

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Edwilson Leite

Gerenciamento do uso da água em indústrias:
estudo de caso da Brasmetal Waelzholz, Diadema, São Paulo

São Paulo

2005

Edwilson Leite

**Gerenciamento do uso da água em indústrias:
estudo de caso da Brasmetal Waelzholz, Diadema, São Paulo**

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Gestão Ambiental

Orientador: Dr. José Luiz Albuquerque Filho

São Paulo

Setembro de 2005

Bendito sejas, ó Deus criador, pela água, criatura vossa,
fonte de vida para a terra e os seres que a povoam.
Bendito sejas, ó Pai providente, pelos rios e mares imensos,
pela bênção das chuvas, pelas fontes refrescantes
e pelas águas secretas do seio da terra.

Bendito sejas, ó Deus salvador, pela água feita vinho em Caná,
pela bacia do lava-pés e pela fonte regeneradora do batismo.

Perdoai-nos Senhor misericordioso,
pela contaminação das águas, pelo desperdício e pelo egoísmo
que privam os irmãos desse bem tão necessário à vida.

Dai-nos, ó Espírito de Deus, um coração fraterno e solidário,
para usarmos a água com sabedoria e prudência
e para não deixar que ela falte a nenhuma de vossas criaturas.

Ó Cristo, vós que também tivestes sede,
ensinai-nos a dar de beber à água viva
que brota de vosso coração e jorra a vida eterna. Amém.

(Oração da Campanha da Fraternidade – 2004)

DEDICATÓRIA

A Deus, que me cedeu o dom da vida e me permitiu realizar esse trabalho.

Aos meus pais, Nirceu e Zenaide que, além de terem sido as ferramentas usadas por Ele, para que eu viesse a esse mundo, me orientaram e, principalmente, forneceram-me os exemplos de dedicação, trabalho e honestidade.

À minha esposa Paula por sua compreensão, sua paciência e pelo apoio nos momentos mais difíceis.

E também ao meu irmão Beto, que onde quer que esteja, olhou e rezou por mim.

A todos vocês, que foram meu porto seguro, a minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Dr. José Luiz Albuquerque Filho, pelo apoio, paciência e tempo dedicados a mim durante a preparação desta dissertação e aos doutores Ângelo José Consoni e José Carlos Mierzwa pelas contribuições feitas a este trabalho.

Agradeço ao diretor industrial da Brasmetal Waelzholz, Dr. Antenor Ferreira Filho, que me incentivou a iniciar este projeto.

Agradecimento especial à minha amiga Dra. Zehbour Panossian que muito me ajudou na conclusão dessa dissertação.

Agradeço também aos meus colegas de mestrado: Valmir, Priscila, Lea, Roberto e Wilson que me apoiaram durante todo o curso.

Também agradeço aos meus colegas da equipe do Projeto Água, da Brasmetal Waelzholz, Camila, Denilton, Edson, Flavia, Heloize, Kleber, Sergio, Vanderley e Wilson pela troca de idéias e pelo auxílio na busca de informações e dados para conclusão desta dissertação.

RESUMO

Este trabalho, baseado no estado da arte do gerenciamento do uso da água na indústria, analisa criticamente o atual sistema de gerenciamento da Brasmatal Waelzholz S/A Indústria e Comércio, que é uma empresa que atua no ramo de relaminação de aço e possui, entre outros processos, decapagem química, laminação a frio, tratamento térmico e eletrodeposição.

Parte-se da descrição das atividades, das suas relações com o consumo de água e dos custos atuais relacionados a este consumo na planta.

Atenção especial foi dada à legislação aplicável, ao levantamento e análise de risco das fontes de abastecimento de água e aos custos referentes ao tratamento de efluentes.

Desenvolve-se, a partir desses dados, uma análise crítica de modo a fornecer a alta administração uma ferramenta importante para tomada de decisões que devem culminar na criação de um efetivo sistema de gerenciamento que objetive a redução do consumo de água e conseqüente redução do custo operacional referente à captação e tratamento deste recurso natural.

O levantamento de dados realizado baseou-se no mapeamento de todo processo produtivo, com ênfase nas etapas nas quais havia consumo de água. Dentre essas etapas, foram selecionadas aquelas em que o consumo era significativo. Em seguida, foram caracterizadas as falhas do sistema e, finalmente, foram sugeridas ações para melhoria do sistema de gerenciamento e dos processos industriais.

