 23: Efluente gerado por unidade produzida por empresas no setor automotivo



Fonte: OLIVEIRA, 2010.

Em linhas gerais, o projeto foi considerado um sucesso, posto que em pouco mais de dois anos, todo o investimento aplicado já seria recuperado (relação custo/ benefício), além do impacto ambiental reduzido drasticamente, posto que o consumo de água potável por veículo no início de todas as ações em 1990 era de 8 m³/unidade (6.400 milhões m³ ano), chegando a 3,75 m³/unidade (3 milhões m³ ano) em 2006 e, atingindo 1,60 m³/unidade (1.280 milhões m³ ano) em 2009 para o consumo de água e 0,80 m³/unidade (640 mil m³/unidade) para o descarte de efluentes.

3.4.2 Indústria de Embalagens

Segundo pesquisa documental e análise direta através de visitas feitas no local a empresa em questão, é um dos maiores fabricantes de embalagens da América Latina e criou um projeto de reúso de água com objetivo de reduzir o custo com água e efluentes.

A empresa, localizada na Rodovia Presidente Dutra, km 228, São Paulo - SP, na Bacia do Tietê, divisa com Guarulhos, possui 680 funcionários na unidade, não possuía um sistema de tratamento de efluentes (descarte na rede pública), mantinha um consumo de água de

1.400 m³/mês, uma geração de efluentes sanitários de 1.000 m³/mês, com um custo total com água e efluentes na ordem de R\$ 21.000/mês.

Criou em 2008 o projeto de tratamento e reúso de efluentes sanitários, com processos de gradeamento, equalização e elevatória, reator biológico aeróbio, filtração e cloração, com capacidade de 3 m³/h, sendo a utilização dos mesmos como *make up* de água industrial em torres de resfriamento, descargas de sanitários, irrigação de áreas verdes, limpeza de pátios e abastecimento do sistema de incêndio.

O investimento foi na casa de 450 (quatrocentos e cinquenta) mil reais no sistema. A empresa responsável pela construção do sistema, em parceria com o Banco do Brasil e com recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), realizou os investimentos na construção da Estação de Tratamento dos Efluentes Sanitários (ETES) e nas redes de distribuição da água de reúso até os pontos de consumo. Os Pagamentos da seriam feitos através da medição de efluentes e água de reúso fornecida. Contrato de 5 anos, com a transferência dos ativos ao cliente após o seu término.

Os resultados finais com o sistema foram muito positivos, posto que a empresa conseguiu a reutilização de 100% dos efluentes gerados, a redução de 65% dos volumes captados, com uma economia anual de R\$ 110.000 (economia já descontando os pagamentos da construtora), a eliminação de descartes de efluentes no meio ambiente: “empresa descarte zero”, além dos ativos intangíveis referentes a eliminação dos descartes de esgotos na bacia do alto Tietê.

A figura 24 mostra a vista do sistema pronto:

Figura 24: Fotografia da ETE – Empresa de Embalagens



Fonte: FATOR AMBIENTAL, 2008.

3.4.3 Indústria Metalúrgica

Conforme pesquisa documental feita no manual do Firjan 2006, a indústria deste exemplo, localizada no Rio de Janeiro, atuando há mais de 20 anos no segmento de metalurgia. Inicialmente foram avaliados os potenciais de otimização do uso e reúso da água, bem como o aproveitamento de águas pluviais, com vistas a reduzir o consumo e os custos com captação. A figura 25 indica o balanço do consumo realizado e dos descartes gerados:

Figura 25: Balanço do consumo e descarte de água em uma empresa metalúrgica

Processo Industrial	Entrada (m ³ /h)	Efluente (m ³ /h)
Decapagem	5	5
Revestimento ^a	0,9	0,9
Laminadores ^b	0,5	1,0
Torres de Resfriamento	0,9	N/D
Total	7,3	--

Fonte: FIRJAN, 2006

Como visto na figura 25, o processo que mais promovia o consumo de água e descarte de efluentes era o processo de decapagem, com captação e geração equivalentes, cerca de 5 m³/h. Considerando isto, no caso do reúso de água, foi sugerida a implantação de um sistema de Osmose Reversa para tratar o efluente da decapagem e do setor de revestimento, para uso direto nos próprios sistemas, ou nos outros, conforme demanda.

Outro ponto de destaque, foi a inclusão de um sistema de captação de água pluvial, submetida a um tratamento simples, composto por sedimentação, filtração e desinfecção, antes de ser utilizada nos diferentes processos (FIRJAN, 2006).

Os resultados da figura 26 demonstram uma estimativa de ganhos, para um abastecimento de 160 m³/dia de consumo:

Figura 26: Estimativa de custos para suprimento água em uma empresa metalúrgica

Conjunto de Sistemas	Custo dos Sistemas (R\$)	Economia (R\$/ano)	Tempo de Amortização (anos)
Sistemas de Águas Pluviais ⁺ + Sistema de Osmose Reversa	182.679,00	119.237,00	1,55

* Reservatório de 300 m³

Fonte: FIRJAN, 2006

Verifica-se um ótimo resultado em um sistema como estabelecido, posto que a amortização fosse de apenas 1,55 anos para implantação, com uma economia anual de mais de cem mil reais.

3.4.4 Indústria de Papel e Celulose – VPC Jacareí

Conforme pesquisa documental do autor, a empresa Votorantim Celulose e Papel (VCP Papel e Celulose), unidade de Jacareí, bacia do Paraíba do Sul, com produção de cerca de 450 (quatrocentos e cinquenta) mil t/ano de celulose e 100 mil t/ano de papel.

A empresa até 1997 consumia cerca de 68,3 m³ de água por tonelada produzida e gerava cerca de 61,2 m³ de efluentes por tonelada produzida (TELLES E COSTA, 2010).

Em 1997 a empresa investiu mais de quarenta milhões em processos de produção mais limpa. Em 1999 a empresa, com investimento de outros dois milhões de dólares, iniciou um projeto denominado “fechamento de circuitos de condensado e filtrado das máquinas secadoras de celulose”, visando o reúso da água no processo produtivo, através do reaproveitamento de água de refrigeração utilizada na fabricação de papel; do tratamento do condensado visando sua purificação e reúso no processo; da instalação de controles de nível, instalação de linhas e bombas para permitir o reciclo de água branca no

processo de celulose e, da construção de tanque reserva para área de preparação de tintas na fabricação de papel (CETESB, 2002).

Os resultados gerais foram ótimos. Já em 2001, com a conclusão do projeto, a empresa conseguiu atingir resultados na casa de 34% de redução do consumo de água, chegando a um indicador de 45 m³/t produzida. Isso, considerando a produção, garantiu uma economia anual de mais de 12 milhões de m³/ano. Além disso, a empresa reduziu em 45% a geração de efluentes. Em valores econômicos, a empresa apresentou dados de redução na casa de 100 (cem) mil dólares por mês de economia. A figura 27 demonstra os melhores resultados:

Figura 27: Comparativo de resultados antes e após implantação de um projeto de reúso

Parâmetro	Unidade*	1997 (Antes do projeto)	2001 (Depois do projeto)	Redução (%)
Vazão de água (captada)	m ³ /t	68,3	45	34%
Vazão de efluente	m ³ /t	61,3	33,6	45%
Cor (efluente tratado)	kg (Pt-Co)/t	71	24	66%
DQO (efluente tratado)	kg/t	19,8	11,3	43%
AOX (efluente tratado)	kg Cl/t	0,45	0,14	69%

*Valores expressos por tonelada vendável – inclui celulose e papel (t).

● A economia obtida somente com a redução dos gastos com o tratamento de água e de efluentes, no período de 1998 a 2001, foi de US\$ 3,8 milhões.

Fonte: CETESB, 2002

Com relação a apenas o projeto de 1999, senão o projeto de fechamento dos circuitos para reúso, os resultados ainda assim são bem expressivos. Foi reduzido aproximadamente 295 m³/h, cerca de 7.080 m³/dia através do reúso nos processos de branqueamento de celulose nas linhas de fibras B e C. O cálculo do percentual de reúso ficou na casa dos 86% (FIESP, 2002).

3.4.5 Indústria Siderúrgica – Cidade de Vandalia, Ohio, EUA

Segundo pesquisa documental e visita técnica realizada, a fim de indicar algumas boas práticas de reúso realizadas também fora do país, traz-se um caso conduzido por uma empresa de soluções ambientais, denominada Crown Solutions, subsidiária da Veolia Water Solutions and Technologies, de Vandalia, Ohio, Estados Unidos da América, realizado em uma siderúrgica da mesma região. A indústria trabalha 24

dias por mês e 24 horas por dia em média, com aproximadamente 5 mil funcionários.

Os objetivos da empresa eram reduzir as perdas de água e os descartes de efluentes, através do reúso direto dos efluentes no *make up* das torres de resfriamento, além de reúso no desmineralizador.

Em um balanço inicial viu-se que a empresa consumia cerca de 322 mil m³ de água por ano e descartava mais de 235 mil m³/ano de efluentes, ou seja, 205 galões por minuto (GPM), equivalente a 46,62 m³/h de captação, com descarte de 150 GPM (34,11 m³/h) em sanitários e, 55 GPM por evaporação.

A proposta foi a modificação físico/ química do tratamento de águas residuais através da inclusão de um tratamento de osmose reversa (RO). Em uma primeira fase, foram feitos estudos analíticos para determinar as características do afluente e efluente do programa de tratamento existente e alguns ajustes de tratamento químico e mudanças foram feitas para melhoria da qualidade da água para posterior reúso. Em um segundo momento, foi adicionado um sistema piloto paralelo de tratamento, com adição de um filtro de areia, uma retrolavagem, uma filtração com carvão ativado, amaciante de sódio, e uma máquina de osmose reversa.

As estratégias mecânicas para tratamento foram: Óleos e graxas, continuamente removidos através de retrolavagem em filtro de areia e filtro de carvão ativado (*backwash*); Sólidos suspensos totais, continuamente removidos através de retrolavagem em filtros de areia e filtros bag (*Regen*); Material microbiológico, removidos através de radiação ultravioleta (UV); Detergentes: Filtro de carvão ativado; Metais: filtro de areia, filtros de retrolavagem multimídia e emolientes de zeólita de sódio; Ânions, sistema de osmose reversa.

Como conclusão se têm que o sistema traz grandes benefícios em redução da captação de água e melhoria da qualidade dos efluentes gerados. Isso porque, considerando o volume captado de 46,62 m³/h com descarte de 34,11 m³/h e, com um custo aproximado de 1,5 reais por m³ de água consumido/ descartado (0,6 cents de euro x R\$2,5), atingi-se os seguintes resultados:

- a) Economia em m³ captados: 19.647 m³/mês (73% a menos).
- b) Economia em m³ lançados: 19.647 m³/mês (100% a menos – zero descarte).
- c) Valor investido: Aproximadamente 3 milhões de reais

- d) Custo inicial mensal com captação + descartes em reais: R\$ 69.750,18
- e) Custo final mensal com captação + descartes em reais: R\$ 10.808,64 (84,5% a menos).
- f) Amortização do investimento – Base 11 meses de trabalho por ano (B/C): 4,6 anos.

3.4.6 Outros casos de sucesso

Uma grande fabricante de eletrodomésticos, a empresa General Electric Dako Appliances, em sua unidade de Campinas (São Paulo - SP) investiu em um sistema de reúso de água em atividades onde não exigem água potável (sanitários, irrigação, processo industrial). Com esses investimentos a empresa garantiu uma economia de 3500 m³/ mês, quase R\$ 680.000,00 por ano (SILVA FILHO apud FRANCO, 2009).

A 3M do Brasil Ltda., indústria química de adesivos e componentes plásticos de Sumaré, instalou desde 1999 um sistema de reúso de efluentes tratados no processo industrial, atingindo em 2002 mais de 97,6 mil m³/ano de redução, cerca de 11 m³/h, mesmo aumentando a produção. A redução da captação de água foi de 42%. O investimento foi de apenas R\$20.000,00 em uma ETE antiga desativada, com custo de manutenção mensal de R\$5.000,00 (TELLES E COSTA, 2010).

A empresa NATURA no município de Cajamar – SP investiu ao fim de 2003 em um sistema de reúso de água que aumentou em 10,5% o percentual de reúso em processo, atingindo 39,5% de reúso total frente a captação. Em 2005 esse valor superou os 50%. A capacidade de tratamento da estação de tratamentos que a empresa possui é de 253 m³/ dia, devendo ser ampliado para 340 m³/ dia (SILVA FILHO apud LOPES, 2009).

A Ambev, filial de Jaguariúna, consumia em seu processo produtivo o equivalente a 7,2 litros de água por cada litro de cerveja produzido. Com um programa de uso racional e reúso de água (limpeza de pisos, irrigação, limpeza de equipamentos) a empresa investiu R\$98.000,00 e conseguiu reduzir de 7,2 para 5,89 litros de água por cada litro de cerveja, o que representou uma economia de 650 mil m³/ ano, cerca de R\$250.000,00 por ano (TELLES E COSTA, 2010).

A ArcelorMittal melhorou a racionalização dos recursos hídricos a ponto de ter reaproveitada a quase totalidade da água usada em seus processos industriais, com média de recirculação no grupo de 98,12%. As unidades de Cariacica (ES), Juiz de Fora e João Monlevade (MG) e

Piracicaba (SP) apresentam descarte de efluentes líquido menor que 0,06 m³/t de aço bruto. A Unidade de Monlevade é destaque por reduzir a captação do Rio Piracicaba de 5,2 mil m³/h para 287 m³/h entre 2005 e 2008, após o início do processo de recirculação que ainda aumentou com outras medidas. O consumo anual foi reduzido em 99,1% após todas as medidas. A Belgo Bekaert Arames, em Contagem (MG), capta água de chuva dos telhados e a direciona para o sistema de resfriamento. Isso reduziu o consumo de água potável em aproximadamente 5 milhões de litros/ano. Já o sistema de recirculação de água, implantado na unidade de Tubarão, no sistema de lavagem da oficina e lubrificação de caminhões e máquinas não só reutiliza 100% da água exigida no processo como também proporciona uma economia de R\$ 64 mil por mês (ARCELORMITTAL, Sustentabilidade... 2012).

3.4.7 Comparativo entre sistemas apresentados

A fim que seja facilmente visualizado os resultados apresentados, bem como para trazer outros dados interessantes sobre os projetos apresentados, faz-se uma tabela comparativa para resumo desses, conforme podemos identificar na tabela 03:

Tabela 03: Resumo de ganhos – comparativo casos de reúso na indústria

TABELA 3: COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE REÚSO IMPLANTADOS								
SEGMENTO	EMPRESA/ LOCALIZAÇÃO	PARÂMETRO DE COMPARAÇÃO						
		Consumo água (m ³ /ano)	Efluentes (m ³ /ano)	Investimento Aplicado (R\$)	Redução Captação (m ³ /ano)	Redução Captação (%)	Economia total reúso (R\$/ano)	Retorno / Amortização (B/C)
Automotivo	Fiat - Betim	3.000.000	2.100.000	9.000.000	1.500.000	50	9.000.000	1 ano
Embalagens	São Paulo	16.000	12.000	450.000	10.400	65	110.000	Imediata
Metalúrgica	Rio de Janeiro	63.072	59.616	182.679	57.600	91	119.237	1,55 anos
Papel e Celulose	Votorantim - Jacareí	37.565.000	33.715.000	4.000.000	12.815.000	34	2.400.000	1,6 anos
Siderúrgica	Vandalia - Ohio - EUA	322.237	235.768	3.000.000	216.117	67	648.356	4,6 anos
Eletrônicos	General Eletric - Campinas	***	***	***	42.000	***	680.000	***
Adesivos e Plásticos	3M - Sumaré	230.688	***	20.000	97.600	42	***	1 mês
Produtos para estética	Natura - Cajamar	182.160	***	***	91.080	50	***	***
Bebidas	Ambev - Jaguariúna	***	***	98.000	650.000	***	250.000	0,4 anos
Siderúrgica	Arcellor Mittal - Monlevade	44.928.000	***	***	44.523.00	99,1	***	***

Considerando 1 dólar igual a 2 reais
 *** Não informados e sem base para cálculo

Conforme é claramente perceptível nos exemplos citados no tópico 3.4, resumidos na tabela 03, os casos de reúso, sem exceção trouxeram ótimos benefícios para as empresas que investiram nesse sistema. Os resultados relativos a redução da captação de água são muito expressivos, o que impacta positivamente nos índices de custo econômico das empresas. Além disso, investindo em técnicas de tratamento, as empresas melhoram a qualidade das águas de descarte, contribuindo para os ecossistemas aos quais se inserem e melhorando a imagem das mesmas perante a sociedade.

Entende-se, com isso, que a alternativa aqui proposta, quanto ao estudo sobre o uso direto e planejado de águas residuárias na indústria é sim relevante, posto que possa, conforme visto nos exemplos, trazer grandes benefícios às empresas investidoras, bem como à toda sociedade.

Inobstante esses resultados práticos em ganhos ambientais e socioeconômicos já apresentados, o reúso da água direto e planejado, na maioria das vezes depende da implantação de sistemas privados de tratamento que envolvam custos iniciais e de manutenção. Além disso, cada efluente gerado ou processo produtivo aplicado demanda um tratamento e uma qualidade de água diferente, com custos e ganhos também variáveis.

A fim de dar ainda maior embasamento e solidez ao estudo, indicando os custos e benefícios possíveis com projetos de reúso planejado de água, passa-se agora a analisar as tarifações praticadas no país referente ao consumo deste recurso natural, bem como alguns indicadores/ modelos de análise econômica que possam ser utilizados para verificar os impactos destes sistemas.