Os resultados alcançados até o momento, em relação à redução do consumo de água, com o trabalho realizado pela equipe responsável pelo gerenciamento na Brasmatal Waelzholz, foram da ordem de 60% e demonstram a importância da implementação do gerenciamento do uso da água.

Fica evidente que a implementação das diretrizes apresentadas neste trabalho, entre elas o PCA - Programa de Conservação de Água, assegurarão a manutenção dos índices de consumo e, acima de tudo, a busca por resultados superiores. Estima-se que esses resultados resultariam numa redução de no mínimo 30 % no atual consumo de água. Esta quantidade representaria uma economia anual da ordem de R\$ 217.632,78.

Com a implementação destas diretrizes a empresa conseguirá atingir seus objetivos, que são de crescimento de suas atividades, de forma sustentável, em relação ao uso da água.

Palavras-chave: Água; Gerenciamento; Consumo; Relaminação; Aço; Indústria.

ABSTRACT

This dissertation, based on the state of the art of water management use in the industry, analyzes the Brasmetal Waelzholz S/A Indústria e Comércio current water management system.

This company acts in the branch of cold rolling mill with chemical pickling, annealing and electroplating process.

First, the activities in such a system are outlined, their relations with the water consumption and the current costs in the plant. Second, a critical analysis is developed in order to supply the administration with an important tool for decision making, which should lead to the creation of an effective management system aiming at the water consumption reduction and thus a reduction of the related operational cost of water exploitation and treatment.

Special attention was given to the applicable legislation, to the water supply sources risks and to the wastewater treatment costs.

Collected data were based on the description of all productive process stages, especially those with any kind of water consumption. Within this scope, selected stages were those where water was intensely used. After that, failures in the system were characterized and finally, actions for improvements in the management system and in the industrial processes were suggested.

The team responsible for the current water management in Brasmetal Waelzholz has obtained 60% of water saving until now. This shows how important the correct management of water in the industry is.

More than 30% of water saving, that represents R\$ 217.632,78 by year, can be achieved if a WCP is established.

It is evident that the implementation of improvements, presented in this work, among them, the WCP – Water Conservation Program, will assure the maintenance of the indexes of consumption and the search for superior results.

Thus, the company will achieve the target of its activities growth in a sustainable way.

Keywords: Water; Management; Consumption; Cold rolling mill; Steel; Industry

Lista de figuras

Figura 1	Planta da empresa.....	3
Figura 2	Fluxo de produção.....	5
Figura 3	Principais etapas do processo de relaminação	6
Figura 4	Principais aplicações dos produtos da Brasmetal Waelzholz.....	8
Figura 5	Distribuição de consumo de água por atividade	17
Figura 6	Distribuição do consumo de água por atividade no Estado de São Paulo em 1990.....	17
Figura 7	Previsão de distribuição do consumo de água por atividade no Estado de São Paulo em 2010.....	18
Figura 8	Resumo dos principais aspectos de um PCA.....	26
Figura 9	Usos típicos da água na indústria.....	27
Figura 10	Mancha em aço-carbono, proveniente de contaminação da água de lavagem por cloreto.....	30
Figura 11	Mancha em aço-carbono revestido com cobre, proveniente de contaminação da água de lavagem por sólidos dissolvidos.....	30
Figura 12	Lavagem com <i>skip</i>	39
Figura 13	Esquema de tanques de lavagem com entrada individual	40
Figura 14	Esquema de tanques de lavagem com sistema em cascata.....	40
Figura 15	Gerenciamento do uso da água: demanda e oferta.....	41
Figura 16	Fluxo simplificado do processo de decapagem química	43
Figura 17	Detalhe do sistema de lavagem do processo de decapagem química.....	45
Figura 18	Ilustração esquemática do processo de laminação.....	48
Figura 19	Ilustração esquemática da refrigeração dos rolos transmissores de energia.....	50
Figura 20	Distribuição do percentual de consumo por atividade.....	52
Figura 21	Distribuição do percentual de consumo por atividade com somatória dos consumo Decapagem e Eletrodeposição.....	52

Figura 22	Gráfico da evolução do consumo de água de caminhões-pipa.....	55
Figura 23	Gráfico da evolução do preço da água de caminhões-pipa.....	55