3.5 CUSTO MÉDIO RELATIVO AO CONSUMO DE ÁGUA E DESCARTE DE EFLUENTES

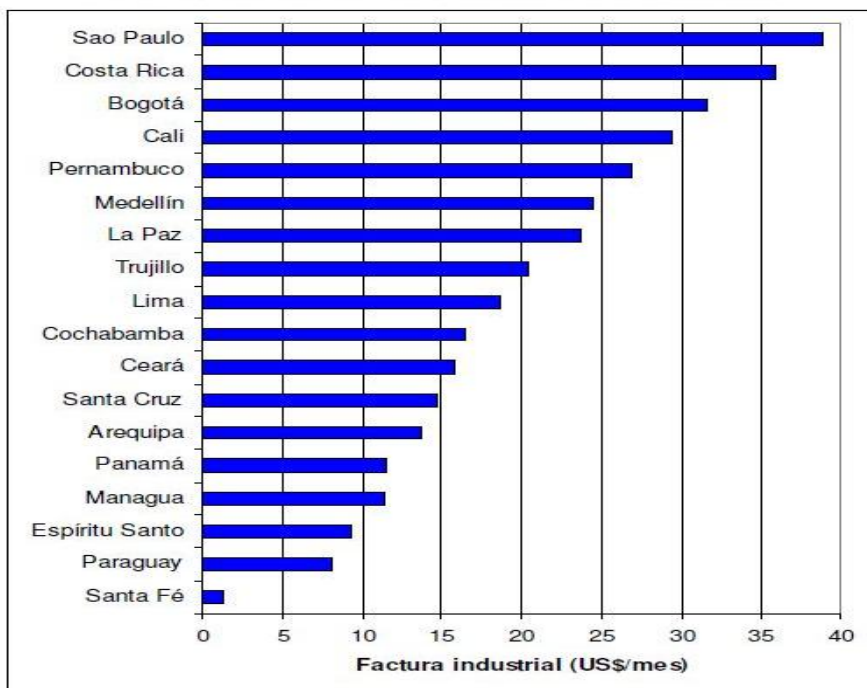
O consumo de água e a geração de efluentes se torna uma necessidade real devido ao potencial de redução de custos variáveis no processo de produção das indústrias.

É de tal forma sabido, que a tarifação da água (captação e distribuição) e da geração de efluentes (tratamento e descarte) pode variar muito de uma região para outra.

A *Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas* (Associação dos Entes Reguladores de Água Potável e Saneamento das Américas - ADERASA) apresentou

um estudo em 2005 sobre a tarifação da água industrial na América, conforme vemos na figura 28 a seguir:

Figura 28: Comparativo entre faturas industriais em diversas cidades no mundo (em dólares por 20 m³/mês)



Fonte: ADERASA, 2005, p. 55

A análise simples da figura 28 indica que, apesar do Brasil figurar na lista dos países com maior oferta de água própria para o consumo do mundo, os custos agregados ao processo de captação e distribuição de água, fazem com que esse recurso seja mais caro em nosso país que na maioria dos países vizinhos.

Além disso, dentro do país existe também grande variação no que se refere ao custo da água industrial. As concessionárias responsáveis pela distribuição de água pelo país, que são diversas, não atuam com valores unificados, sendo que o custo apresenta grande variação, conforme podemos ver na tabela 04:

Tabela 04: Comparativo das tarifas de água em alguns Estados do Brasil

Comparativo das Tarifas Comerciais da Água no Brasil 2009		
Faixa de Consumo	Estado brasileiro	Custo em R\$/ m ³
Até 6m ³	Minas Gerais	R\$ 4,69
6 a 10m ³		R\$ 0,61
10 a 40m ³		R\$ 5,84
40 a 100m ³		R\$ 5,89
mais de 100 m ³		R\$ 5,92
Até 10m ³	São Paulo	R\$ 26,21
11 a 20m ³		R\$ 5,09
21 a 50m ³		R\$ 9,78
mais de 50 m ³		R\$ 10,18
Até 10m ³	Bahia	R\$ 3,33
11 a 50m ³		R\$ 8,56
mais de 50 m ³		R\$ 9,51
0 a 20m ³	Rio de Janeiro	R\$ 5,91
21 a 30m ³		R\$ 10,42
mais de 30 m ³		R\$ 11,13
1 a 50m ³	Ceará	R\$ 3,75
mais de 50 m ³		R\$ 5,64
1 a 10m ³	Goiás	R\$ 4,27
mais de 10 m ³		R\$ 4,85

Fonte: Adaptado de CEPAI – Centro de Pesquisa e Análise da Informação, 2009

Percebe-se que os estados do sudeste têm o custo mais alto ao que se refere a água industrial. Considerando que esta região é a mais industrializada do país. Os custos referentes a captação e também ao descarte, tornam-se altos, devido a menor disponibilidade e alta demanda.

Em Minas Gerais, a COPASA tarifava em 2009, conforme se percebe na tabela 04, em R\$ 5,92 o metro cúbico de água captado, para as indústrias ou comércio que consumissem volume superior a 100 m³ por mês. A maioria das pequenas empresas consome valores bem superiores a esse número apenas com o consumo humano de seus funcionários.

Em 2012, os valores já estão atualizados e são bem maiores que os de 2009, conforme é possível identificar, na figura 29, acerca das tarifações para captação e despejos de água e/ou efluente nas redes pela COPASA, disponibilizados pela Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário (ARSAE):

Figura 29: Tarifas para consumo de água industrial em Minas Gerais - Brasil

Classe de consumo	Código Tarifário	Intervalo de consumo em M ³	Tarifas de aplicação			
			Maio de 2012 - Abril 2013			
			1	3	5	
			ÁGUA	ESGOTO COLETADO	ESGOTO COL. E TRATADO	
INDUSTRIAL	IND	0 - 6	21,2	10,6	19,08	R\$/mês
		> 6 - 10	3,533	1,767	3,18	R\$/M ³
		> 10 - 20	6,19	3,095	5,571	R\$/M ³
		> 20 - 40	6,21	3,105	5,588	R\$/M ³
		> 40 - 100	6,27	3,136	5,643	R\$/M ³
		> 100 - 600	6,573	3,286	5,915	R\$/M ³
		> 600	6,642	3,322	5,978	R\$/M ³

Fonte: Extraído de Resolução ARSAE MG N^o. 20, de 11 de abril de 2012

Assim, pode-se perceber que os custos com a captação de água e os despejos de efluentes são altos no país e, inclusive na região sudeste. Se for analisado o grande volume de água captado pela indústria, conforme alhures aludido, e se for observado o volume de efluentes descartados destes processos, certamente que os valores seriam altíssimos, considerando as tarifas aplicadas. Isso faz com que a preocupação quanto a captação de água e o descarte de efluentes deixe de ser um fator somente de responsabilidade ambiental e passe a influenciar diretamente o resultado econômico das empresas.

3.6 MODELOS E INDICADORES DE ANÁLISE DE PROJETOS E RESULTADOS

Avaliar as várias alternativas de um projeto ambiental, de maneira a encontrar a que reverteria no maior benefício para a sociedade, com menores danos e, menores custos ambientais e econômicos, gerando lucratividade é o objetivo principal de um projeto de investimento.

Como visto no decorrer de todo este capítulo, várias podem ser as variáveis que impactam na tomada de decisão quanto a implantação ou não de um sistema de reúso direto e planejado da água na indústria, posto que cada processo implique em um diferente tipo de tratamento, dimensionamento, qualidade da água, aplicação, volume descartado, volume captado, tarifação, entre outros.

Inobstante a dificuldade em padronizar os sistemas, importante seria estabelecer um modelo que possibilitasse a simulação prévia dos possíveis resultados, antes e depois da implantação de um projeto e, que subsidiasse com um critério adequado a tomada de decisões quanto ao estabelecimento ou não do mesmo. Neste ínterim, passa-se, agora, a verificar alguns modelos existentes que servem de mecanismo para análise de viabilidade técnico e financeira, de modo a referenciar no futuro como resultado, a criação de um outro modelo específico e similar, que auxilie na análise dos casos de projetos de reúso na indústria.

3.6.1 Modelamento matemático

Modelagem matemática é a área do conhecimento que estuda a simulação de sistemas reais a fim de prever o comportamento dos mesmos, sendo empregada em diversos campos de estudo, tais como física, química, biologia, economia e engenharia. (MODELAGEM... 2012).

Os modelos de simulação são ótimas ferramentas para compilação de dados e análise dos resultados obtidos. Através de uma equação, de uma planilha, com uso de software ou não, pode-se analisar projetos inteiros, simulando sua efetividade e evitando decisões incorretas e prejudiciais aos negócios de uma empresa, por exemplo.

Modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas do conhecimento. Se tomarmos modelagem de um ponto de vista sócio-crítico, a indagação ultrapassa a formulação ou compreensão de um problema, integrando os conhecimentos de matemática, de modelagem e reflexivo (BARBOSA, 2003).

Em determinadas situações, busca-se maximizar ou minimizar uma determinada grandeza, como lucro, matéria prima. A solução de um problema que busque a otimização de uma determinada variável é extremamente útil em diversos setores como: na produção industrial e no planejamento financeiro (CAMARGO, 2003).

A figura 30 indica alguns exemplos de modelamento matemático e suas aplicações:

Figura 30: Exemplo de modelamento matemático para análise de variáveis

Modelo Crescimento Populacional:

$$P(t) = P_0 e^{kt}$$

Onde:

P: População em um determinado tempo.

t: tempo

k: taxa de crescimento

P_0 : população inicial

Modelo de Juros Compostos Continuamente:

$$C_n = C_0 \left(1 + \frac{r}{n}\right)^{nr} \quad \text{Ou} \quad C_n = C_0 e^{rt}$$

Onde:

C: capital

C_0 : capital inicial

r/n : composição da taxa de juros

n: número de vezes ao ano

r: taxa de juros

t: tempo

Fonte: CAMARGO, 2003

Assim se tem que a modelação matemática, como um conjunto de ferramentas matemáticas que permitem fazer uma análise teórica de uma situação dada, pode ser bastante útil quando analisado um sistema em que se tenha dados coletados e se deseje obter um cenário futuro de resultados, antes do investimento em ações.

3.6.2 Análise Financeira e econômica

A análise financeira e econômica diz respeito ao cálculo dos indicadores de desempenho financeiro e econômicos do projeto.

Na análise financeira a metodologia a utilizar é a análise dos fluxos reais de tesouraria descontados, sem amortizações ou provisões (exceto projetos de risco em que podem ser incluídas provisões para imprevistos no custo). Já na análise econômica o fundamento é que as entradas (*inflow*) no projeto devem ser avaliadas pelo seu custo de oportunidade (pode não corresponder ao custo financeiro observado) e a produção (*outflow*) pela disponibilidade dos consumidores para pagá-la (pode não ser revelada pelos preços de mercado observados, que podem estar distorcidos, ou nem sequer existir). Desta forma, os fluxos de

tesouraria da análise financeira são tomados como ponto de partida da análise econômica.

Para o projeto, podem ser determinados indicadores de desempenho econômico, como a própria relação custo-benefício, que é um indicador que relaciona os benefícios de um projeto ou proposta, expressos em termos monetários *versus* o seus custos.

Os objetivos da análise de custo-benefício de um grande projeto é avaliar a rentabilidade financeira do investimento e do capital próprio; determinar a contribuição de fundos; verificar a sustentabilidade financeira do projeto.

O Índice de Rentabilidade (IR) relaciona os fluxos de caixa de exploração com os fluxos de caixa de investimento, através de uma expressão, conforme a descrita na passagem:

$$(CFe/(1+i)^n / (CFi/ (1+i)^n) \quad (1)$$

Em que,

Cfe – cash flows (fluxo de caixa) de exploração

Cfi – cash flows (fluxo de caixa) de investimento

i – taxa de atualização

n - taxa de vida útil (anos)

A interpretação deste critério deve ser feita da seguinte forma:

IR > 1 – O projeto deve ser aceito.

Garante que o Valor Atual Líquido do projeto

VAL seja maior que Zero e ainda que a **TIR > TA**. (RELAÇÃO...2012).

Assim, tem-se que a rentabilidade financeira do investimento é avaliada pelo cálculo do valor atual líquido (VAL) e a taxa de rentabilidade financeira do investimento (TIR). Estes indicadores mostram a capacidade das receitas líquidas remunerarem os custos de investimento, independentemente da maneira como são financiados. Já a sustentabilidade financeira do projeto deve ser avaliada verificando se os fluxos de tesouraria líquidos acumulados (sem desconto) são positivos durante todo o período de referência considerado. O valor atual líquido deve ser sempre maior que Zero, para o projeto ser viável e, a taxa de desconto social relação benefício/ custo (B/C) sempre maior que 1.

A principal desvantagem das avaliações baseadas neste sistema é que, por definição, elas ignoram impactos não-monetários, porém são

muito úteis caso os dados de projeto estejam completos e a simulação seja em um modelo direto com dados reais.

3.6.3 Análise Multicritério

A análise multicriterial surge como uma alternativa paralela ao modelo de tomada de decisões baseado em um único critério, como se este fosse hierarquicamente, em todos os casos, mais importante que os demais. As etapas básicas do processo seriam definir as ações a serem analisadas, para posteriormente formular os principais critérios de comparação.

A professora Sandra Sulamita Nahas Baasch (1995), doutora em engenharia, assim afirmou sobre o processo:

No processo de decisão existe um decisor (ou vários) que toma a decisão; um conjunto de objetivos a serem perseguidos e um conjunto de alternativas das quais uma será selecionada. Desta forma, um processo de decisão multicritério trabalha com termos como ator, objetivos, metas, critérios, atributos, restrições e suas relações. Em termos gerais, a análise multicritério sempre opera segundo um esquema sequencial de fases, não estático nem linear que pressupõe realimentações, revisões e reformulações no decorrer do processo. (BAASCH, 1995).

Considerando que muitos dos valores a serem avaliados em um projeto pautam ativos intangíveis, este tipo de modelo pode ser muito valioso para a análise de um projeto. Estudos de avaliação são muito utilizados para julgamentos das diversas áreas, desde economia a sócio-economia, meio ambiente, energia, e outras. Uma avaliação sistemática de planos ou projetos públicos baseia-se na distinção e mensuramento de um vasto conjunto de critérios, os quais podem ser diferentes por natureza, considerando também o volume de informações que existem disponíveis (BAASCH, 1995).

3.6.4 Ferramentas utilizadas em projetos ambientais

Quando se pensa em consumo e reutilização de água, parâmetros de qualidade da mesma, entre outras variáveis, alguns métodos de análise são normalmente utilizados como possível referência.

Considerando o reúso, especificamente, dois são os modelos que podem auxiliar bastante no processo de análise, tanto para a coleta de dados, quanto para análise econômica.

Para a coleta de dados e descrição detalhada do processo, inclusive para definição da aplicação da água de reúso, os locais onde se concentram os maiores consumos, descartes entre outros, poderia-se aplicar, por exemplo, o modelo do balanço hídrico.

A equação do balanço hídrico é um instrumento extremamente útil e que pode ser usado de várias maneiras para estimar a magnitude e distribuição no tempo das variáveis hidrológicas. Se falarmos de um balanço hídrico, por exemplo, de uma cidade, considerando as chuvas, tem-se a seguinte análise:

Considere uma superfície plana inclinada e completamente impermeável (a água não pode passar através da superfície), confinada pelos quatro lados e com uma saída no canto **A**. Desde que a superfície seja assumida como sendo completamente plana, não haverá depressões nas quais a água poderá se armazenar. Se uma chuva for aplicada a este sistema hidrológico simplificado, surgirá em **A** uma vazão de saída, denominada escoamento superficial direto. Pode-se representar o balanço hídrico para este sistema por uma equação.

$$dS/dt = I - Q \quad (2)$$

onde:

I é a vazão de entrada

Q é a vazão de saída

dS/dt é a variação no armazenamento do sistema por unidade de tempo. (BALANÇO... 2012).

Assim o balanço hídrico seria a relação da vazão de entrada com a vazão de saída, considerando o tempo de armazenamento.

Quando se fala em balanço hídrico industrial a situação é mais simples e os dados mais confiáveis, posto que pode ser mais facilmente incluídos nos sistemas, instrumentos de controle de vazão e consumo, como hidrômetros. Para um balanço hídrico adequado e completo no processo industrial, ideal que hajam controladores de vazão nas entradas

e saídas de cada processo, bem como controladores de volume total. Um balanço hídrico industrial, portanto, seria a análise da captação de água e dos efluentes gerados em cada processo produtivo e processos suporte, somados a análise da evaporação e outras perdas de processo.

Assim, de posse das informações de consumo geral, tabeladas via um balanço hídrico completo, poderia-se utilizar ferramentas de análise econômica para verificar a viabilidade de um projeto ambiental, por exemplo, de reúso de água na indústria.

O Sistema da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), em seu Manual de Conservação e Reúso da Água na Indústria (2006) diz que um estudo econômico para implantação de um projeto de otimização e reúso de água e de aproveitamento de águas pluviais pode ser baseado no período de retorno do investimento (“pay back”), que permite avaliar o tempo necessário para a recuperação do capital investido.

A figura 31 indica o modelo matemático apresentado como solução:

Figura 31: Exemplo de modelo de análise de pay-back de projeto

$$T = \frac{(V-O)}{E}$$

T = tempo de retorno (anos);
O = Custo operacional (anual);
V = Valor total de investimento (global);
E = economia apresentada mediante
implantação do projeto (anual.)

Fonte: FIRJAN, 2006

Assim se teria que quanto menor o tempo de retorno, melhor seria o resultado esperado para o projeto e sua viabilidade. Contudo o resultado deve ser avaliado, posto que existem projetos de longo, médio e curto prazo. Dependendo do valor agregado e dos valores ambientais e outros fatores envolvidos, pode-se variar o tempo de pay-back aceito para indicar se um projeto deve ou não ser conduzido.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo se descrevem os materiais e métodos utilizados durante a dissertação a fim de atingir os objetivos traçados. Inclui-se no capítulo a caracterização da área de estudo, a construção da base de dados para registrar as informações sobre a aplicação do reúso da água residuária no processo industrial, e para a criação do modelo de verificação de viabilidade dos projetos, além dos critérios para análise de dados.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Antes de começar a entender especificamente o sistema proposto, interessante conhecer algumas características da região e do estabelecimento de referência.

4.1.1 Região de estudo

Como visto no capítulo 3, atualmente o parque industrial de Contagem conta com cerca de 2.264 empresas. Os **Distritos Industriais** ocupam, no total, quase 7 milhões de metros quadrados com um PIB de R\$ 8,4 bilhões.

Inobstante estarem estas empresas espalhadas pelo município, alguns pólos industriais merecem aqui maior destaque, conforme tabela 05:

Tabela 05: Concentração de empresas por parque industrial – Contagem-MG

Concentração de empresas por área - Contagem/ MG		
Descrição	Quant. Empresas	Área (milhões de m²)
Cidade Industrial Juventino Dias	342	3,2
Cinco, Cinquinho, Cincão, Inconfidentes	198	3,9
Distrito Industrial Hélio Pentagã Guimarães	36	0,34

Fonte: Distritos Industriais, CINCO Contagem, 2012

Como visto na tabela 05, três grandes distritos industriais compõem o perfil do município. A Cidade Industrial, como primeiro centro industrial, formado a décadas atrás, apresenta a maior concentração industrial da cidade. Porém o CINCO, detém as maiores empresas, que concentram o maior volume de mão-de-obra empregada e também o maior impacto sobre o PIB do município.

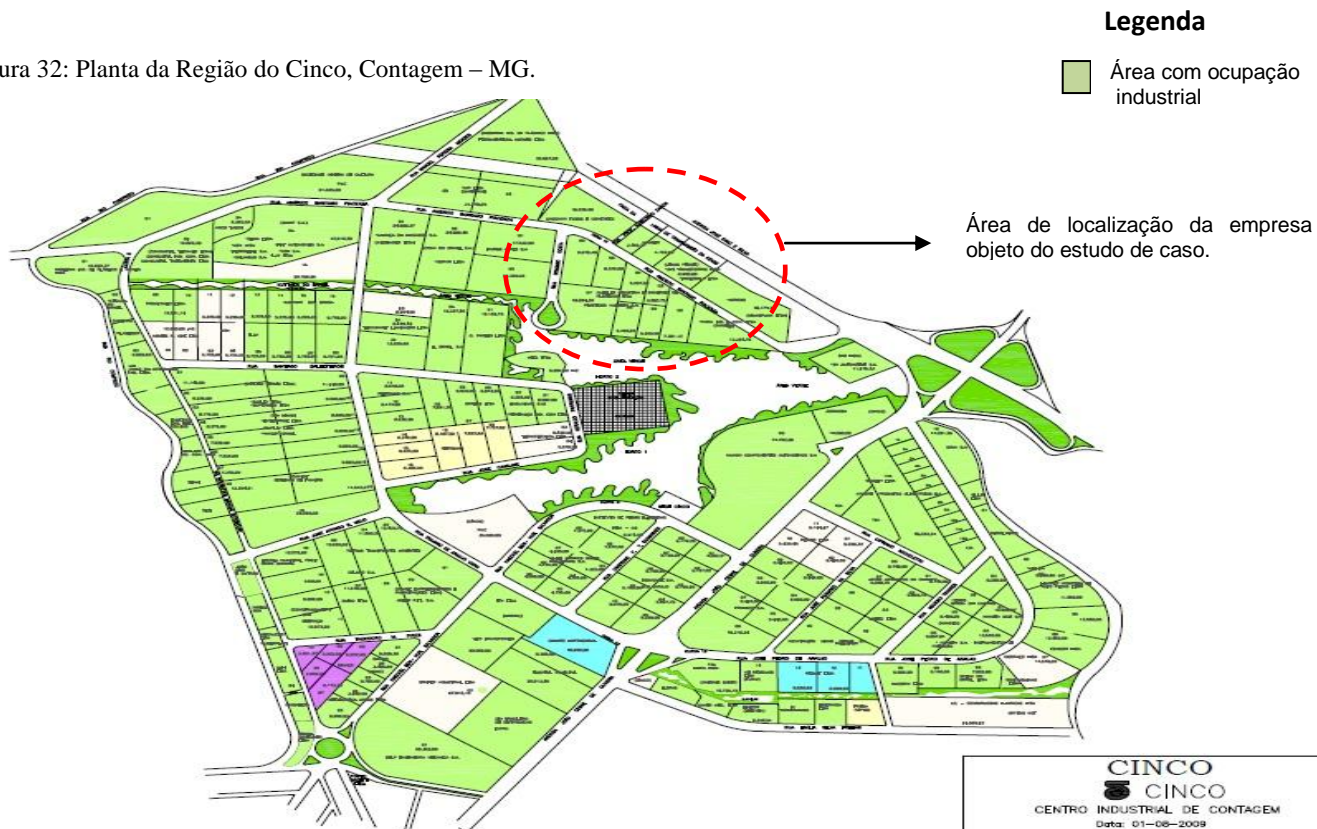
A cidade de Contagem possui mais de duas mil empresas, como já dito anteriormente. Assim, importante delimitar a um centro específico, de modo a garantir a profundidade da pesquisa, bem como favorecer a coleta de dados.

Apesar da formação mais recente, esse centro industrial recebeu muitas empresas do segmento automotivo, metalúrgico, alimentos entre outros, dada sua excelente localização, concentração populacional na circunvizinhança, proximidade à cidade de Belo Horizonte e seus acessos principais. Além disso, o pólo industrial de Betim, também com concentração industrial na região, influenciou a instalação de pequenas e médias empresas para suprir com matéria-prima e componentes as outras maiores, por exemplo a FIAT Betim.

Assim, considerando elementos como a importância econômica, aspectos urbanos, ambientais, geográficos e, também a disponibilidade de dados para estudo, optou-se neste trabalho por definir a realização do mesmo no pólo industrial CINCO, alhures aludido e, com mais de 190 empresas instaladas. Esse relatório foi conduzido em uma empresa do

segmento de autopeças, de grande porte, existente há mais de 30 anos e com um número de funcionários empregados superior a mil pessoas. Importante, antes de efetuar qualquer tipo de análise acerca do processo da empresa entender alguns detalhes sobre a região onde será realizado o estudo. A figura 32 identifica uma planta de localização onde é possível visualizar a concentração de empresas na região. Todas as áreas coloridas em verde referem a um local onde está estabelecida uma indústria ou empresa de prestação de serviços:

Figura 32: Planta da Região do Cinco, Contagem – MG.



Fonte: Distritos Industriais, CINCO Contagem, 2012.

Na figura 33 se tem uma vista aérea da região, onde se pode verificar a grande concentração industrial, vejamos:

Figura 33: Vista aérea do complexo industrial CINCO em Contagem-MG



Fonte: PAIVA, 2012

Assim, tendo em vista a oportunidade apresentada pela região do pólo industrial CINCO, bem como a variabilidade de segmentos existentes em termos de indústrias, além de seu papel atual de maior PIB da região, definiu-se o mesmo como o ponto de partida para o presente estudo.

4.1.2 Local do estudo

Para fins de obter resultados positivos no que se discerne a comprovação de ganhos com a implantação de sistemas de reuso direto e indireto por empresas privadas da região do CINCO Contagem/ MG, definiu-se a observação de um “case” ocorrido em uma empresa da região, escolhida também tendo em vista o seu grande porte, sua relevância, bem como suas características.

A empresa em questão se instalou na região do CINCO em Contagem na década de 70, visando fornecimentos para a Fiat que havia se instalado na cidade de Betim, na grande Belo Horizonte. Fica

localizada circundada pela BR381 que dá acesso a Betim, bem como próximo a avenida João César de Oliveira, principal via da cidade. Atua na área de autopeças e em geral, com fabricação e pintura de componentes plásticos. Emprega mais de mil funcionários e por isso é uma das principais empresas da região.

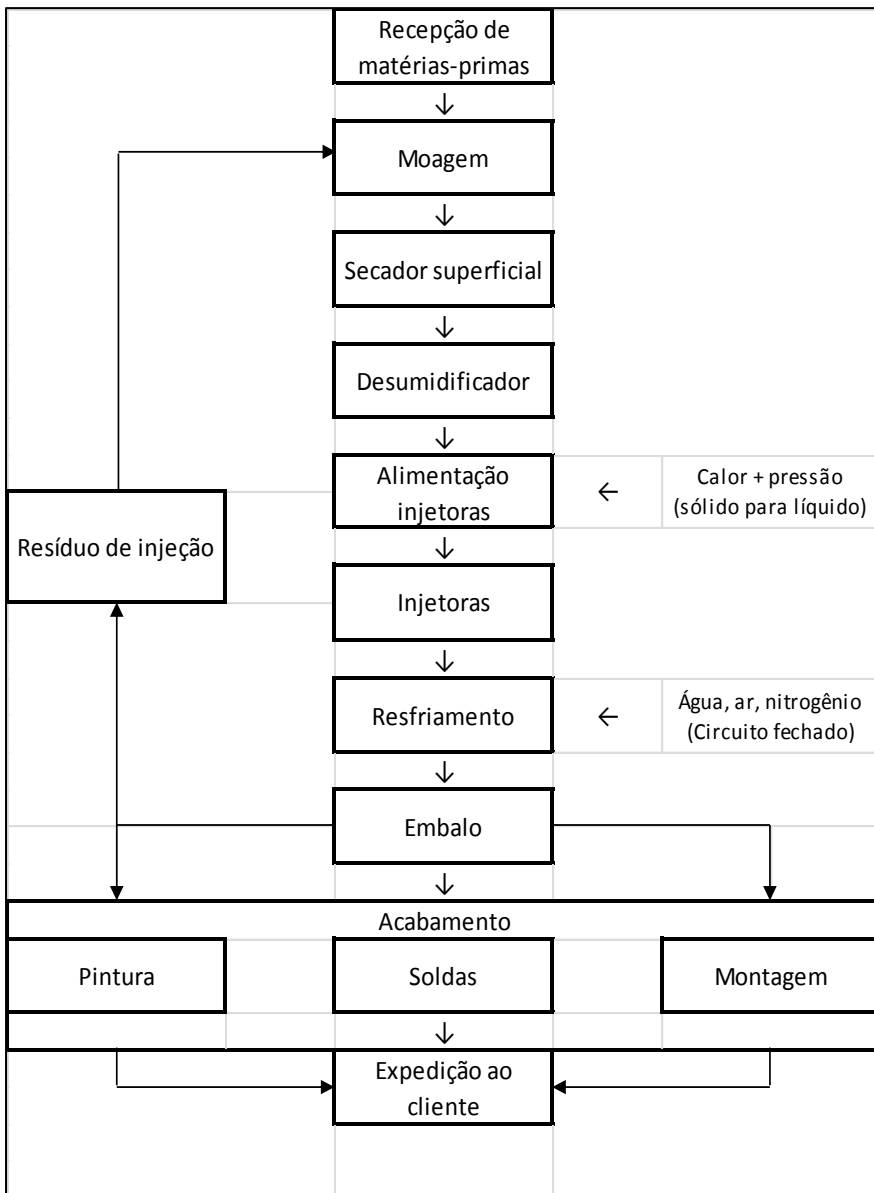
O processo ocorre nos seguintes termos: o polímero (matéria-prima) granulada sofre inicialmente um processo de secagem, posteriormente sendo transportado até uma máquina de moldagem através de injeção (prensa injetora). O plástico é injetado automaticamente na zona de aquecimento da rosca, na máquina de injeção. Sob pressão, a resina fundida é forçada para dentro da cavidade do molde, por um sistema de canais de alimentação e distribuição. Aplica-se ao molde uma alta pressão para se assegurar que não haja vazamento do plástico fundido. Após o molde ter sido enchido, o material é resfriado e a pressão é cessada.

A empresa fabrica produtos para diversas aplicações, sendo que em alguns casos este produto passa por etapas de solda (criação de conjuntos), pintura (acabamento), ou montagens de componentes metálicos ou plásticos.

No desenvolvimento de suas atividades, durante o processo de manufatura, bem como processos acessórios (alimentação, vestiários e banheiros, transporte, laboratório de testes entre outros) acarreta geração de efluentes destas atividades, sendo que esses são enviados para tratamento em uma Estação de Tratamento de efluentes, localizada na própria empresa, antes do descarte no córrego da região.

O diagrama 01 apresenta o macrofluxo do processo industrial da unidade de estudo:

Diagrama 01: Macrofluxo do processo de manufatura



Outras informações iniciais são importantes para embasamento sobre a empresa:

Área Total: 62.000 m²

Localização: Centro Industrial de Contagem, MG

Sector: Autopeças

Tipo de estabelecimento Industrial / Código da Atividade (DN 01/90)

Indústria de fabricação de materiais plásticos para uso na indústria (23.20.00).

Regime de Trabalho: 3 turnos (24 horas)

Método de Tratamento de água: Estação de Tratamento de Efluentes Interna – Despejo Córrego Samambaia. Rio das Velhas, Bacia do São Francisco.

A figura 34 apresenta uma foto aérea da unidade de estudo:

Figura 34: Foto aérea da unidade fabril objeto do estudo



Fonte: Arquivo local da empresa, 2007.

Em 2011 a empresa atuava com um regime de trabalho já intenso. Contudo, após início da pesquisa, pode-se acompanhar um crescimento nos negócios em quase 100%, ocasionando uma grande expansão

interna. Esta expansão passa a ser relevante, pois impacta diretamente nos consumos de materiais, água etc. O quadro 04 mostra algumas características da expansão sofrida pela empresa, acompanhando o crescimento do mercado de autopeças no país:

Quadro 4: Comparativo entre o negócio da empresa objeto do estudo antes e pós expansão

Informações sobre a empresa 2011 e 2012			
Características		2011 - antes da expansão	2012 - depois da expansão
Área construída (m ²)		22.000	28.000
Maquinário	Prensas de Injeção	51	60
	Postos Montagem	55	80
	Cabines de Pintura	4	4
Funcionários		700	1280
Faturamento médio mensal (R\$)		8.000.000,00	15.000.000,00
Abastecimento de água		Poço artesiano	Poço artesiano + rede COPASA

Sobre o sistema de tratamento de efluentes da empresa, tem-se que antes da implantação do sistema, em 2010, não havia hidrômetros ou outros meios de controle de vazão para medidas exatas da captação e descartes de efluentes. Além disso, toda a água consumida internamente na empresa era advinda de um poço artesiano profundo existente nas dependências da mesma. Assim, não existiam dados reais mensurados de vazão para visualização do histórico.

Não obstante, em 2011 a empresa instalou uma central de tratamento de efluentes industriais e domésticos dimensionada através de estimativas realizadas.

O projeto de tratamento de efluentes instalado foi composto das seguintes fases:

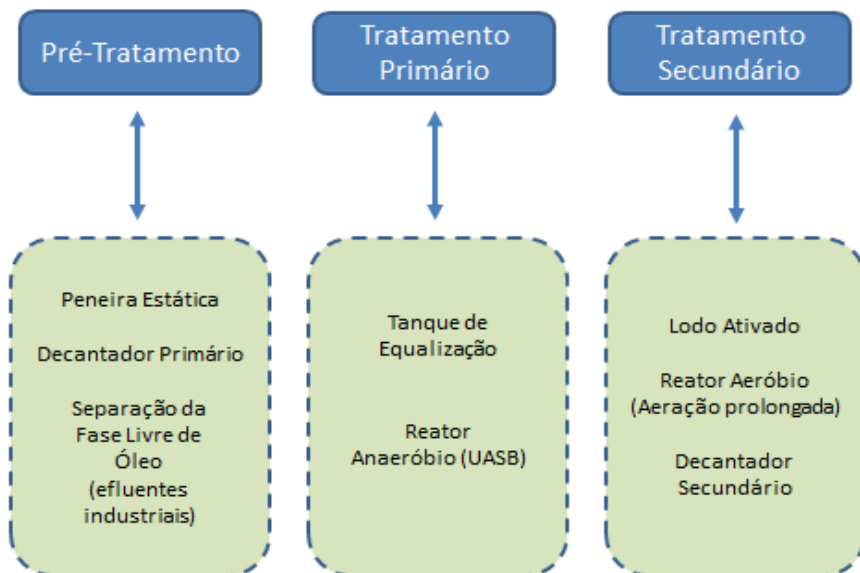
- Pré-Tratamento - exclusivo para os efluentes industriais, para separação de fase livre de óleo;
- Tratamento Primário - consiste na equalização dos efluentes industriais provenientes do Pré-Tratamento e dos efluentes sanitários, seguida de processo secundário de lodo ativado para abatimento da carga orgânica e sólidos sedimentáveis.
- Descarte dos efluentes tratados no Córrego conforme os padrões de descarte definidos na legislação vigente (CONAMA n.º. 357/2005 e DN COPAM/CERH, n.º. 1/2005);

OBS. Os processos considerados no Pré-Tratamento dos Efluentes Industriais são: retenção de sólidos e separação água/óleo;

OBS 2. Os processos considerados no Tratamento Primário dos Efluentes Sanitários e Industriais são: biológico anaeróbio/ aeróbio e decantação (FATOR AMBIENTAL, 2011).

Desta feita o Diagrama em Macrofluxo 02 demonstra as etapas do processo:

Diagrama 02: Processo inicial de tratamento da empresa em estudo



Fonte: Adaptada do Projeto da ETE feito pela Empresa Fator Ambiental, 2011.

Observando os dados do quadro 4 anterior, além das demais informações apresentadas, pode-se perceber que se trata de uma grande empresa de autopeças, sem dúvida uma das mais importantes e maiores da região, o que irá favorecer a um estudo que permita entender a relevância de um sistema de reúso aplicável nestas circunstâncias.

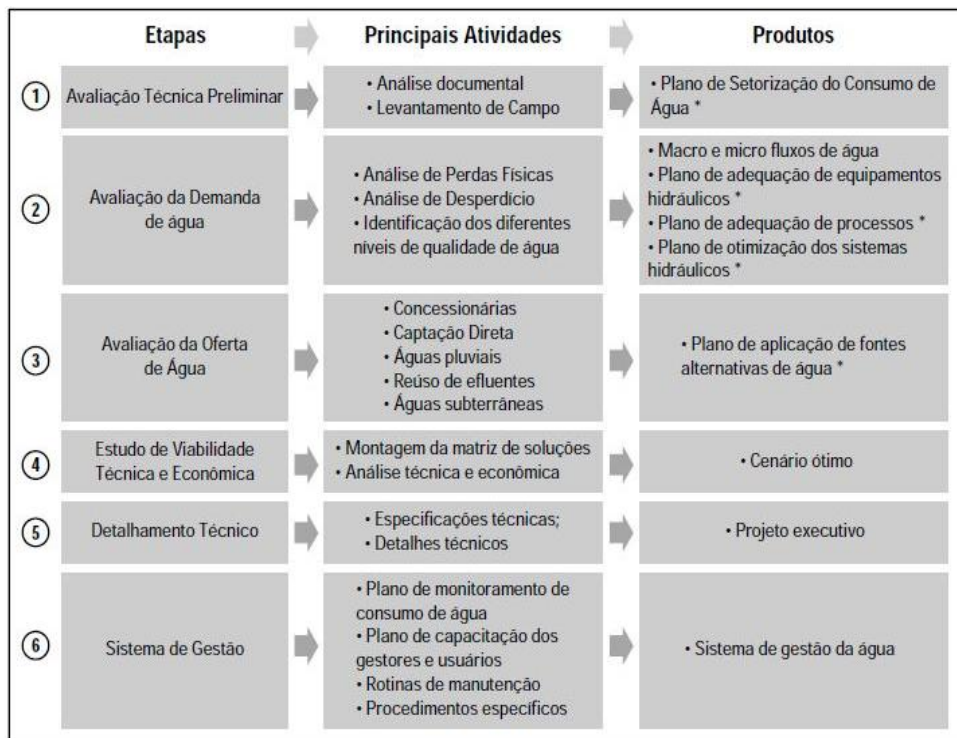
4.2 PLANO DE AMOSTRAGEM E METODOLOGIA DE ESTUDO

Para atingir quaisquer resultados acerca de um projeto de reúso, algumas premissas deverão ser estabelecidas no que se refere à coleta de dados e análise dos mesmos.