Lista de quadros

Quadro 1	Casos de sucesso de indústrias que implementaram diretrizes de um PCA.....	12
Quadro 2	Disponibilidade hídrica no mundo.....	13
Quadro 3	Resumo das principais leis, decretos e resoluções federais sobre o uso da água.....	19
Quadro 4	Resumo das principais leis, decretos, resoluções e portarias estaduais sobre o uso da água.....	21
Quadro 5	Descrição e principais elementos previstos nos programas de conservação da água.....	25
Quadro 6	Problemas causados aos processos industriais devido às impurezas contidas na água	29
Quadro 7	Parâmetros que interferem no consumo de água do processo de decapagem....	44
Quadro 8	Parâmetros de controle da lavagem no processo de decapagem ácida.....	46
Quadro 9	Outras atividades consumidoras de água no processo de decapagem ácida.....	47
Quadro 10	Atividades consumidoras de água no processo de eletrodeposição.....	50
Quadro 11	Itens do PCA implementados ou em fase de implementação na empresa	64

Lista de Tabelas

Tabela 1	Percentual de água doce e de população por região no Brasil.....	14
Tabela 2	Disponibilidade hídrica de alguns estados no Brasil.....	14
Tabela 3	Usos múltiplos por continente em km ³ /ano – base 1995.....	16
Tabela 4	Parâmetros de controle de qualidade de água – Eletrodeposição.....	31
Tabela 5	Parâmetros de controle de qualidade de água – Laminação.....	31
Tabela 6	Requisitos de qualidade de água – dados dos processos.....	31
Tabela 7	Valores de pH dos tanques de <i>spray</i>	45
Tabela 8	Consumo de água em m ³ – 2004.....	51
Tabela 9	Quantidade de água por fonte de abastecimento – 2004.....	53
Tabela 10	Comparativo de consumo e custo da água – Caminhões-pipa – 2001 a 2005..	54
Tabela 11	Comparativo de consumo e custo de água – Concessionárias – 2004 e 2005..	54
Tabela 12	Fontes de abastecimento e riscos associados.....	56
Tabela 13	Comparativo entre demanda e oferta de água – 2004.....	56
Tabela 14	Custo do tratamento de efluentes – 2005 (previsão).....	57
Tabela 15	Custo da utilização de água na planta – 2005 (previsão).....	58
Tabela 16	Comparativo entre as quantidades de água captada e lançada.....	58

Lista de abreviaturas e siglas

ABRH	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CIESP	Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
CNBB	Conferência Nacional dos Bispos do Brasil
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	International Organization for Standardization
MINTER	Ministério do Interior
NBR	Norma Brasileira
PCA	Programa de Conservação de Água
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PURA	Programa de Uso Racional de Água
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANED	Companhia de Saneamento de Diadema
ONU	Organização das Nações Unidas
UFESP	Unidade Fiscal do Estado de São Paulo
USP	Universidade de São Paulo
WAVE	Saver Water Management Software

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA ESTUDADA	2
1.1.1	NATUREZA DAS ATIVIDADES	4
1.1.2	FLUXO DE PRODUÇÃO	4
1.1.3	PRINCIPAIS PRODUTOS, APLICAÇÕES E MERCADOS DE ATUAÇÃO	8
2	OBJETIVOS	9
2.1	GERAIS	9
2.2	ESPECÍFICOS	9
3	METODOLOGIA	10
4	GERENCIAMENTO DO USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA	11
4.1	MOTIVAÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DO GERENCIAMENTO DO USO DA ÁGUA	12
4.1.1	O PROBLEMA DA ESCASSEZ E DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO MUNDO E NO BRASIL	13
4.1.2	USOS DA ÁGUA	15
4.1.3	LEGISLAÇÃO E COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA	18
4.1.3.1	Legislação Federal	18
4.1.3.2	Legislação Estadual	21
4.1.3.3	Cobrança pelo uso da água	22
4.1.3.4	Considerações	23
4.2	PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA (PCA)	24
4.2.1	SETORIZAÇÃO E MONITORAMENTO	26
4.2.1.1	Usos da água na indústria	27
4.2.2	REQUISITOS DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA USO INDUSTRIAL	28
4.2.3	FONTES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	31
4.2.3.1	Concessionárias	31
4.2.3.2	Captação direta de mananciais	32
4.2.3.3	Águas subterrâneas	32
4.2.3.4	Águas pluviais	33
4.2.3.5	Reúso de água	33
4.2.3.6	Compra de empresas que fornecem por meio de caminhões-pipa	34
4.2.4	OTIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA	35
4.2.4.1	Tipos de lavagem e técnicas de otimização em sistemas de lavagem	35
4.2.4.2	Técnicas de Lavagem	36
4.2.4.3	Técnicas de otimização em sistemas de lavagem	36
5	DEMANDA E OFERTA DE ÁGUA	41
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS CONSUMIDORES DE ÁGUA	42
5.1.1	DECAPAGEM ÁCIDA	42
5.1.2	CORTE E RECORTE	47
5.1.3	RELAMINAÇÃO (DESBASTE E ACABAMENTO)	47