A intenção é realizar um processo de coleta de dados amostral, bem como o estabelecimento de uma metodologia para análise, resumida em etapas que, após seguidas e finalizadas, demonstrem como resultado a viabilidade ou não da instalação de um projeto de reúso, através da estimativa prévia dos resultados possíveis e, através do monitoramento e controle após instalação do mesmo.

Conforme visto no capítulo de referencial teórico, vários são os requisitos e metodologias possíveis para o estudo quanto a instalação de processos de reúso em indústrias. Dada a credibilidade e a aplicabilidade ao caso em tela, com base informativa no manual de conservação e reúso da água da FIESP (2004), foi construído um modelo de análise. O modelo referência segue na figura 35.

Figura 35: Etapas sugeridas para um Programa de Reúso de Água



Fonte: FIESP 2004, pag. 38

Assim, com base no modelo descrito, adaptou-se um sistema que favorece o objetivo alhures traçado, dividindo a análise nas etapas de trabalho, conforme se passa a observar a partir de agora.

4.2.1 Avaliação técnica preliminar e detalhamento técnico do projeto

Para que seja implantado um sistema de reúso de água é necessário que algumas informações sejam extraídas do processo industrial, a fim de avaliar a aplicabilidade do mesmo, qual seria o sistema adequado, bem como os recursos necessários.

Assim, em uma etapa de avaliação prévia, através de análise documental, pesquisas de campo *in loco* e, análise de literatura e legal existente sobre o assunto, propõe-se um estudo para resposta aos seguintes pontos:

- a) Levantamento de dados acerca do corpo receptor e do efluente (efluente bruto e tratado despejado) para avaliação se suas características.
- b) Levantamento de dados acerca do processo produtivo de modo a analisar a qualidade da água necessária para uso.
- c) Mapeamento dos pontos de consumo de água *versus* locais que poderiam receber água de reúso.
- d) Análise de um sistema de tratamento complementar para melhoria da qualidade dos efluentes e possível reúso dos mesmos conforme mapeamento prévio.

Como resultados se esperam: um relatório com a caracterização do efluente atual e um comparativo com o necessário para o reúso do mesmo e, um fluxo macro do sistema de tratamento, com inclusão de uma etapa adicional para tratamento de água para reúso, com identificação dos pontos a receberem tal recurso.

4.2.2 Avaliação da demanda *versus* oferta de água e geração de efluentes

Para dimensionamento de um sistema de reúso de água, necessário que alguns balanços sejam realizados.

Assim, em uma segunda etapa, através de análise documental, pesquisas de campo *in loco* e, instalação de alguns medidores se propõe a realização de um balanço hídrico para resposta aos seguintes pontos:

- a) Estimativa de consumo de água e geração de efluentes antes da expansão da empresa – 2010.

- b) Levantamento do consumo de água e geração de efluentes após expansão da empresa – 2011.
- c) Estimativa do consumo de água e geração de efluentes após a implantação de um sistema de reúso de água.

Como resultados se esperam: tabelas com resultados evolutivos sobre o consumo de água (analisadas as diversas fontes) e despejos de efluentes e, um balanço hídrico completo da empresa antes e após a implantação do sistema de reúso.

Para realização destas estimativas e levantamentos, alguns materiais deverão ser utilizados. Destarte, define-se em seguida como se darão as coletas de dados do projeto e quais meios serão utilizados para este fim.

4.2.2.1 Plano amostral para análise do consumo

Para as estimativas sobre o consumo de água serão utilizados padrões de consumo existentes na literatura já apresentada em referencial teórico.

Já para realizar as análises de consumo de água e despejos de efluentes na atualidade, optou-se pela utilização de medidores com capacidade de mensurar, diretamente e precisamente as faixas de consumo do processo. Destarte foi proposta a instalação de totalizadores de vazão e volume, conforme especificação a seguir:

- ✓ Medidores de vazão tipo eletromagnético;
- ✓ Modelo: MAG600038AF46TRT / INT69RTBL1A;
- ✓ Faixa de vazão: 1,5 à 15,0 m³/h.

Estes equipamentos de medição funcionam como mensuradores de volume, bem como horímetros, já que medem não só a vazão da água total, como as horas em que houve circulação das mesmas. A proposta é distribuí-los em pontos estratégicos, conforme mapeamento realizado nos pontos de consumo da empresa (tópico 4.2.1), a fim de garantir a análise dos dados em vários pontos do processo.

Para determinação das quantidades, defini-se que estes equipamentos sejam analisados conforme critério a seguir:

- ✓ Frequência semanal (1 vez por semana);

- ✓ Coletas duplas de dados (as 09:00 e as 18:00 hs) - dias alternados dentro da semana (1ª semana segunda-feira, segunda semana terça-feira e assim sucessivamente);
- ✓ Tempo: 8 semanas.

Os resultados devem ser compilados em uma tabela, apontados em m³ de consumo por cada processo da empresa. A tabela 06 é o modelo de documento criado (em plataforma Microsoft Excel Worksheet 1010.xlsx) para a compilação dos dados do estudo de consumo:

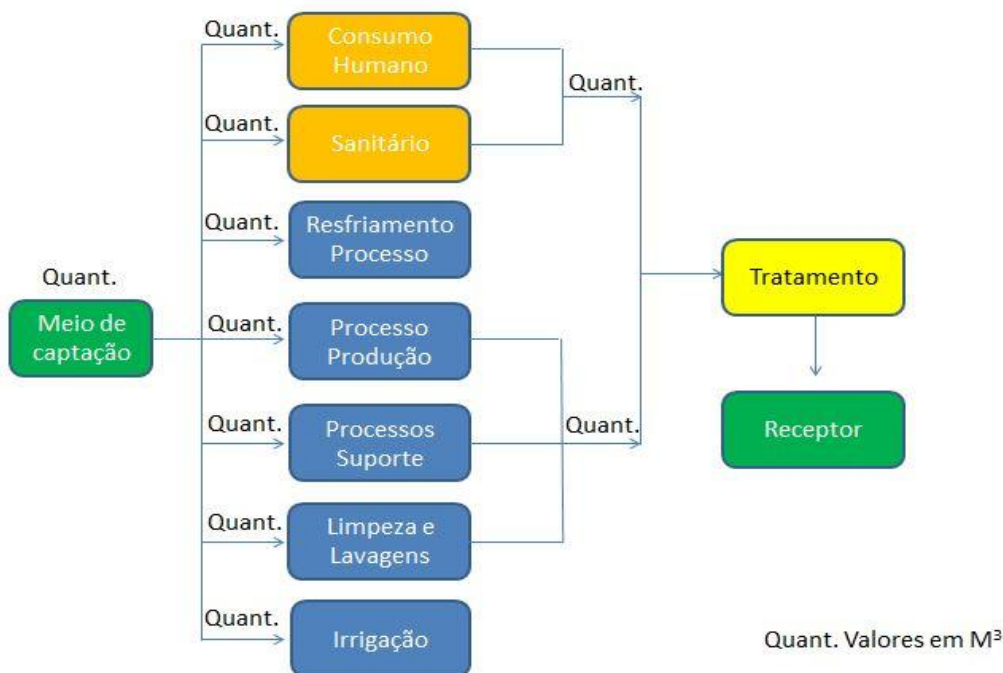
Tabela 06: Tabela sugerida para coleta de dados e análise sobre o consumo de água

TABELA 06: COMPILAÇÃO DE DADOS PARA BALANÇO HÍDRICO																		
SEMANA	DIA DA COLETA	TOTALIZADOR DE VAZÃO - RESULTADO EM M ³																OBSERVAÇÕES
		1		2		3		4		5		6		7		8		
		Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	
01																		
02																		
03																		
04																		
05																		
06																		
07																		
08																		

A cada medição, o equipamento deve ser zerado de modo a facilitar a visualização do comparativo entre as semanas.

Após recebimento dos dados de consumo e despejos, estimados e/ou medidos, necessário criar um balanço hídrico macro da empresa, que demonstre as etapas do processo com seus respectivos consumos, antes e após o sistema de reúso. A figura 36 indica o modelo de gráfico (elaborado sob plataforma do Microsoft Access 2010) para representação do fluxo hídrico da empresa, quanto ao consumo e descarte de efluentes:

Figura 36: Modelo de Balanço Hídrico sugerido



Estes dois padrões serão os utilizados para compor o balanço hídrico com quadro de consumo da empresa.

4.2.2.2 Plano amostral para análise do reúso

Para análise do reúso de água será instalado um totalizador de vazão, conforme descrição já feita no tópico anterior, porém na saída do

tanque de reúso instalado, de modo a controlar a vazão da água de reúso na fábrica.

As mesmas tabelas e gráficos mencionados, e a mesma periodicidade de coleta, poderão ser o modelo e método utilizados para análise do consumo da água de reúso.

4.3 VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS CUSTOS COM CAPTAÇÃO E DESCARTE

Para investimento em um sistema de reúso de água outro ponto que deve ser analisado são os custos inerentes ao processo e os possíveis ganhos que se referem ao mesmo.

Assim, em uma terceira etapa, através de análise documental, cálculos matemáticos, pesquisas de campo *in loco* se propõe a realização de uma base de dados para análise dos seguintes pontos:

a) Levantamento dos custos com captação de água e descarte de efluentes antes da etapa de reúso.

b) Estimativa dos custos com captação de água e descarte de efluentes após a implantação de um sistema de reúso de água.

Como resultados se esperam: análises com resultados evolutivos sobre os custos com captação de água e despejos de efluentes.

4.4 MODELO DE AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Como alhures mencionado nesta dissertação, um dos objetivos era a criação de um modelo de análise técnico-financeira, que ao fim fomentasse uma equação matemática para análise de viabilidade econômica de um projeto de reúso de água.

Assim, em uma quarta etapa, após realizados todos os estudos necessários e a coleta de dados, deverá ser feita a análise de viabilidade do projeto de modo a estabelecer premissas que dêem subsídios a tomada de decisão quanto ao andamento ou não dos investimentos.

Como resultados se esperam: o resultado do fluxo para análise técnica proposto, com tabela indicativa dos resultados; a aplicação do modelo para análise econômica tendo como base os resultados da análise técnica.

Para análise técnica e econômica, estabeleceu-se como metodologia um fluxo para projeto e coleta de informações para análise

de viabilidade, conforme se percebe no quadro 5 a seguir, conforme se vê:

Quadro 5: Metodologia para análise de projetos de reúso sugerida

Fluxo de análise técnica para projeto de reúso			
ITEM	FLUXO DE TRABALHO	ETAPAS	INFORMAÇÃO RESULTANTE
1	Avaliação Preliminar	a) Caracterização do efluente bruto	* Informação sobre necessidade de adequação do sistema de tratamento atual; * Indicação de tipo de etapa de tratamento necessária para reúso (escopo de tratamento complementar); * Investimento total do projeto (I); * Custo operacional anual (O);
		b) Caracterização do efluente tratado	
		c) Enquadramento do corpo receptor	
		d) Mapeamento dos pontos de consumo e demandas do processo	
2	Avaliação de demanda e oferta	a) Levantamento do consumo de água por ponto mapeado e total	* Consumo total de água anual antes do reúso (G1); * Descarte total anual de efluentes antes do reúso (g1); * Consumo total de água anual pós reúso (G2); * Descarte total anual de efluentes pós reúso (g2);
		b) Levantamento do descarte de efluentes por ponto mapeado e total	
		c) Estimativa da captação de água pós instalação de etapa para reúso	
		d) Estimativa do descarte de efluentes pós instalação de etapa para reúso	
3	Valoração econômica dos custos com captação e descarte	a) Levantamento das taxas municipais para captação de água e tratamento de efluentes	* Taxas municipais para: Captação de água (T) e descarte de efluentes (t); * Custo total com captação da água anual antes do reúso (F); * Custo total com descarte de efluentes anual antes do reúso (E); * Custo estimado total com captação da água anual pós reúso (f); * Custo estimado total com descarte de efluentes anual pós reúso (e);
		b) Levantamento dos custos com captação de água antes da etapa de reúso.	
		c) Levantamento dos custos com descarte de efluentes antes da etapa de reúso.	
		d) Estimativa dos custos com captação de água pós etapa de reúso.	
		e) Estimativa dos custos com descarte de efluentes pós etapa de reúso.	

Os resultados de cada etapa do quadro 5 serviriam de base para o cálculo de viabilidade econômica e financeira do projeto.

Como já visto, vários são os modelos de análise financeira, cálculo de retorno de projeto, pay-back entre outros.

Inobstante, sempre que falamos em meio ambiente, redução de consumo entre outros assuntos ambientais, têm-se muitas análises qualitativas que devem ser consideradas na tomada de decisão quanto ao investimento em um projeto, não sendo apenas o resultado econômico o parâmetro principal a ser considerado.

Porém, tendo em vista as várias formas possíveis de reúso de água, a possibilidade inclusive de em algumas regiões de se efetivar a aquisição de águas residuárias diretamente (com menor custo) da concessionária pública de distribuição, enquanto em outras nem existe central pública de recepção e tratamento (como no caso em tela), vê-se como primordial a análise econômico-financeira, que sirva como um dos parâmetros informativos para a direção de uma empresa antes do investimento em um sistema de reúso de águas direto e planejado.

A análise de B/C (benefícios *versus* custos) é um parâmetro de análise financeira que permite visualizar, em um projeto, de forma simples e direta, sua viabilidade em um ciclo de tempo. É costumeiro considerar que um B/C maior que 1, indica um projeto que deva ser realizado imediatamente, sem necessidade de análises qualitativas, posto que o retorno (benefício) em comparação com o investimento (custos com projeto) traria lucratividade em um ano ou menos.

O modelo matemático a seguir, efetuado com bases na análise de custos e benefício, foi criado para avaliação dos possíveis resultados com um projeto de reúso, para produção de informações que subsidiassem a tomada de decisões de um projeto.

Tendo em vista que V_A é igual a **Viabilidade Aceitável** para um projeto de reúso, onde $V_A \geq 1$, é considerado com projeto aceitável e $V_A \leq 1$, o projeto indicaria a necessidade de uma análise qualitativa, tendo em vista outras premissas, tem-se:

$$V_A = B/C \quad (3)$$

Onde,

B = benefício do projeto e,

C = custos do projeto.

Considerando que **B**, seriam os benefícios gerados pelo projeto, tem-se:

$$B = ((F - f) + (E - e)) \quad (4)$$

Onde,

F= custo com captação anual de água antes do projeto

f = custo com captação anual de água pós projeto

E= custo com descarte anual de efluentes antes do projeto

e = custo com descarte anual de efluentes pós projeto

Considerando que C, seriam os custos gerados pelo projeto, tem-se:

$$C = I + O \quad (5)$$

Onde,

I = investimento total com o projeto

O = custo operacional anual com o projeto (custo do tratamento privado)

Obs. O custo operacional privado somente deve ser considerado caso exista possibilidade de tratamento de água via rede pública (cidades com centrais de tratamento, onde as empresas efetuam descarte e fazem o pagamento para tratamento). Caso a cidade não possua a opção, o custo operacional não deveria ser considerado, posto que a empresa já teria de fazer o tratamento privado interno ou com fornecedores.

Assim, teria-se que:

$$V_A = \frac{((F - f) + (E - e))}{(I + O^*)} \quad (6)$$

Além disso, considerando que F, seriam os custos com captação anual de água antes do projeto e f seriam os custos pós projeto, tem-se:

$$F = G_1 * T \quad (7)$$

e,

$$f = G_2 * T \quad (8)$$

Onde,

G_1 = consumo anual em m^3 antes do projeto
 G_2 = consumo anual em m^3 pós projeto
 T = taxa por m^3 consumido (conforme intervalo de cobrança municipal)

Já considerando que E , seriam os custos com descarte anual de água antes do projeto e e seriam os custos pós projeto, tem-se:

$$E = (t - t_1) * g_1 \quad (9)$$

e ,

$$e = (t - t_1) * g_2 \quad (10)$$

Onde,

g_1 = descarte anual em m^3 antes do projeto

g_2 = descarte anual em m^3 pós projeto

t = taxa por m^3 descartado sem tratamento (conforme intervalo de cobrança municipal).

T_1 = taxa por m^3 descartado com tratamento (conforme intervalo de cobrança municipal)

Obs. A taxa t_1 somente deveria ser considerada caso a empresa não possua sistema de tratamento na atualidade (ETE ou ETA) ou que o mesmo não atenda aos requisitos de descarte (avaliação preliminar) e, no investimento total do projeto (I), sejam considerados os valores para adequação para descarte e reúso. Assim, a taxa real a ser considerada deveria ser, neste caso, dada pela subtração da taxa de descarte sem tratamento pela taxa de descarte com tratamento (as concessionárias públicas normalmente cobram taxas menores para descarte do efluente já tratado). Além disso, este caso também só vale para os municípios que possuam centrais públicas de coleta e tratamento. Todos os demais casos devem ser consideradas as taxas completas (t).

Assim, como produto final, tem-se o modelo matemático a seguir:

$$V_A = \frac{((G_1 * T) - (G_2 * T)) + ((t - t_1) * g_1) - ((t - t_1) * g_2)}{(I + O)} \quad (11)$$

Este modelo deverá ser utilizado para cálculo da viabilidade econômica, considerando os dados do projeto atual.

4.5 OUTROS MATERIAIS EMPREGADOS

Outros materiais poderão ser empregados no estudo, como meio de atingir os resultados especificados nos objetivos.

4.5.1 Fotografias do sistema proposto

Como meio de ilustrar o sistema proposto e, subsidiar os resultados apresentados, poderão ser utilizadas fotografias do sistema. As mesmas serão tiradas com máquina digital de 14 Megapíxeis (Sony W620). Quando necessário, será feito tratamento de imagem no Microsoft Office 2010 para correção de luminosidade e cor.

4.5.2 Softwares

A base de dados foi elaborada recorrendo ao Microsoft Access 2010, Microsoft Office 2010, Microsoft Visual Basic versão 6.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo se descrevem os resultados referentes ao projeto de pesquisa conduzido, conforme previamente planejado no capítulo 4 de materiais e métodos, além das análises correspondentes para correlação dos resultados aos objetivos traçados.

Incluem-se neste capítulo os laudos, tabelas, mapas, diagramas, balanços, gráficos, fotos e demais itens que puderem também, de alguma forma, fomentar conclusões gerais e específicas sobre o projeto, bem como indicar as possíveis recomendações para próximos estudos.

5.1 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO TÉCNICA PRELIMINAR

O reúso da água não obedece um padrão específico para todas as empresas e aplicações. Cada processo requer um tipo de água, com qualidade específica, além de que cada tipo de efluente precisa de um tratamento para obedecer os padrões.

Para o estudo em questão, através de uma análise documental e legal, alguns laudos realizados em laboratório, bem como análise do projeto da ETE em funcionamento atualmente, procurou-se verificar qual era a situação do corpo receptor dos efluentes (enquadramento legal), a caracterização do efluente bruto e tratado na atualidade, os pontos possíveis para reúso em processo e, por fim, considerando os manuais do FIRJAN e da FIESP, alhures mencionados, a definição de parâmetros que subsidiassem a criação de uma etapa complementar de tratamento para melhoria da qualidade da água e posterior reúso. Os resultados desta análise serão a seguir descritos.

5.1.1 Resultados da caracterização do corpo receptor

O Município de Contagem, como já visto, é abastecido de água potável pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais, a COPASA MG, proveniente da Bacia do Rio Paraopeba. Apesar do município de Contagem possuir uma ETE situada no bairro Nova Contagem, o local da fábrica não possui sistema de coleta de esgoto, sendo os efluentes descartados no Córrego Samambaia.

Conforme visto na figura 16, capítulo 3 deste trabalho, a Resolução CONAMA nº. 357/2005 classifica as águas doces em cinco classes. Após análise documental da legislação do município, verificou-

se como resultado que o receptor dos efluentes da empresa era um córrego classe 1.

A classificação do córrego Samambaia como Classe 1 aparece na Deliberação Normativa nº. 20, de 24 de junho de 1997, publicada no Diário do Executivo de Minas Gerais em 27/06/1997 e citada no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, conforme seu art. 1º:

As águas da bacia do rio das Velhas ficam enquadradas da seguinte forma:

31 – Sub Bacia do Córrego Samambaia

Trecho 79 - Córrego Samambaia, das nascentes até o barramento da represa

Samambaia: Classe 1. (MINAS GERAIS, 1997).

Assim, como visto, o corpo d'água que recebe os efluentes tratados é o Córrego Samambaia, classificado como Classe 1.

A resolução **Conama nº. 430 de 2011** versa que no **mínimo 60% da carga de DBO** deve ser removida (tratamento para redução dos índices) antes do descarte dos efluentes. Porém define que o padrão de DBO em 5 dias a 20°C para as águas doces é de até 3 mg/L O₂. Tendo em vista o cenário apresentado, portanto, o efluente a ser lançado deve atender às exigências da Resolução CONAMA nº. 357/2005, revisada pela resolução nº. 430/2011, para rios Classe 1 e também conforme a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH Nº 01, de 05 de maio de 2008, do Estado de Minas Gerais.

Os parâmetros de interesse do monitoramento eram: DBO, OD, pH, Turbidez, Sólidos Suspensos Totais, Solventes Aromáticos (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno) e Hidrocarbonetos Polinucleares Aromáticos (PAHs), estes últimos associados ao óleo mineral utilizado nas prensas.

A figura 37 indica como referência os parâmetros de enquadramento das águas doces, em sua condição ideal:

Figura 37: Parâmetros de Interesse para a qualidade das águas doces

Parâmetros	Unidade	CONAMA 430/11	Parâmetros ideais ao Reúso no caso aplicado*
DBO	mg O ₂ /L	60%	3
pH	-	5 a 9	6 a 9
OD	mg O ₂ /L	n/a	6
Turbidez	NTU	n/a	40
Sólidos Suspensos Totais	mg/l	n/a	500
Coliformes	NMP/100 ml	n/a	200
Benzeno	µg/l	1,2	5
Tolueno	µg/l	1,2	2
Xileno	µg/l	1,6	300
Etilbenzeno	µg/l	0,84	900

* Parâmetros medidos por aplicação e orientados pelos fabricantes

Fonte: Adaptado de CONAMA n°. 430/2011

Como visto na figura 37 e em revisão bibliográfica, os limites ideais de DBO **para os corpos receptores** classe 1 são muito restritivos, sendo de 3 mgO₂/l.

Se observarmos os dados atualizados da CONAMA 430 de 2011, temos dados ainda mais restritivos para Benzeno, Tolueno, Xileno entre outros.

Considerando os dados, somados aos da figura 18 do capítulo 3, que demonstrou o padrão para a água de reúso, fez-se necessário fazer uma análise do efluente tratado pela ETE atual, bem como análise do processo produtivo para comparação destes limites e confirmação da aceitabilidade, conforme se passa agora a verificar.

5.1.2 Resultados da caracterização do efluente

Para finalizar a análise da adição de uma etapa complementar de tratamento para reúso era importante, previamente, verificar também a condição atual do efluente, a fim de compará-lo com as premissas para reúso estabelecidas na figura 37.

Desta feita, foram enviadas 05 amostras de efluente industrial (retiradas de alguns diversos pontos de coleta da fábrica) para análise laboratorial, para fins de análise do efluente bruto. O efluente sanitário, por ter um sistema de tratamento fechado foi feito por estimativas. Os quadros 6 e 7 indicam os resultados médios da análise realizada:

Quadro 6: Caracterização do Efluente Industrial Bruto

Caracterização do Efluente Industrial	
Parâmetros	Valores
Temperatura	21 °C
pH	8,8 a 9,5
Sólidos Sedimentáveis	<0,1 ml/l
Sólidos Suspensos Totais	1.680 a 1.896 mg/L
DBO	348 a 393 mg O ₂ /L
DQO	11.636 a 14.605 mg O ₂ /L
Óleos e Graxas	1.157 a 2.072 mg/l

Quadro 7: Caracterização Estimada do Efluente Sanitário Bruto

Caracterização Estimada do Efluente Sanitário	
Parâmetros	Valores
pH	6 a 8
Sólidos Suspensos Totais	400 a 500 mg/L
DBO	300 a 600 mg O ₂ /L
DQO	900 a 1.800 mg O ₂ /L
Turbidez	100 NTU
Nitrogênio	50 mg/L
Fosfato	30 mg/L
Cloretos	120 mg/L
Coliformes	1 x 10 ⁷ NMP/100 ml

Viu-se que o efluente bruto e sanitário possuía altas cargas de DBO e DQO, requerendo altos níveis de abatimento. A tabela 07, a seguir, indica os resultados médios de abatimento mensurados pelas avaliações de efluentes da ETE, considerando o sistema já implantado na empresa:

Tabela 07: Eficiência Inicial de Tratamento da ETE objeto do estudo

Avaliação da Eficiência dos Processos de Tratamento			
Etapas	DBO Entrada (mgO ₂ /L)	Eficiência	DBO Saída (mgO ₂ /L)
Reator UASB*	380	40%	228
Aeração Prolongada	228	95%	11,4

* Considerando efluente já pré-tratado e abatido em etapa de lodo ativado.

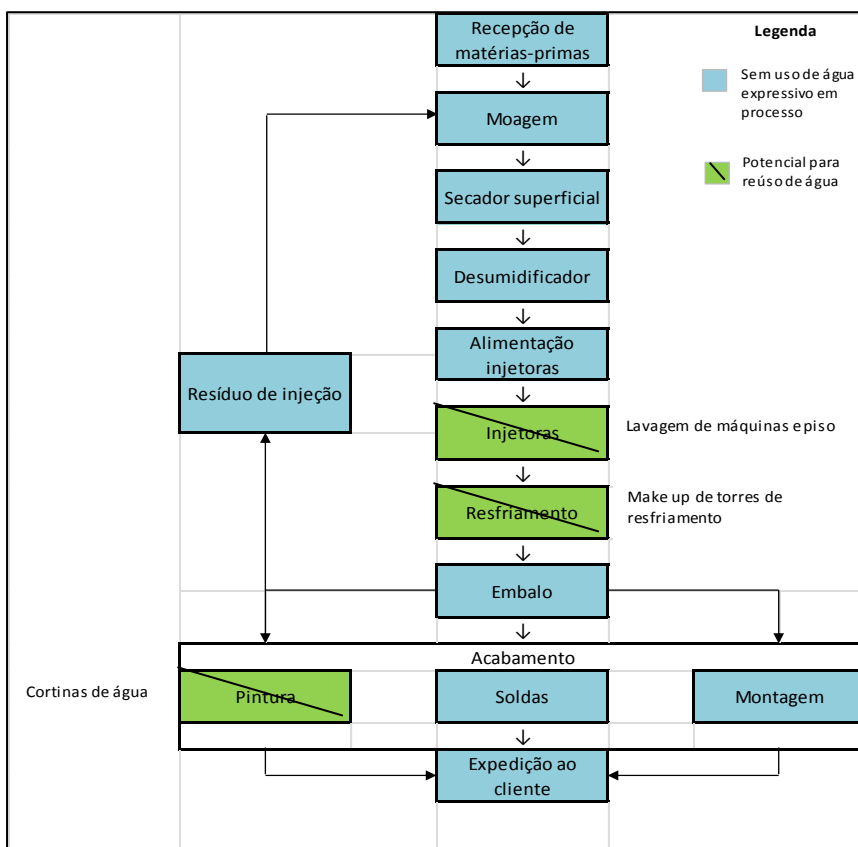
Como resultado, observou-se que o sistema abatia grande parte da carga poluente, deixando o efluente em ótimas condições que atendiam inclusive aos padrões de lançamento estabelecidos nas resoluções estaduais e federais. Contudo, considerando os padrões restritivos para receptores classe 1, 3 mgO₂/l para DBO, tendo em vista seu padrão legalista e interesse em preservação ambiental na condição primária do ambiente, a empresa julgou que seria necessário sim projetar um sistema

complementar de tratamento. Outro ponto que reforçou essa necessidade foi a especificidade do processo produtivo, que exigia uma água em níveis de classe especial para reúso no processo.

5.1.3 Resultado do mapeamento dos pontos de consumo para reúso

Para inclusão de pontos de água de reúso, primeiramente deveria ser analisado quais seriam os locais da empresa que poderiam receber este recurso. Assim, foi feito, através de uma análise de campo *in loco* e, através de um estudo do processo produtivo, um fluxo que indicasse as etapas mais propícias a inclusão da água de reúso. O diagrama 03 utiliza o fluxo do processo produtivo para indicar o resultado da análise dos possíveis pontos de reúso, conforme se vê:

Diagrama 03: Fluxo de processo da empresa em estudo e pontos para reúso



Como visto no diagrama 03 os locais principais mapeados onde poderiam ser inclusos os pontos de reúso seriam:

- a) Make up das torres de resfriamento;
- b) Sistema de cortina d'água da pintura;
- c) Limpeza de máquinas e piso;

Além destes pontos, tem-se dos seguintes pontos considerados interessantes para o reúso da água, nos processos de suporte a produção:

- a) Irrigação de áreas gramadas e pequenos jardins;
- b) Lavagem de equipamentos – veículos, empilhadeiras e outros pátios;
- c) Sanitários de vestiários e banheiros.

Assim, como resultado de um mapeamento realizado, identificaram-se 27 pontos de reúso na fábrica, assim divididos:

- 3 torres de resfriamento do sistema de injeção (consumo por evaporação);
- Make up da cortina d'água do sistema de pintura;
- Lavador de veículos;
- 10 banheiros da administração;
- 1 vestiário central;
- 4 pontos de irrigação de áreas verdes;
- 7 pontos de limpeza de pátios em áreas industriais.

A figura 38 representa a foto do principal local para reúso de água em processo, qual seja o *make up* das torres de resfriamento:

Figura 38: Ponto para reúso – torres de resfriamento



Como é de se observar, comparando com os casos descritos no capítulo 3, vê-se que os pontos mapeados para reúso respeitaram a tendência e o leque de opções maiores da indústria quando se fala em reúso planejado direto. O reúso de água residuária em irrigação interna, em áreas de manutenção diversa (predial, limpezas etc.), em sanitários e em *make up* de torres de resfriamento, pôde ser verificado com sucesso nas empresas General Eletric, Fiat, Natura, Votorantim entre outras. Isso favorece a iniciativa em implementar o projeto proposto, visto que existam *cases* de sucesso em processos similares, com ótima performance e grandes ganhos ambientais e econômicos.

5.1.4 Resultado da etapa complementar proposta para tratamento e reúso

A água utilizada em processo produtivo na empresa recebia alguma aditivação antes do uso, porém essa acontecia imediatamente antes de sua entrada no sistema de manufatura, em uma caixa de armazenamento prévio e retorno. Este processo era realizado inclusive com a água coletada via concessionária pública. Desta forma, verificou-se que era necessário atendimento ao melhor padrão de tratamento para reuso em classe especial que não prejudicasse o processo produtivo.

Destarte, considerando também as demandas para as águas doces, comparados com os limites normais de água para reúso industrial, apresentados na figura 17 e 18 do capítulo 3, tem-se que, para atender ao melhor cenário requerido pela empresa, o ideal seria a inclusão de um sistema complementar de tratamento que, garantisse os padrões definidos e ainda permitisse o reúso de parte dos efluentes no processo.

Através das análises laboratoriais conduzidas e através da análise do processo foi possível identificar os principais processos consumidores de água e os padrões de qualidade requeridos, os principais geradores de efluentes e suas cargas orgânicas e inorgânicas, eventuais perdas, e o mais importante, as oportunidades de reúso de efluentes, de otimização do consumo e de redução da taxa de uso de água por unidade de produção.

Foi contratada uma empresa para um projeto complementar de tratamento e encaminhamento para reúso considerando os pontos mapeados de reutilização de efluentes. Este projeto terceiro de complemento ao tratamento de efluentes, completo em todas as suas fases, não será abrangido nesta dissertação, por não se tratar do foco do presente projeto.

Como já visto no diagrama 02 do capítulo 4, o sistema já previa um pré-tratamento, tratamento primário, e um tratamento secundário, com abatimento de grande parte da carga orgânica. Como os níveis de DBO estabelecidos para o reúso em processo eram muito restritivos (3 mgO₂/l), menores que os para reúso normais previstos no manual de conservação de água e reúso da FIESP (2004), qual seja 25 mgO₂/l, entendeu-se que, um projeto para adequação do descarte na condição primária, já permitiria também o enquadramento para o reúso.

Assim, as seguintes etapas foram planejadas para inclusão complementar ao processo de tratamento:

- ✓ Implantação de Tratamento Complementar (Polimento) com bateria de filtros e oxidação para enquadramento aos padrões restritivos de descarte para DBO e desinfecção para utilização como água industrial.

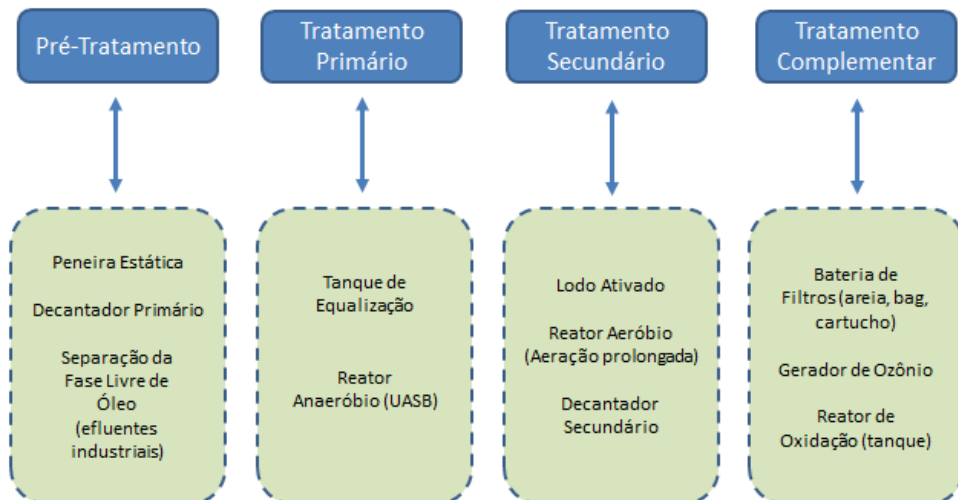
- ✓ OBS. Os processos considerados no Pré-Tratamento dos Efluentes Industriais serão portanto: retenção de sólidos e separação água/óleo;

- ✓ OBS 2. Os processos considerados no Tratamento Primário e Secundário dos Efluentes Sanitários e Industriais serão portanto: biológico anaeróbio / aeróbio e decantação;

✓ OBS 3. Os processos considerados no Tratamento Complementar serão portanto: filtração, oxidação e desinfecção;

Desta feita o novo sistema de tratamento descrito no diagrama 04 a seguir demonstra o novo projeto completo, vejamos:

Diagrama 04: Novo processo de tratamento



Fonte: Adaptada do Projeto da ETE feito pela Empresa Fator Ambiental, 2011

O novo projeto instalado para tratamento complementar dos efluentes propiciava um abatimento da carga poluente em níveis altíssimos, atingindo o padrão superior a 99%. A tabela 08 demonstra os dados de eficiência da ETE após implantação do processo complementar:

Tabela 08: Eficiência Atual de Tratamento da ETE

Avaliação da Eficiência dos Processos de Tratamento			
Etapas	DBO Entrada (mgO₂/L)	Eficiência	DBO Saída (mgO₂/L)
Reator UASB*	380	40%	228
Aeração Prolongada	228	95%	11,4
Oxidação	11,4	80%	2,28
Abatimento total		99,4%	

* Considerando efluente já pré-tratado e abatido em etapa de lodo ativado.

Assim, atenderiam-se os padrões para descarte e reúso.

Já com relação aos custos de adaptação e implementação desta etapa, como é sabido, pode variar muito de empresa para empresa, devido ao tamanho do terreno, ponto de abastecimento entre outros. No projeto em tela, apenas para fim de cálculo de um custo benefício futuro, teve-se o valor de R\$250.000,00 (duzentos e cinquenta mil reais) como custo de implantação. O projeto foi executado em 60 dias.

A figura 39 indica uma foto do sistema de polimento (filtros) instalados na ETE conforme previsto no diagrama 04. Já a figura 40 representa uma foto da identificação do ponto de reúso usado para lavagens de fábrica e/ou irrigação:

Figura 39: Sistema proposto – tratamento complementar



Figura 40: Exemplo de identificação utilizada em ponto de reúso



5.2 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA E GERAÇÃO DE EFLUENTES

Para justificar a inclusão do sistema de reúso foi necessário obviamente verificar também os pontos de maior consumo, bem como efetivar um balanço hídrico da fábrica. Os resultados desta etapa se verificam a partir de agora.