5.1.4	TRATAMENTO TÉRMICO (RECOZIMENTO EM CAIXA)	49
5.1.5	ELETRODEPOSIÇÃO (LINHAS DE REVESTIMENTO)	49
5.2	LEVANTAMENTO DE DADOS DE CONSUMO DAS PRINCIPAIS ETAPAS	51
5.3	FONTES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DISPONÍVEIS E CUSTOS ENVOLVIDOS	53
5.3.1	RISCOS POTENCIAIS EM CADA FONTE	56
5.4	COMPARATIVO DE DADOS DE DEMANDA E OFERTA	56
5.5	TRATAMENTO DE EFLUENTES: CARACTERÍSTICAS E CUSTOS ENVOLVIDOS	57
5.6	CUSTO TOTAL: CAPTAÇÃO DE ÁGUA E TRATAMENTO DE EFLUENTES	57
6	GERENCIAMENTO DO USO DA ÁGUA NA EMPRESA	59
7	DIRETRIZES PARA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA - PCA	61
7.1	GERENCIAMENTO DO USO DA ÁGUA	61
7.1.1	PLANEJAMENTO	61
7.1.2	LEVANTAMENTO DE DADOS PARA AVALIAÇÃO TÉCNICA PRELIMINAR	61
7.1.3	AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA	62
7.1.4	AVALIAÇÃO DA OFERTA DE ÁGUA	62
7.1.5	SETORIZAÇÃO E MONITORAMENTO DO CONSUMO	62
7.1.6	DIAGNÓSTICO	62
7.1.7	AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA	63
7.1.8	PLANOS DE INTERVENÇÃO E CONTINUIDADE DO PROGRAMA	63
7.1.9	GESTÃO DO CONSUMO COM A INTEGRAÇÃO AO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA	64
7.2	PROCESSOS INDUSTRIAIS	65
7.2.1	PROCESSOS EM GERAL	65
7.2.2	DECAPAGEM	65
7.2.3	RELAMINAÇÃO E TRATAMENTO TÉRMICO	65
7.2.4	ELETRODEPOSIÇÃO – LINHAS DE REVESTIMENTO	66
8	CONCLUSÕES	67
9	RECOMENDAÇÕES	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1 INTRODUÇÃO

Sem citar seu principal objetivo que é o de manter a vida na Terra, a água tem sido utilizada, desde os primórdios da humanidade, para outras inúmeras atividades, de fundamental importância para o desenvolvimento das civilizações. Dentre essas, destacam-se as atividades industriais, que são grandes consumidoras de água, em seus mais diversos processos.

O entendimento de que a água era um bem infinito levou as indústrias a projetarem processos que não privilegiavam sua economia e que, ao contrário, utilizavam grandes quantidades de água em suas plantas. Isso tem como consequência direta a ocorrência de grandes desperdícios, nas mais diferentes atividades industriais.

Com o advento da cobrança pelo uso da água e dos aumentos de preço da água proveniente de concessionárias e outras fontes, a questão tornou-se, além de ambiental, também de ordem financeira.

Assim, torna-se imprescindível que as indústrias implementem ou melhorem seus sistemas de gerenciamento do uso da água, de modo a utilizá-la de maneira sustentável.

O presente trabalho propõe-se a analisar criticamente a maneira como a Brasmetal Waelzholz, indústria de relaminação de aço, situada na Grande São Paulo, gerencia o uso da água em suas atividades.

A partir dessa análise crítica, pretende-se propor alternativas que visem ao uso sustentável da água na indústria, contribuindo, por conseguinte, na redução dos custos relacionados com a compra e tratamento da água e, principalmente, na conservação deste bem essencial à vida humana.

A escolha do tema deu-se pela visualização da oportunidade de contribuir na concepção de um sistema de gerenciamento do uso da água que preencha os vazios nos procedimentos existentes nessa e em outras unidades industriais.

A Brasmetal Waelzholz tem como principal atividade a relaminação de tiras de aço que são fornecidas para diversos fins. Nessa atividade, operações de decapagem, laminação, tratamento térmico e eletrodeposição são as que mais demandam água e, por esse motivo, serão discutidas neste trabalho. Juntas, as atividades de decapagem e eletrodeposição, representam aproximadamente metade da demanda por água e tem como principal característica os processos de lavagem de tiras de aço. Esses processos e suas técnicas serão também apresentados e discutidos aqui.

O trabalho está dividido em capítulos nos quais estão descritos, de forma resumida, os objetivos gerais e específicos, assim como a metodologia utilizada para realização da pesquisa.

A revisão da literatura apresenta o estado da arte do gerenciamento do uso da água na indústria, dando ênfase às motivações para implementação do gerenciamento do uso da água e aos programas de conservação da água (PCA).

O capítulo “Demanda e oferta de água” descreve as principais atividades consumidoras de água e a análise crítica destes processos, além de apresentar os principais usos da água na indústria em questão, os dados de demanda e oferta de água, as fontes de abastecimento, o tratamento de efluentes e, finalmente, os custos envolvidos na captação de água e no tratamento dos efluentes.

A partir da análise crítica dos processos são discutidas diretrizes para um gerenciamento eficaz do uso da água na planta em questão, com destaque para a implementação de um PCA – Programa de Conservação da Água, que abrange a otimização do uso da água, incluindo

também as diretrizes para melhorias nos processos e a integração ao sistema de gestão da empresa.

Finalmente, o capítulo “Conclusões” sintetiza o trabalho realizado, demonstrando a importância do gerenciamento do uso da água na indústria.

A seguir é apresentada, resumidamente, a descrição da indústria em questão, dando ênfase aos processos produtivos.

1.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA ESTUDADA

Neste capítulo, será feita uma breve apresentação da indústria, utilizada como estudo de caso, de modo a situar o gerenciamento do uso da água no contexto particular dos seus processos produtivos.

A figura 1 apresenta a planta da empresa, com destaque para os processos que têm maior impacto no consumo de água.