5.2.1 Resultados do balanço hídrico inicial da empresa

Como alhures aludido, inicialmente não existiam meios de mensuração do volume de água consumido pela empresa, posto a inexistência de totalizadores de vazão, bem como ausência de cobrança sobre a captação (feita por poço artesiano) e descarte (ausência de rede pública de coleta).

Contudo, a fim de criar uma base comparativa para posterior cálculo econômico do projeto, fez-se uma estimativa sobre o consumo de água e descarte de efluentes inicial da empresa.

Sobre o consumo de água em processo, foi feito um acompanhamento de uma semana em cada processo produtivo, além de pesquisas com os responsáveis. Como resultado verificou-se que os principais pontos de consumo de água dentro do processo industrial eram as torres de resfriamento (estimativa de $740 \text{ m}^3/\text{mês}$, sem efluentes, pois se perdia por evaporação), a cortina d'água do setor de pintura (estimativa de $150 \text{ m}^3/\text{mês}$), os laboratórios (estimativa de 30

m³/mês) e a lavagem de veículos, limpeza e manutenção diversa (estimativa de 180 m³/mês).

O consumo humano (refeitório, banhos, bebedouros, entre outros) foi estimado em 1750 m³/mês considerando os 700 funcionários iniciais. Além disso, foi estimado 100 m³/mês para irrigação de áreas. Estas estimativas foram feitas considerando o volume de vazão do poço artesiano, bem como o período de funcionamento da fábrica à época.

Sobre o descarte doméstico (sanitários) considerando que existia variação de água consumida entre funcionários do escritório e funcionários da produção, além de que a empresa possui sistemas sanitários variados (hydra, caixa acoplada, caixa com redutor de consumo), teve-se como premissa que, para os sanitários e consumo humano, para cada funcionário da empresa se considerou um consumo de 100 litros por dia de trabalho.

No tópico 3.1.3.4 foi apresentado uma estimativa feita por Gomes citado por Neto (2003), que apresentou em sua obra que o consumo médio sanitário em uma indústria era de 70 litros por habitante. Considerando que, além do sanitário, estimou-se aqui o consumo humano, pensa-se um volume de 100 litros/ dia/ habitante ser um critério razoável.

O quadro 8 apresenta uma estimativa de geração de efluentes total:

Quadro 08: Estimativa geração de efluentes 2010

Quantificação Estimada do Efluente Total 2010	
Tipo de Efluente	Quantidade
Sanitário	700 por funcionários 100 litros por habitante 70 m ³ /dia
Industrial	Cabine de Pintura - 5 m ³ /dia Laboratório - 1 m ³ /dia Lavador de Veículo - 6 m ³ /dia Total - 12 m³/dia
TOTAL	82 m ³ /dia 2.460 m ³ /dia 3,5 m³/h

Fonte: Adaptada do Projeto da ETE feito pela Empresa Fator Ambiental, 2011

As premissas de cálculo do consumo sanitário inicial foram:

- Consumo unitário da descarga “hydra” é de 20 litros/acionamento;
- Consumo unitário da descarga com caixa acoplada é de 5 litros/acionamento;
- Cada um dos 500 funcionários da produção aciona uma vez por dia a descarga “hydra”; 30 dias por mês.
- Cada um dos 200 funcionários da administração aciona uma vez por dia a descarga de caixa acoplada; 22 dias por mês.

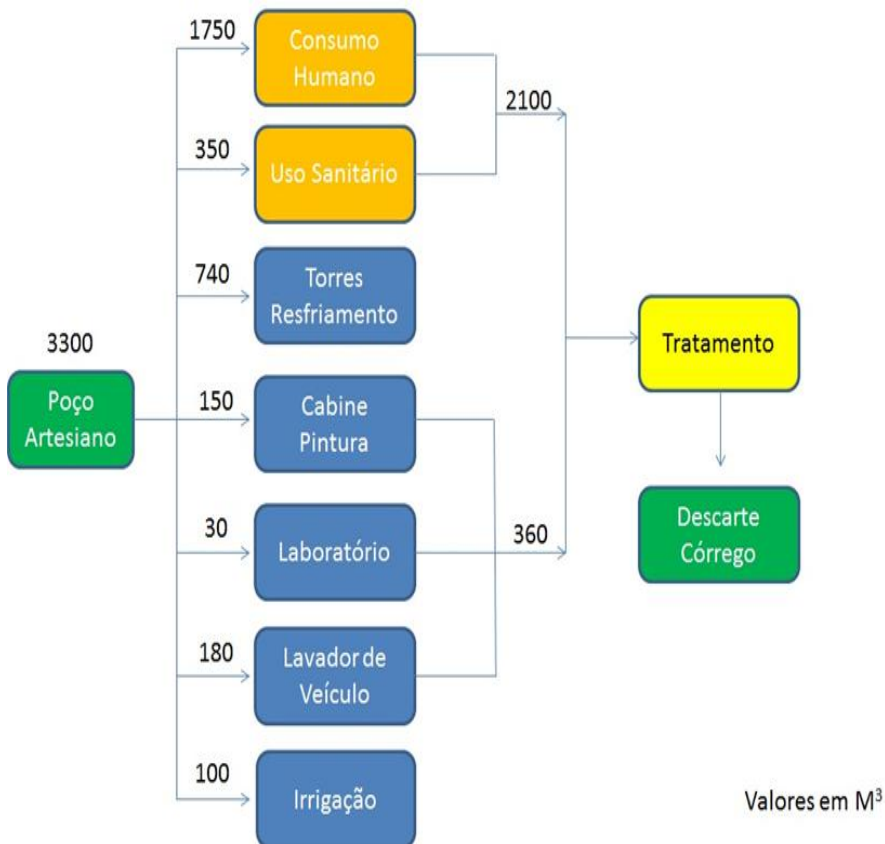
Com essas premissas, o consumo sanitário mensal como visto era:

$$(500 \times 20 \times 30 + 200 \times 5 \times 22) / 1000 = 322 \text{ m}^3/\text{mês} \sim \mathbf{350 \text{ m}^3/\text{mês}}$$

Assim, como resultado final destas análises realizadas, tem-se na figura 41 o balanço hídrico estimado para o período de 2010 (período

antes da expansão da empresa e construção do sistema inicial de tratamento de efluentes):

Figura 41: Resultado Balanço Hídrico Estimado 2010



Observando o balanço descrito na figura 41 se têm das seguintes informações com relação a situação dos recursos hídricos captados *versus* despejados:

- _ Consumo total de água: 3.300 m³/mês (100% captação poço);
- _ Consumo humano e sanitário: 2.100 m³/mês;
- _ Consumo industrial: 1.200 m³/mês;

- _ Geração de efluentes: 2.460 m³/mês:
- _ Sanitário: 2.100 m³/mês despejados no Córrego Samambaia;
- _ Industrial: 360 m³/mês despejados no Córrego Samambaia;
- _ Obs: torres de resfriamento das injetoras não geram efluentes (perda por evaporação).
- _ Obs2: A empresa deveria fazer nova rede de captação para água tendo em vista o fato de o poço artesiano atual estar perdendo vazão.

5.2.2 Resultados do balanço hídrico da empresa após expansão

Conforme mencionado, com o aquecimento do mercado, a empresa teve de adequar seu quadro de funcionários, o que aumentou a demanda por água, o volume de equipamentos no processo industrial e, conseqüentemente a geração de efluentes.

Como visto no tópico 5.2.1 a empresa captava todo o volume de água de um poço artesiano em 2010. Com a expansão ocorrida e, com a necessidade de garantir a qualidade da água de consumo humano, fez-se uma divisão entre água captada de poço artesiano (processo industrial, irrigação, entre outros) e água captada da COPASA (consumo humano, sanitários e complemento para o industrial).

Assim, tendo em vista a nova realidade, era importante adequar o balanço hídrico antes de incluir um projeto de reúso. Como dito no capítulo anterior, foi feita a opção pela instalação de totalizadores de vazão, que mensurassem precisamente o consumo e a geração de efluentes atual da empresa. Chegou-se ao seguinte mapeamento de pontos de controle para instalação dos medidores (pontos 1 e 2 para consumo e demais para monitoramento de efluentes):

- 1) Saída de água da caixa d'água principal (água de poço artesiano pagamento de outorga e captação);
- 2) Saída de água da caixa d'água auxiliar (água COPASA). Entrada de água já medida por hidrômetro industrial da companhia de água;
- 3) Saída de água cabine de pintura;
- 4) Saída de água caixa de lavagem de veículos, manutenção e limpezas;
- 5) Saída de água tanque de irrigação;
- 6) Saída de efluentes na estação de tratamento (Pré-tratamento industrial).
- 7) Saída de efluentes na estação de tratamento (Tratamento primário – industrial + sanitário).

Após 8 semanas de monitoramento nos 7 pontos definidos, compilou-se a tabela 09 com os resultados para análise, utilizando o modelo previamente traçado no capítulo anterior:

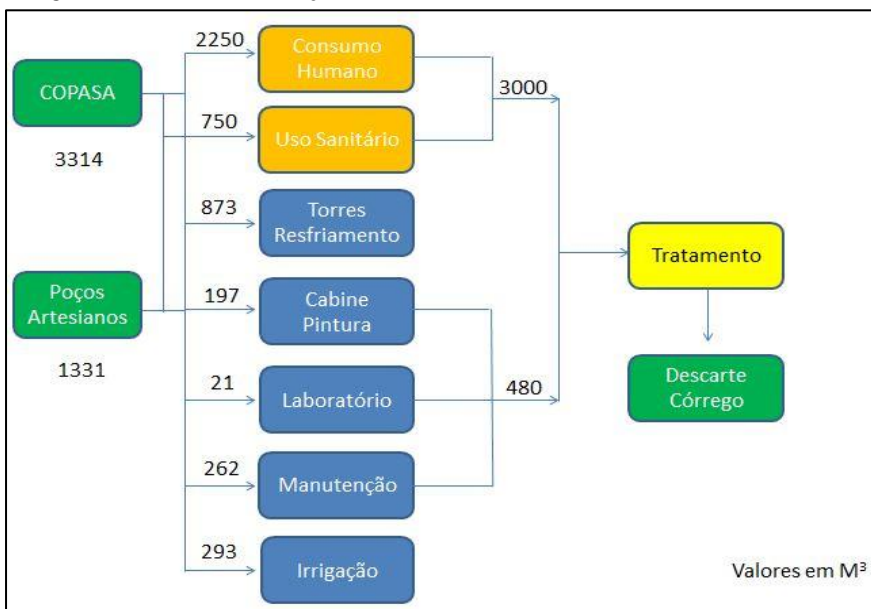
Tabela 09: Resultado do Monitoramento para Balanço Hídrico

TABELA 09: RESULTADO DA COMPILAÇÃO DE DADOS PARA BALANÇO HÍDRICO - 2011																	
SEMANA	DIA DA COLETA	TOTALIZADOR DE VAZÃO - RESULTADO EM M ³														TOTAL	
		1 Água Poço		2 Água COPASA		3 Pintura		4 Manutenção		5 Irrigação		6 Saída ETE Ind.		7 Saída ETE total		Consumo Ptos 1 e 2	Efluentes Demais Ptos
		Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2		
01	Segunda	314	364	780	815	47	50	56	68	70	80	112	125	812	933	1.094	812
02	Terça	316	369	769	812	49	53	55	66	70	87	114	125	813	935	1.085	813
03	Quarta	312	360	769	805	40	48	54	62	60	65	119	130	809	914	1.081	809
04	Quinta	319	370	784	827	47	52	62	70	65	70	105	114	818	900	1.103	818
05	Sexta	309	358	756	800	45	50	66	74	66	76	108	117	816	935	1.065	816
06	Sábado	320	365	770	815	49	57	63	70	68	78	102	111	805	930	1.090	805
07	Domingo	310	352	775	826	50	55	61	70	71	89	123	137	803	915	1.085	803
08	Segunda	308	358	759	799	42	49	69	77	75	80	116	127	820	945	1.067	820
RESULTADO MÉDIO - REFERÊNCIA 1ª COLETA																	
MÉDIA SEMANAL M ³		1 Água Poço	2 Água COPASA	3 Pintura	4 Manutenção	5 Irrigação	6 Saída ETE Ind.	7 Saída ETE total	MÉDIA TOTAL								
		314	770	46	61	68	112	812	1.084	812							

Considerando os dados coletados e apontados na tabela 10, tem-se que semanalmente o consumo de água na empresa era equivalente a 1.084 m^3 em média, contra um descarte de 812 m^3 . O descarte era menor considerando a evaporação que ocorria nas torres de resfriamento.

Assim, como resultado final destas análises realizadas, tem-se na figura 42 o balanço hídrico para o período de 2011-2012 (período após expansão, mas antes da inclusão da etapa de reúso):

Figura 42: Resultado Balanço Hídrico Sem Reúso



Observando o balanço descrito na figura 42, têm-se das seguintes informações com relação a situação dos recursos hídricos captados *versus* despejados pela empresa nesta situação:

- _ Consumo total de água: $4.645 \text{ m}^3/\text{mês}$;
- _ Consumo humano e sanitário: $3.000 \text{ m}^3/\text{mês}$;
- _ Consumo industrial: $1.353 \text{ m}^3/\text{mês}$;
- _ Geração de efluentes: $3.480 \text{ m}^3/\text{mês}$;
- Sanitário: $3.000 \text{ m}^3/\text{mês}$ despejados no Córrego;
- Industrial: $480 \text{ m}^3/\text{mês}$ despejados no Córrego;

_ Obs: torres de resfriamento das injetoras não geram efluentes (perda por evaporação).

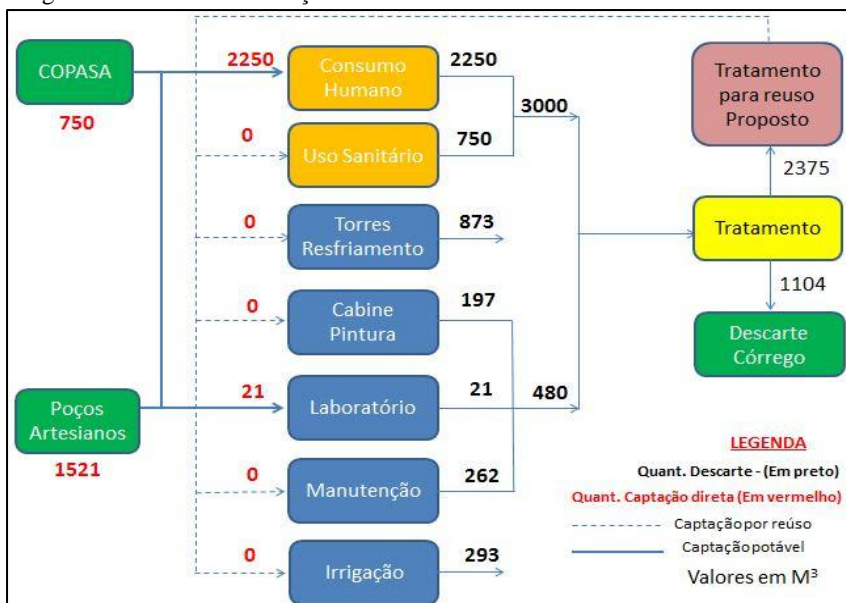
Os principais pontos de consumo de água dentro do processo industrial foram as torres de resfriamento (873 m³/mês considerando o incremento de máquinas e processos), a cortina d'água do setor de pintura (197 m³/mês), o laboratório (20 m³/mês) e a manutenção (262 m³/mês).

Considera-se o volume médio de efluentes sanitários gerados de 3.000 m³/mês, valor igual ao consumo humano mais sanitário.

5.2.3 Estimativa do balanço hídrico da empresa com reúso

Considerando o projeto de reúso planejado, os pontos de consumo mapeados e, tendo em vista o balanço hídrico realizado através dos totalizadores de vazão, fez-se um planejamento de um balanço hídrico após a implantação do projeto de reúso. A figura 43, a seguir, indica o balanço hídrico estimado após inclusão de um sistema de reúso:

Figura 43: Resultado Balanço Hídrico Com Reúso



No balanço descrito da figura 43 se têm das seguintes informações com relação a situação dos recursos hídricos captados *versus* despejados após finalizada a adição da etapa de reúso das águas residuárias proposta:

– Captação total de água: **Reduzida de 4.645 m³/mês para 2.271 m³/mês** (sendo 67% captação dos poços artesianos, e 33% captados da concessionária de água da região). **Com isso 2.564 m³/mês seriam reduzidos da captação diária feita via concessionária pública.** Isso porque 2.375 m³/mês seriam incluídos via reúso. Além disso, com a adição de uma tubulação independente, poderia-se utilizar a água potável do poço artesiano para banhos, entre outros fins potáveis, inclusive tendo em vista o fato da mesma passar por desinfecção antes do consumo.

– Geração de efluentes: 3.480 m³/mês.

– Descarte: 1.104 m³/mês tratados, polidos e despejados no Córrego, com redução de 68,27%.

5.2.4 Comparativo entre balanços hídricos antes e pós sistema de reúso

Como pôde ser observado, a instalação de uma etapa de reúso, estatisticamente calculada, poderia trazer grandes economias a empresa.

A tabela 10, a seguir, resume os resultados planejados com a inclusão de uma etapa de reúso no processo:

Tabela 10: Comparativo do Balanço Hídrico da Empresa

TABELA COMPARATIVA - BALANÇO HÍDRICO DA EMPRESA			
SITUAÇÃO	2010 SEME.T.E	2012 COME.T.E E EXPANSÃO DA EMPRESA	2012 COMREUSO
CAPTAÇÃO DE ÁGUA (m ³ /mês)	3300	4645	2271
DESPEJOS DE EFLUENTES (m ³ /mês)	2460	3480	1104

A tabela 11 indica os ganhos percentuais anualizados com o sistema:

Tabela 11: Comparação da redução do consumo e despejos

TABELA EVOLUTIVA - BALANÇO HÍDRICO			
SITUAÇÃO	2012 COM E.T.E. E EXPANSÃO DA EMPRESA	2012 COM REÚSO	% Redução
CAPTAÇÃO DE ÁGUA (m ³ /ano)	55740	27252	51,11
DESPEJOS DE EFLUENTES (m ³ /ano)	41760	13248	68,27

Assim percebe-se que a implantação do sistema de reúso implica em uma redução de mais de 50% da captação direta de água potável, além de reduzir outros 68% aproximados dos despejos de efluentes.