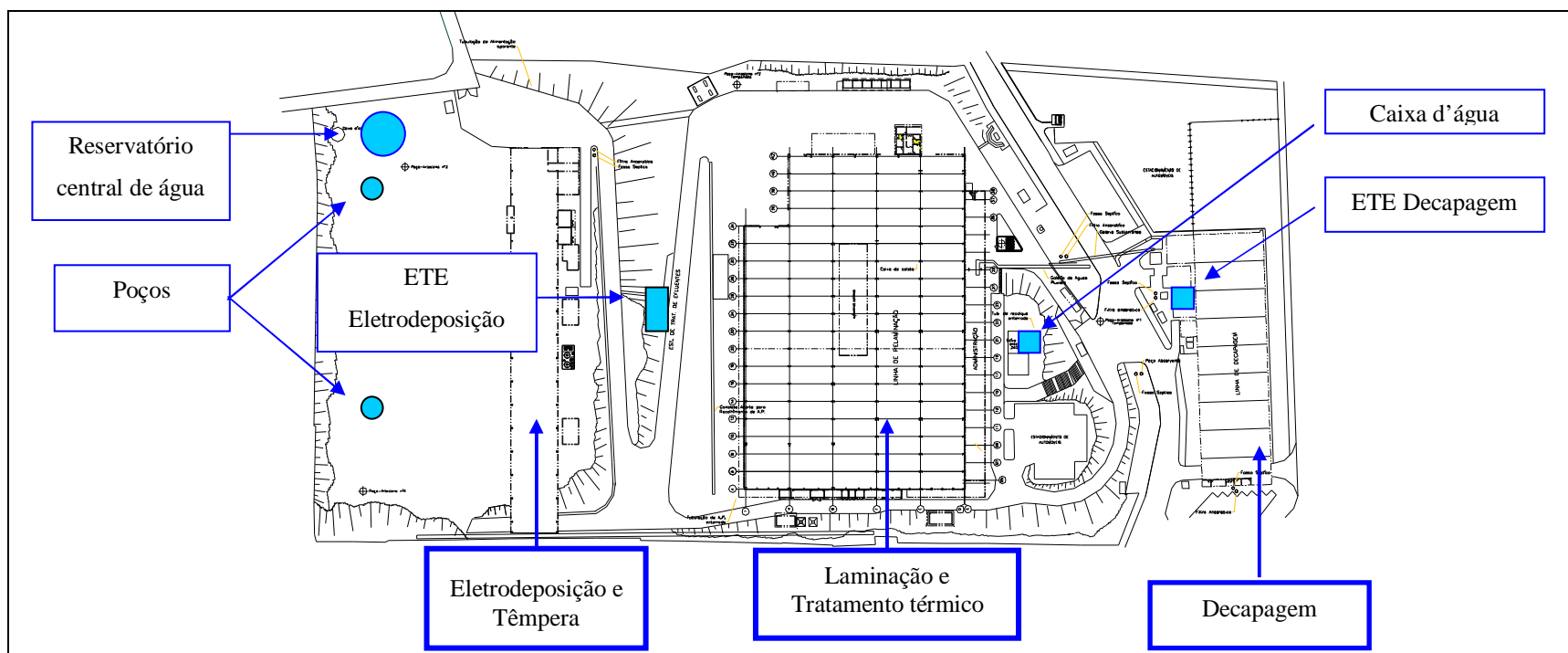


Figura 1 – Planta da empresa

Fonte: Brasmetal Waelzholz, 2005.

1.1.1 Natureza das atividades

A Brasmetal Waelzholz é uma das empresas líderes em relaminação de tiras de aço na América Latina, com mais de 30 anos de atuação neste mercado.

Localizada na região da Grande São Paulo, ocupa área total de 78.152 m², sendo 25.164 m² de área construída, que é dividida em três plantas. Emprega aproximadamente 430 colaboradores diretos e 50 indiretos. Sua capacidade de produção é da ordem de 84.000 toneladas/ano de aço relaminado.

Seus clientes são as indústrias de produtos eletroeletrônicos, de materiais para escritório, de rolamentos, de correntes, de autopeças, de eletrodomésticos e de ferragens, entre outros. As aplicações dos produtos são bastante diversificadas, incluindo tiras utilizadas em rolamentos, pilhas alcalinas, autopeças e ferragens.

Fornecedora mundial de tiras de aço, a indústria destina cerca de 20% de sua produção ao mercado externo. Atende a dezenas de países, nos cinco continentes, e detém experiência para produzir e fornecer produtos de acordo com as mais exigentes especificações de material e embalagem.

A empresa possui um sistema de gestão integrado que assegura o atendimento às diretrizes das normas ISO 9001:2000, ISO TS 16949:2002 e ISO 14001:1996.

1.1.2 Fluxo de Produção

O fluxo de produção e a descrição das principais etapas do processo produtivo de uma indústria de relaminação a frio de aço estão descritos nas figuras 2 e 3.

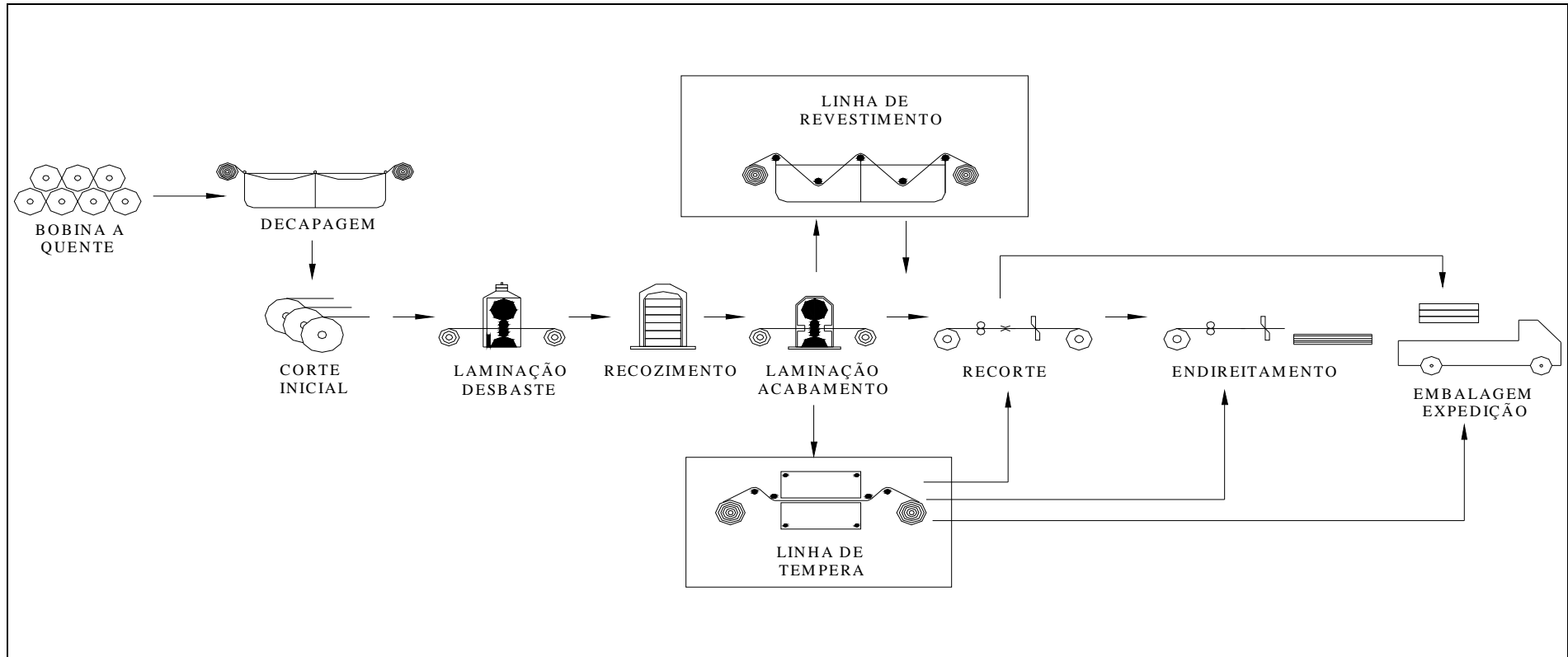


Figura 2. Fluxo de produção

Fonte: Brasmetal Waelzholz, 2005.



Recebimento

Antes do início do processo produtivo, toda matéria-prima é analisada de forma a assegurar o atendimento às especificações.



Decapagem química

Tem como objetivo remover os óxidos de ferro provenientes da laminação à quente.



Corte

Visa adequar a largura da tira de aço à capacidade de laminação



Laminação a frio (desbaste)

Reduz a espessura do aço laminado a quente para uma espessura próxima à desejada pelo cliente, além de promover melhor acabamento de superfície e adequação dimensional da tira.



Recozimento

Promove a recristalização e coalescimento de carbonetos, de forma a restaurar a ductilidade do material.

Figura 3. Principais etapas do processo de relaminação

Fonte: Brasmatal Waelzholz, 2005.



Figura 3. Principais etapas do processo de relaminação

Fonte: Brasmetal Waelzholz, 2005. (continuação)

1.1.3 Principais produtos, aplicações e mercados de atuação

São produzidas tiras de aço de baixo, médio e alto teor de carbono, bem como tiras de aço de baixa liga e microligadas que podem ser fornecidas com tratamento de superfície, revestidos de zinco, zinco-níquel, cobre, latão, fosfato de zinco ou estanho, além de tiras de aço temperadas. Em geral, os produtos fornecidos sofrem processos de conformação mecânica e acabamento superficial para se transformarem em produtos finais aos consumidores.

As principais aplicações produzidas com os produtos processados na indústria em questão podem ser observadas na figura 4.



Figura 4. Principais aplicações dos produtos da Brasmatal Waelzholz

Fonte: Brasmatal Waelzholz, 2005.

Os principais mercados de atuação são formados pelos seguintes segmentos: automobilístico, autopeças, eletroeletrônicos, eletrodomésticos, bicicletas e motocicletas, construção civil, equipamentos industriais, máquinas e equipamentos agrícolas, cutelaria e ferramentaria, ferragens em geral, componentes mecânicos, artigos para escritórios, utensílios domésticos, mobiliário, vestuário e calçados.

2 OBJETIVOS

2.1 Gerais

O presente trabalho propõe-se a analisar criticamente o sistema de gerenciamento do uso da água, atualmente implantado na Brasmetal Waelzholz, e estabelecer diretrizes para implementação de um PCA - Programa de Conservação da Água, de forma a reduzir o consumo de água e contribuir, por conseguinte, para a diminuição dos custos relacionados com a compra de água e com o tratamento de efluentes e na conservação deste bem essencial à vida humana.