Se efetivarmos uma comparação direta com os casos considerados de sucesso e levantados no capítulo 3, percebe-se que o projeto traz ganhos excelentes, conforme tabela 12 a seguir:

Tabela 12: Comparação do consumo entre empresas

TABELA 12: COMPARATIVO ENTRE PROJETOS DE REÚSO		
SEGMENTO	EMPRESA/ LOCALIZAÇÃO	Redução Captação de água após implantação do projeto (%)
Autopeças	Estudo de caso - Empresa em Contagem	51
Automotivo	Fiat - Betim	50
Embalagens	São Paulo	65
Metalúrgica	Rio de Janeiro	91
Papel e Celulose	Votorantim - Jacareí	34
Siderúrgica	Vandalia - Ohio - EUA	67

Comparando os casos de sucesso apresentados como referência com os resultados da empresa em estudo de caso, vê-se que,

comparativamente, o projeto de reúso planejado foi adequado e atingiu um bom resultado quando ao seu objetivo de reduzir a captação de água e o descarte dos efluentes gerados no processo produtivo da empresa.

5.2.5 Limitantes dos resultados

Apesar do monitoramento utilizando muitos pontos de coleta, em uma frequência alta e com dados precisos, vê-se que o prazo de 8 semanas disponível para realizar o levantamento de dados para balanço hídrico da empresa foi um limitante do projeto enquanto resultados para análise. Isto porque, tendo em vista que anteriormente a empresa não tinha manômetros para medição e controle de vazão de água e efluentes e, tendo em vista a dimensão do projeto em questão, viu-se que um prazo não inferior a três meses seria o ideal para dar mais segurança aos dados captados. Essa necessidade advém da possibilidade de em dois meses atípicos, o consumo ser maior ou menor, cabendo a análises estatísticas o dimensionamento do projeto.

Outro ponto de limitação aos resultados com reúso está no fato da empresa em tela utilizar água de poços artesianos inicialmente e, a cobrança deste recurso não ser tarifada pela cidade em que a mesma se encontra. Isso trouxe uma base comparativa escassa de dados para análise econômica, que poderia ter sido mais rica em dados antigos.

5.3 RESULTADOS DA VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS CUSTOS COM CAPTAÇÃO E DESCARTE

A captação de água e o lançamento dos esgotos são custos variáveis atualmente de grande preocupação para as empresas em geral. Isto porque, já há algum tempo, a eliminação de desperdícios, como forma de reduzir custos diretos e melhorar o lucro torna-se a alternativa existente, diante da grande concorrência, proximidade entre mercados, difusão tecnológica, abertura de mercados externos entre outros.

Para justificar a inclusão do sistema de reúso foi necessário, também, quantificar os custos diretos com a captação de água e o descarte de efluentes.

Os resultados desta etapa se verificam a partir de agora.

5.3.1 Resultados da valoração econômica sem reúso

Atualmente, no município de Contagem/ MG, a captação de água via poços artesianos não é tarifada, sendo que apenas um valor simbólico anual para cadastro e outorga é feito.

Já para água captada via concessionária pública, a ARSAE-MG, que é a responsável por definir as tarifas no que se refere a captação, descarte e tratamento de água e efluentes no Estado. A nomenclatura utilizada para tal consiste em:

- Água: Abastecimento de água;
- EDC: esgotamento dinâmico com coleta;
- EDT: esgotamento dinâmico com coleta e tratamento;

Cada tipo de serviço (industrial, comércio, serviço público, residencial) e cada faixa de consumo recebe uma tarifação diversa.

Para a empresa em estudo, as tarifas aplicadas para cobrança da água e do esgoto são R\$ 6,642/m³ e R\$ 3,322/m³ respectivamente, tarifas essas obtidas junto à própria companhia de saneamento, através do Art. 1º da Resolução ARSAE-MG 20, de 11 de abril de 2012, já indicadas na figura 29 deste trabalho.

Assim, considerando o Balanço Hídrico sem reúso, da figura 42, onde o volume de água captado era de 4.645 m³/mês e o descarte de 3.480 m³/mês, as tarifas citadas e, aplicando-se as fórmulas apresentadas no capítulo 4, tem-se:

$$F = G_1 * T \quad (12)$$

Onde,

G_1 = consumo anual em m³ antes do projeto

T = taxa por m³ consumido (conforme intervalo de cobrança municipal)

F = custo com captação sem reúso

Assim,

$$F = (4.645 * 6,642)$$

$$F = 30.852,09$$

$$F = \mathbf{R\$30.852,09}$$

Considerando os valores anualizados, teria-se um custo anual de **R\$370.225,08** (trezentos e setenta mil, duzentos e vinte e cinco reais e oito centavos) em média.

Já considerando que **E**, seriam os custos com descarte anual de água antes do projeto, tem-se:

$$E = (t - t_1) * g_1 \quad (13)$$

Onde,

g_1 = descarte anual em m^3 antes do projeto

t = taxa por m^3 descartado sem tratamento (conforme intervalo de cobrança municipal).

t_1 = taxa por m^3 descartado com tratamento (conforme intervalo de cobrança municipal). **Neste caso não se aplica.**

Assim,

$$E = ((3.480 * 3,322)$$

$$E = 11.560,56$$

$$E = \mathbf{R\$11.560,56}$$

Considerando os valores anualizados, teria-se um custo anual de **R\$138.726,72** (cento e trinta e oito mil, setecentos e vinte e seis reais e setenta e dois centavos) em média.

Nestes termos, o custo total anual com captação de água e descarte de efluentes antes do projeto seria de **R\$508.951,80** (quinhentos e oito mil, novecentos e cinquenta e um reais e oitenta centavos) em média.

Como estes valores eram mensurados também via conta de água fornecida pela COPASA, pôde-se comprovar o número, tendo em vista, o custo anualizado apresentado de **R\$502.112,00** (quinhentos e dois mil cento e doze reais), obviamente, considerando as variações de captação e descarte possíveis.

5.3.2 Estimativa da valoração econômica com reúso

Se observarmos o Balanço Hídrico com reúso, da figura 50, onde o volume de água captado passaria a ser de 2.271 m^3 /mês (porém apenas 750 m^3 /mês via COPASA) e o descarte de 1.104 m^3 /mês, as tarifas citadas e, aplicando-se as fórmulas apresentadas no capítulo 4, tem-se:

$$f = G_2 * T \quad (14)$$

Onde,

G_2 = consumo anual em m^3 pós projeto

T = taxa por m^3 consumido (conforme intervalo de cobrança municipal)

f = custo com captação pós reúso

Assim,

$$f = (750 * 6,642)$$

$$f = 4.981,50$$

$$f = \mathbf{R\$4.981,50}$$

Considerando os valores anualizados, teria-se um novo custo anual de **R\$59.778,00** (cinquenta e nove mil, setecentos e setenta e oito reais) em média.

Já considerando que e , seriam os custos com descarte anual de água após o projeto, tem-se:

$$e = (t - t_1) * g_2 \quad (15)$$

Onde,

g_2 = descarte anual em m^3 pós projeto

t = taxa por m^3 descartado sem tratamento (conforme intervalo de cobrança municipal).

t_1 = taxa por m^3 descartado com tratamento (conforme intervalo de cobrança municipal) - **Neste caso não se aplica.**

Assim,

$$e = ((1.104 * 3,322)$$

$$e = 3.667,48$$

$$e = \mathbf{R\$3.667,48}$$

Considerando os valores anualizados, teria-se um custo anual de **R\$44.009,86** (quarenta e quatro mil, nove reais e oitenta e seis centavos) em média.

Nestes termos, o custo total anual com captação de água e descarte de efluentes após o projeto seria de **R\$103.787,86** (cento e três mil, setecentos e oitenta e sete reais e oitenta e seis centavos) em média.

5.3.3 Comparativo entre custos antes e pós sistema de reúso

Como pôde ser observado, a instalação de uma etapa de reúso, estatisticamente calculada, poderia trazer grandes economias a empresa.

A tabela 13, a seguir, resume os resultados planejados com a inclusão de uma etapa de reúso no processo:

Tabela 13: Comparativo dos custos com captação e descartes

TABELA EVOLUTIVA - CUSTOS COM CAPTAÇÃO E DESCARTE			
SITUAÇÃO	SEM REÚSO	COM REÚSO	% REDUÇÃO
Custos Captação	R\$ 370.225,08	R\$ 59.778,00	83,85%
Custos Despejos	R\$ 138.726,72	R\$ 44.009,86	68,27%
Custos Totais	R\$ 508.951,80	R\$ 103.787,86	79,61%

Assim percebe-se que a implantação do sistema de reúso implica em uma redução de mais de 80% dos custos com captação, além de reduzir outros 68% aproximados dos despejos de efluentes, que representa uma economia anual total superior a 400 mil reais.

Analisar os ganhos de projetos de reúso em comparação, pode ser complicado tendo em vista a especificidade de cada processo. Porém, interessante comparar os ganhos do projeto em tela, com o de outros casos de sucesso apresentados, a fim de identificar, em relação ao custo de implantação e operação, se o retorno financeiro esperado, atende aos padrões normais de eficiência de sistemas considerados bons no mercado. A tabela 14 a seguir, demonstra quais seriam estes ganhos comparativos entre as empresas apresentadas:

Tabela 14: Comparação dos custos entre empresas

TABELA 14: COMPARATIVO DE GANHOS FINANCEIROS ENTRE PROJETOS DE REÚSO			
SEGMENTO	EMPRESA/ LOCALIZAÇÃO	ITENS DE COMPARAÇÃO	
		Investimento + Custos (R\$)	Economia total reúso (R\$/ano)
Autopeças	Estudo de caso - Contagem	310.000	405.164
Automotivo	Fiat - Betim	9.000.000	9.000.000
Embalagens	São Paulo	96.000*	110.000
Metalúrgica	Rio de Janeiro	182.679	119.237
Papel e Celulose	Votorantim - Jacareí	4.000.000	2.400.000
Siderúrgica	Vandalia - Ohio - EUA	3.000.000	648.356

* Apenas custo operacional, pois a empresa não custeou a central de tratamentos.

Como é notório, pelo porte da empresa apresentada no estudo de caso, teve-se um custo de implantação baixo em comparação com os ganhos anuais com a redução do consumo de água e despejo de efluentes. Viu-se também que a relação do custo de implantação *versus* os ganhos foi maior na empresa em estudo que em todas as outras, favorecendo a conclusão de que o projeto é viável.

5.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

5.4.1 Representatividade da Variável V_A

No capítulo 4 foi estabelecida a premissa do que seria necessário para se considerar viável um projeto de reúso. Viu-se que o fator de grande referência para as empresas privadas no momento da decisão sobre implantação ou não de um sistema era a relação dos custos de implantação e operação *versus* os ganhos financeiros após o projeto. Isto era primordial, tendo em vista que alguns outros valores (ambientais, sociais entre outros) eram algumas vezes subjetivos e não permitiam uma comparação direta e matemática.

Esta premissa inicial culminou no estabelecimento da variável matemática V_A , que seria o **valor de viabilidade aceitável**, para considerar-se **de imediato** como viável e possível de ser implementado, qualquer projeto de reúso direto e planejado de águas residuárias. Para tanto, todo V_A que fosse maior ou igual a **1** deveria ser considerado como projeto aceitável e, para todo V_A menor que **1**, o projeto indicaria a necessidade de uma análise qualitativa para posterior tomada de decisões.

Esta variável seria o resultado da equação que levaria em consideração todos os custos envolvidos com a captação de água, com o descarte de efluentes, os operacionais, os de implantação, advindos de um balanço hídrico completo da empresa que planejar um sistema de reúso. Dado o grande detalhamento, pensa-se ser absolutamente confiável tal premissa.

Portanto, esse valor de $V_A \geq 1$ foi o definido como o **valor ótimo para V_A** .

Apesar da já demonstrada complexidade da fórmula, tem-se também que, essa premissa não tenha sido estabelecida aleatoriamente. Sabe-se que em indústria, normalmente se cria indicadores de performance e gestão, com metas anualizadas, para facilitar o controle. Como visto em análise bibliográfica, a relação de custo e benefício de um projeto, deve indicar um resultado onde os custos não superem os ganhos, para que fique evidenciada a eficiência do projeto. Neste ínterim, também para o projeto de reúso, deve ser considerada esta premissa, onde os custos operacionais somados aos custos de implantação, não devam superar os ganhos e a economia com o projeto.

Assim, uma empresa que conseguir em um ano recuperar o investimento aplicado, com certeza não precisa de outras análises qualitativas para iniciar um projeto de reúso de água.

5.4.2 Conclusões sobre as Limitações da Variável V_A previstas

Apesar da confiabilidade da equação proposta, no que se discerne a identificar matematicamente os projetos de reúso viáveis e os não viáveis em um primeiro momento, tem-se obviamente de algumas limitantes neste modelo.

Quando se faz o cálculo da viabilidade aceitável V_A para um projeto, não estão inclusos valores intangíveis que podem e devem influenciar muito na tomada de decisões. Por exemplo, quando se reduz o valor do consumo de água potável, bem como o descarte de efluentes, contribui-se diretamente para um maior equilíbrio dos ecossistemas

vizinhos, da disponibilidade de recursos em fontes naturais, do equilíbrio climático, entre outros. Quando se descarta menos efluentes, reduz-se os custos inerentes ao processo de tratamento, os produtos químicos algumas vezes elementares ao mesmo, o consumo de energia, os altos custos de manutenção de estações e redes.

Além disso, empresas ecologicamente sustentáveis têm normalmente maior facilidade em créditos, reduzem o risco do negócio, sem contar ainda, que o público consumidor cada vez mais se preocupa em buscar produtos de fontes mais limpas, posto que marcas sustentáveis, atraem bons negócios.

Destarte, a ausência destes elementos no cálculo da variável V_A é um limitante da mesma.

Outro fator importante de limitação é a tempística de retorno do projeto. Como a variável considera um resultado em um período apenas de um ano após a implantação, alguns projetos com grande ganho econômico, podem ainda erroneamente serem considerados inviáveis, caso a análise seja simplista pelo avaliador. Isto porque em alguns casos, um projeto de reúso demanda a construção de toda uma estrutura de tratamento entre outras alterações e, o retorno pode ser a maior prazo. Desta feita, o projeto poderia ser viável a longo prazo, mas não ser viável dentro do contexto da análise V_A .

Assim, tem-se que o modelo criado é um bom padrão para análise da viabilidade dos projetos ambientais de reúso, devendo, no entanto, no momento da tomada de decisões pela direção, serem consideradas todas as etapas resultantes das análises, e não somente o resultado de V_A .

5.4.3 Resultados da Análise de Viabilidade da Empresa

Observado todos os dados obtidos enquanto resultado, pode-se efetivar a aplicação do modelo matemático produzido, a fim de verificar a viabilidade do projeto de reúso planejado.

Relembrando o modelo, tinha-se que V_A era igual a **Viabilidade Aceitável** para um projeto de reúso, onde $V_A \geq 1$ era considerado **com projeto aceitável** e $V_A \leq 1$ o projeto indicaria a **necessidade de uma análise qualitativa**. Nestes termos se tinha que $V_A = B/C$, sendo B, os benefícios do projeto e, C, os custos do mesmo.

Considerando a equação 11, alhures disposta, temos o seguinte resultado:

$$V_A = \frac{((4.645 \cdot 12 \cdot 6,642) - (750 \cdot 12 \cdot 6,642)) + ((3.480 \cdot 12 \cdot 3,322) - (1.104 \cdot 12 \cdot 3,322))}{(250.000 + 60.000)}$$

$$V_A = 405.163,94/310.000,00$$

$V_A = 1,31$

Assim, tem-se como resultado um $V_A = 1,31$, que indica que, aquém de quaisquer análises qualitativas, o processo seria viável em termos econômicos e financeiros.

Neste caso o projeto seria viável, sem necessidade de outras análises qualitativas posteriores. Porém, caso um projeto encontre resultados menores que 1, interessante realizar estas análises considerando, por exemplo, alguns itens determinantes:

a) A redução da captação de água e do despejo de efluentes agrega valores sociais e ambientais à empresa, sua marca e seu produto, que não são mensuráveis monetariamente, mas que podem impactar diretamente nos negócios. Isto porque a cada dia a consciência aumenta e as pessoas passam cada vez mais a se preocupar com os recursos naturais e sua preservação, buscando inclusive fontes sustentáveis para o consumo.

b) Empresas sustentáveis ambientalmente possuem maior facilidade em buscar parcerias e investimentos, pela redução do risco do negócio.

c) Um ponto importante da análise financeira é que o modelo considera os ganhos em um ano como base de análise. Porém, sabe-se que alguns projetos, têm um valor de investimento inicial muito alto, mas que trazem resultados durante todos os demais anos a seguir, posto que, a amortização ainda possa ser interessante, dependendo do caso concreto.

d) Na maioria dos casos, as centrais de reúso estão vinculadas a enquadramento legal das empresas, condicionadas a construção de Estações de Tratamento e Reúso. Assim, algumas vezes o

investimento é alto, posto que a empresa faz a construção de todo o sistema, pelo que deve considerar também isso na tomada de decisões.

5.5 RESULTADOS COMPARATIVOS ENTRE EMPRESAS

O reúso da água tem se tornado uma alternativa importante para as empresas, não só como meio de atender demandas e desejos de sustentabilidade sócio-ambientais, mas por produzir resultados expressivos na redução dos custos variáveis com captação de água e descarte de efluentes. Destarte, como visto no presente estudo, o que se percebe é que atualmente o investimento em projetos visando a conservação e reúso da água vêm aumentando e se disseminando pelas várias regiões do mundo e do Brasil.

Inobstante o interesse, principalmente dos empresários, em buscar recursos para melhoria da gestão hídrica de suas empresas, ainda é majoritariamente da iniciativa privada as maiores iniciativas, posto que pouca é a legislação e os incentivos públicos neste sentido.

Para comprovar o impacto do reúso industrial direto e planejado, como instrumento de gestão social, econômica e ambiental das águas residuárias, inicialmente foi demonstrada a situação da demanda mundial, nacional e local, no que diz respeito a questão da água quanto elemento fundamental, bem como a urgência em criar medidas para preservá-la. Esta análise mostrou que atualmente é crescente essa demanda, principalmente industrial e agrícola, mas que existem soluções possíveis como, por exemplo, o reúso das águas residuárias na indústria, tendo sido apresentado os custos envolvidos, bem como as principais práticas aplicadas na atualidade pelas empresas.

Estas premissas foram comprovadas através de um estudo de caso em uma grande empresa, onde através de seu balanço hídrico foi possível quantificar o consumo de água, o despejo de efluentes e os custos relativos ao processo, culminando em uma análise de viabilidade.

Em termos da equação estabelecida como método, senão a viabilidade aceitável (V_A) do projeto em tela, conforme visto, teve-se como resultado do estudo de caso um $V_A = 1,31$, que indica que o projeto de reúso era viável de se realizar.

Relembrando os dados apresentados na tabela 3, do capítulo 3, pode-se confirmar o bom resultado de viabilidade dos projetos de reúso, considerando as empresas apresentadas como *benchmarking*. A Fiat Betim, por exemplo, em análise de viabilidade, apresentou um $V_A = 1,0$, posto que o investimento total com custos era de nove milhões, contra outros nove milhões de economia.

Como meio de confirmar os resultados allhures apresentados ao longo deste capítulo, traz-se a tabela 15, a seguir, que fornece uma base comparativa dos projetos de reúso apresentados como modelo, em relação ao estudo de caso aqui realizado:

Tabela 15: Comparativo da viabilidade dos projetos de reúso estudados

TABELA 15: COMPARATIVO DE VIABILIDADE ENTRE PROJETOS DE REÚSO					
SEGMENTO	EMPRESA/ LOCALIZAÇÃO	ITENS DE COMPARAÇÃO			
		Investimento + Custos (R\$)	Economia total reúso (R\$/ano)	Redução Captação (%)	Viabilidade (V_A)
Autopeças	Estudo de caso - Contagem	310.000	405.164	51	1,31
Automotivo	Fiat - Betim	9.000.000	9.000.000	50	1
Embalagens	São Paulo	96.000*	110.000	65	1,14
Metalúrgica	Rio de Janeiro	182.679	119.237	91	0,65
Papel e Celulose	Votorantim - Jacareí	4.000.000	2.400.000	34	0,6
Siderúrgica	Vandalia - Ohio - EUA	3.000.000	648.356	67	0,22

* Apenas custo operacional, pois a empresa não custeou a central de tratamentos.

Analisando a tabela 15 se percebe que parte dos projetos apresenta viabilidade inicial positiva, enquanto os outros dependeriam de análises posteriores com base em outros dados. Porém importante observar que, em todos os casos que a viabilidade foi menor que 1, as empresas tiveram de construir todo o sistema de tratamento privado para reúso. Assim, a criação deste patrimônio também foi considerada como parte da tomada de decisões, posto que o ganho nos outros anos amortizado favoreceria os lucros das empresas, por serem contínuos, contra um investimento inicial meramente fixo.

Inobstante, percebe-se como resultado que a empresa em tela teria o melhor resultado de V_A entre todas, mostrando que o projeto planejado é extremamente viável e eficiente.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

O reúso direto e planejado das águas residuárias se apresenta como uma alternativa viável para a melhor gestão hídrica e sustentável em fins ambientais, econômicos e sociais das indústrias na atualidade. Tal afirmativa pôde ser comprovada através das análises prévias realizadas, confirmadas nos resultados do estudo de caso e, nos comparativos feitos com outros projetos implementados em empresas de várias regiões do país.

A metodologia estabelecida como premissa favoreceu a criação de um padrão lógico e sequencial de atividades para se chegar aos resultados planejados, que ao fim forneceu dados objetivos e permitiu atingir as conclusões necessárias.

A respeito do balanço hídrico *versus* o custo efetivo com serviços de captação e descarte de efluentes, considerando a empresa em estudo, viu-se que, anteriormente ao projeto de reúso, havia um consumo elevado de água potável tanto no processo industrial quanto para consumo humano, que atingia 55.740 m³/ano para captação, e outros 41.760 m³/ano para descartes. Estes números representaram, em análise econômica, um alto custo anualizado de mais de 500 mil reais, resultados esses que não atendiam as metas previstas para tal recurso pela empresa.

Já a respeito da estimativa dos ganhos reais com o projeto de reúso, viu-se grande potencial de eficiência e eficácia, posto que, considerando dados após execução do projeto, mostrou-se que havia atendimento aos padrões de descarte determinados na legislação, bem como uma grande redução do consumo de água e dos descartes de efluentes, que atingiram valores de 51,11% e 68,27%, respectivamente. Estes números representaram, em análise econômica, uma redução de 79,61% dos custos totais iniciais, o que representou mais de 400 mil reais de economia por ano, um ótimo resultado em comparação com outros projetos descritos.

A necessidade de criar um mecanismo para análise de projetos de reúso que incluísse não somente os índices de ganhos sócio-ambientais, mas que justificassem claramente os investimentos econômicos aplicáveis, fomentou a produção de um modelo esquemático que indicou as etapas de planejamento a serem seguidas para a construção de um projeto. Este modelo subsidiou dados para aplicação de um modelo matemático que resultasse em uma construção numérica de dados, para

a tomada de decisões quanto a viabilidade ou não da aplicação dos recursos em um projeto ambiental de reúso direto planejado.

A respeito deste modelo matemático, chegou-se à variável V_A que, aplicada na equação proposta, indicaria o resultado da viabilidade ou não dos projetos. Tendo em vista os resultados específicos da empresa em tela, pôde-se efetuar a análise de viabilidade do projeto (V_A), que concluiu ser viável sua execução, tendo em vista o resultado $V_A = 1,31$, superior ao valor ótimo estabelecido de $V_A = 1,0$. A abrangência do modelo a outras empresas utilizadas como base comparativa mostrou que o projeto em tela era o de melhor resultado, apesar do ótimo resultado apresentado também pelos demais.

Apesar dos ótimos resultados algumas limitações foram encontradas com relação ao projeto de reúso proposto e ao modelo matemático criado. Em relação a este, viu-se que o mesmo deixava de considerar na base de cálculo fatores relevantes como o custo ambiental e os ativos intangíveis (ganhos com publicidade, marca, redução de passivos entre outros), bem como também permitia que uma análise simplista considerasse um projeto viável a longo prazo, como inviável de forma mediata, tendo em vista sua restrição quanto ao tempo de *pay-back*, senão apenas 12 meses. Já em relação àquele, viu-se que o tempo de coleta de dados poderia ser maior, garantindo um dimensionamento mais preciso para o projeto e um resultado mais seguro.

Não obstante as limitações, as informações geradas, principalmente por produzirem bases numéricas e quantitativas, e não somente qualitativas, forneceram ferramentas metodológicas para o bom planejamento de projetos de reúso. As tabelas, esquemas e gráficos propostos se apresentam como instrumentos para atingir de forma prática os resultados necessários. A facilidade de aplicação dos modelos esquemático e matemático propostos, atingindo bons resultados finais ao comprovar a eficiência dos projetos, pode demonstrar que este estudo reforça informações sobre o reúso como instrumento para uma melhor gestão social, ambiental e econômica das empresas. Isto porque fomenta a conservação da água potável e a redução dos descartes de efluentes, favorecendo ao melhor gerenciamento dos recursos hídricos.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Em virtude dos resultados, conclusões e limitações apresentados neste trabalho, torna-se relevante efetuar algumas recomendações:

a) Para confirmação da eficácia do modelo: aplicação deste modelo em outras empresas da região de modo a disseminar as boas práticas do reúso planejado e direto da água residual, favorecendo ao desenvolvimento sustentável das empresas e dos municípios.

b) Para identificação de oportunidades em gestão pública: desenvolver estudos que, com base na aplicação do modelo proposto para empresas de uma mesma localidade, comprovem o impacto que investimentos em projetos de reúso possam ocasionar para os resultados socioeconômicos não somente das empresas, mas de toda a região, de modo a fomentar o investimento em políticas públicas de incentivo a projetos ambientais.

c) Para propiciar elementos de consulta: produzir materiais de consulta e referência para uso das empresas e comitês gestores da região.

d) Para superar as limitações do projeto e do modelo: Desenvolver os modelos propostos, estabelecendo prazos e quantidades amostrais para coleta de dados. Além disso, estudar e desenvolver a equação matemática, estabelecendo variáveis que incluam na análise de viabilidade a mensuração dos valores ambientais, sociais entre outros, determinando uma equação de resultado quantitativo final, que agregue todos os multicritérios possíveis na tomada de decisão em um único parâmetro comparativo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADERASA – Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas. **Las tarifas de agua potable y alcantarillado en américa latina**. Assunção, Paraguai: ADERASA. Publicação Ano 2005. 93p. Disponível em: <http://www.wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2005/07/06/000011823_20050706103726/Rendered/PDF/Las0tarifas0de1llado0Borrador0Final.pdf>. Acesso em: 02 de Outubro de 2012.

ANGHER, Anne Joyce (Org.). **Vade mecum universitário de direito Rideel**. 12ª Ed. São Paulo: Rideel. 2012. (Coleção de leis Rideel).

ARCELORMITTAL, **Sustentabilidade**. 2012. Disponível em: <http://www.arcelor.com.br/sustentabilidade/aco_sustentavel/agua/agua.asp>. Acesso: em 15 set. 2012.

ARSAE - Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário (MG). **Resolução ARSAE nº. 20**: tarifas aplicadas aos usuários. Minas Gerais: 2012.

BAASCH, Sandra Sulamita Nahas. **Um sistema de suporte multicritério aplicado na gestão dos resíduos sólidos nos municípios catarinenses**. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia, Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/teses/sandra/index/index.htm>>. Acesso em 14 de Setembro 2012.

BALANÇO hídrico. **Wikipédia**. 01 de Julho. 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em 19 de Setembro de 2012).

BARBOSA, Jonei Cerqueira. **Modelagem Matemática na sala de aula**. Perspectiva, Erechim (RS), v. 27, n. 98, p. 65-74, junho/2003.

BRASIL. Lei 9.433 de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, 09 Jan. 1997.

CAMARGO, Vera Lúcia V. de. **Projeto Glossário: modelo matemático**. 2003. 8f. Disponível em: <<http://www.google.com.br/>>. Acesso em 13 de Setembro de 2012.

CAMPOS, Adalgisa Arantes; ANASTASIA, Carla Junho. **Contagem: origens**. Belo Horizonte: Mazza Edições. 1991.

CASTRO, Cynthia. Reúso de água. CNT Transporte Atual, Brasília, n.178, Jun. 2010. Disponível em: <<http://www.cntdespoluir.org.br/Lists/Contedos/DispForm.aspx?ID=2608>>. Acesso: em 02 set. 2012.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Implantação de tecnologias limpas na indústria de celulose e papel**. São Paulo. Julho de 2002. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/casos/caso07.pdf>. Acesso em: 26 de Setembro de 2012.

CEPAI – Centro de Pesquisa e Análise da Informação. **Análise das Tarifas e Progressividade da conta de água em 13 Estados brasileiros**, Julho 2009. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.secovirio.com.br/media/Analise%20sobre%20as%20tarifas%20de%20agua%20no%20Brasil%20-%20agosto-09.pdf>>. Acesso em: 24 de Setembro de 2012.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 357, 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 mar. 2005.

CONHEÇA a cidade de Contagem: história, aspectos políticos, econômicos e financeiros. **Contagem on-line**. Disponível em: <<http://www.contagem.mg.gov.br/>>. Acesso em: 09 e 10 de Agosto de 2012.

CONTAGEM. Lei 4.377 de 14 de Julho de 2010. Dispõe sobre a política municipal de saneamento básico, seus instrumentos e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Contagem, 14 Jul. 2010.

CURITIBA. Lei 10.785 de 18 de Setembro de 2003. Cria e institui o PURAE - Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. **Diário Oficial do Município**, Curitiba, 18 Set. 2003.

DISTRITOS Industriais da Cidade de Contagem. **CINCO on-line**. Disponível em: <<http://cinco.contagem.mg.gov.br/distritos-industriais.php>>. Acesso em: 15 de Agosto de 2012.

FATOR AMBIENTAL. **Projeto Técnico de Estação de Tratamento de efluentes (ETE)**. 2011. 100f. Projeto Técnico. São Paulo.

FATOR AMBIENTAL. **Tratamento e reúso de efluentes**: estudo de caso em uma empresa de embalagens de São Paulo. 2008. 6f. Projeto Técnico. São Paulo.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Conservação e Reúso de Água**: Manual de Orientações para o Setor Industrial. v.1. São Paulo: FIESP. 2004. 92p.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Reúso energético na VCP, unidade de Jacaréí**. São Paulo: FIESP. 2002. Disponível em:

<<http://www.fiesp.com.br/premioagua/cases/Votorantim%20Celulose%20e%20Papel%20-%20Unidade%20Jacare%C3%AD.pdf>>. Acesso em: 20 de Setembro de 2012.

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Manual de conservação e reúso da água na indústria**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: DIM. 2006. 29p.

FONSECA, Geraldo. **Contagem Perante a História**. Edição da assessoria de imprensa e relações públicas da prefeitura municipal de Contagem. Contagem: Pmc. 1978. 508p.

GANDRA, Alana. Consumo de água por habitante no Brasil é estável. **Agência Brasil**. 11 set. 2011. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2011-09-11/consumo-de-agua-por-habitante-no-brasil-e-estavel>>. Acesso em: 09 de Setembro de 2012.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reúso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios, recarga de Aquíferos. RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, v7. n4, out/dez. 2002. Disponível em:

<http://www.usp.br/cirra/arquivos/prof_potencial.pdf>. Acesso em 13 de Setembro de 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **O Brasil em números**. Rio de Janeiro: IBGE. 2008.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Enquadramento dos corpos de água**. Portal do Meio Ambiente. Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/enquadramento>>. Acesso em: 09 de Setembro de 2012.

LINO, Flávio Henrique. Exportação de água doce abre mercado promissor para o Brasil no século. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 07 ago. 2002.

LORENTZ, Juliana Ferreira; MENDES, Paulo André Barros. A água e sua distribuição espacial. **Revista das Águas**. 2º ano. N.º. 6. Jun. 2008. Disponível em: <<http://revistadasaguas.pgr.mpf.gov.br/edicoes-da-revista/edicao-06/artigos/a-agua-e-sua-distribuicao-espacial>>. Acesso em: 09 de Setembro de 2012.

LUZ, Luiz Augusto Rodrigues da. **A reutilização da água**: mais uma chance para nós. São Paulo: Qualitymark. 2005. 140p.

MACEDO, Antônio Barros de. **Águas e águas**. São Paulo: Ortofarma. 2000. 505p.

MIERZWA, José Carlos; HESPANHOL, Ivanildo. **Água na Indústria**: uso racional e reúso. São Paulo: Oficina de textos. 2005. 143p.

MIERZWA, José Carlos. **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria**: estudo de caso da KODAK Brasileira. 2002. 367f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós Graduação em Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa nº. 20, de 24 de junho de 1997. Dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos da região. **Diário Executivo de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 26 Jun. 1997.

MODELAGEM matemática. **Wikipédia**. 28 de Maio. 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em 11/09/2012).

NETO, Maria de Lourdes Fernandes. **Avaliação de parâmetros intervenientes no consumo per capita de água**: estudo para 96 municípios do Estado de Minas Gerais. 2003. 133f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte.

OLIVEIRA, Rodrigo Miarelli de. **Gestão de recursos hídricos**: um estudo de caso em indústria automobilística. Imediata, 2002. Disponível em:<<http://www.aea.org.br/aea2009/downloads/trabalhospremio/CategoriaResponsabilidadeAmbienta-MencaoHonrosa-RodrigoMiarellideOliveira.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2012.

ONU divulga projeção sobre população mundial. 28 out. 2011. **TERRA Notícias**. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/mundo/noticias/0,,OI5436036-EI294,00-ONU+divulga+projecao+sobre+populacao+mundial+veja+numeros.html>>. Acesso em: 03 de Agosto de 2012.

PAIVA, Rodrigo. Vista aérea do complexo industrial em Contagem. CINCO, 2012. 1 fot. Disponível em: <http://www.contagem.mg.gov.br/?es=historia_contagem&artigo=566778>. Acesso em 30 de Setembro de 2012.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. Pró-Reitoria de Graduação. Sistema de Bibliotecas. **Padrão PUC Minas de normalização**: normas da ABNT para apresentação de teses, dissertações, monografias e trabalhos acadêmicos. 9. ed. rev. ampl. atual. Belo Horizonte: PUC Minas, 2011. Disponível em: <<http://www.pucminas.br/biblioteca>>. Acesso em: 12 de Outubro de 2012.

QUANTO se gasta de água por dia. 15 jan. 2010. **Revista Planeta Sustentável**. Ed. Abril. Disponível

em:<<http://planetasustentavel.abril.com.br/download/stand2-painel5-agua-por-pessoa2.pdf>>. Acesso em: 08 de Agosto de 2012.

RELAÇÃO de custo-benefício. **Wikipédia**. 08 de Setembro. 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em 11/09/2012).

REÚSO de água. **CETESB on-line** – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em:

<<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/39-Reuso-de-%C3%81gua>>. Acesso em: 02 de Setembro de 2012.

REÚSO de água. O “reuso” reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. **Ambiente Brasil. Jornal Ambiente Brasil**. Disponível em:

<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_aguas_urbanas/reuso_de_agua.html>. Acesso em: 30 de Agosto de 2012.

RODRIGUES, Raquel dos Santos. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil**: proposta de regulamentação do reúso no Brasil. 2005. 177f. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós Graduação em Engenharia, São Paulo.

SILVA, Ana Karla et al. **Reúso de água e suas implicações jurídicas**. São Paulo: Navegar. 2003. 111p.

SILVA FILHO, Adão. **Tratamento terciário de efluente de uma indústria de refrigerantes visando ao reúso**: estudo de caso. 2009. 100f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Química, Rio de Janeiro.

TELLES, Dirceu D’Alkmin (Coord.); COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães (Coord.). **Reúso da água**: conceitos, teorias e práticas. 2ª Ed. São Paulo: Blucher. 2010. 408p.

TOMAZ, Plínio. **Economia de água para empresas e residências**: um estudo atualizado sobre o uso racional de água. São Paulo: Navegar. 2001.

TUCCI, Carlos; HESPANHOL, Ivanildo; NETTO, Oscar. **Gestão da água no Brasil**: Uma primeira avaliação da situação atual e das Perspectivas para 2025. Janeiro de 2000. Disponível em: <<http://www.rhama.net/download/artigos/artigo30.pdf>>. Acesso em: 23 de Agosto de 2012.

VOCAÇÃO industrial: histórico. **Relação Anual de Informações Sociais MTE/RAIS**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro Belo Horizonte. 2010. Disponível em: <<http://novo.contagem.mg.gov.br/?hs=303766&hp=741718>>. Acesso em: 15 de Agosto de 2012.