2.2 Específicos

Os objetivos específicos são os seguintes:

- a) identificar e caracterizar os processos que mais consomem água na indústria em questão;
- b) apresentar as principais fontes de abastecimento de água para essa indústria, suas características e custos;
- c) apresentar o levantamento de dados de consumo setorizado; e
- d) apresentar e analisar criticamente o sistema de gerenciamento atualmente utilizado, propondo melhorias relacionadas aos processos industriais e ao gerenciamento.

3 METODOLOGIA

Foi empregado o método de estudo de caso, no qual se utilizaram levantamentos *in loco* com foco nas principais atividades consumidoras de água, de modo a descrever e analisar criticamente a situação atual do gerenciamento do uso da água na Brasmetal Waezholz.

A coleta de informações deu-se por meio de visitas às instalações, entrevistas com os profissionais responsáveis pelas atividades e coleta de dados existentes.

O estudo de caso compreendeu atividades preliminares, relativas à escolha do tema, concepção da forma de pesquisa e execução do levantamento bibliográfico.

Para execução do levantamento bibliográfico foi realizada pesquisa em bibliotecas, entidades e sítios da rede mundial de computadores, objetivando buscar literaturas e dados atualizados e relevantes.

A tratativa e análise de dados consistiram nas seguintes etapas:

- a) compilação dos dados de demanda e oferta de água nos diversos processos, baseado no histórico disponível na empresa;
- b) análise crítica do sistema de gerenciamento do uso da água existente, baseado no estado da arte do tema e no conhecimento dos problemas da planta;
- c) avaliação da possibilidade de utilização de novas técnicas para otimização do uso da água nos processos; e
- d) concepção da redação final do texto.

4 GERENCIAMENTO DO USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA

Inicialmente, serão apresentados alguns conceitos de gerenciamento e a definição focada no uso da água na indústria. A seguir, serão apresentadas as principais motivações para implementação do gerenciamento do uso da água na indústria, com enfoque nos casos de sucesso de empresas que implementaram ações desse gênero, no problema da escassez de água nos seus usos em geral e na legislação e cobrança pelo uso da água, uma vez que é importante a relação com a legislação relativa à captação e também ao lançamento nos corpos d'água.

Finalmente, serão apresentados os principais aspectos dos programas de conservação da água, que serão os pilares para a determinação das diretrizes para implementação de um programa de conservação da água na indústria deste estudo de caso.

Os termos “gerenciamento” e “gestão”, dependendo do autor, são sinônimos ou termos complementares. Há várias definições de gerenciamento na literatura disponível: “*Ato ou efeito de gerenciar, administrar, gerir, organizar um conjunto de operações*” é a definição dada pelos dicionários Houaiss e Michaelis.

Já o Glossário de Termos Hidrológicos da Agência Nacional de Águas – ANA (2005), traz uma definição voltada para o assunto água e define a gestão das águas como sendo o planejamento da distribuição e utilização dos recursos hídricos. A mesma ANA (2005) fornece uma definição mais abrangente como sendo “o conjunto de atividades de planejamento, manejo e monitoramento dos recursos hídricos de um manancial ou bacia, considerando os aspectos econômicos, sociais e ambientais”.

Setti et al. (2001) também traz uma definição mais abrangente e similar a anterior. Segundo ele “*gestão de recursos hídricos é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa da água, bem como fazer o uso adequado, visando à otimização dos recursos em benefício da sociedade*”.

Para este trabalho será adotada uma definição conjunta dos conceitos apresentados. Tem-se então a seguinte definição: gerenciamento ou gestão do uso da água na indústria é a administração do conjunto de atividades de planejamento, utilização, monitoramento e controle, incluindo o tratamento para lançamento no corpo d'água, que visem à otimização do uso da água.

Para implementação do gerenciamento, de forma efetiva, conforme descrito, é necessária motivação por parte da alta direção da empresa, para que sejam disponibilizados os meios para implementação de obras e medidas recomendadas (SETTI et al., 2001). Essa motivação é reforçada pela escassez relativa da água, com conseqüente elevação dos seus custos e, principalmente, pela necessidade de preservação para as futuras gerações.

Setti et al. (2001) observam que, historicamente, essa gestão tem acontecido em países ou regiões nos quais a carência de água decorre da aridez do clima e/ou da poluição dos recursos hídricos existentes, havendo, portanto, limitação ao desenvolvimento econômico e social. Observam ainda que, somente na década de 60, países como Estados Unidos, França, Alemanha e Grã-Bretanha demonstraram esforços para recuperação e conservação da água.

A gestão da água é constituída de (SETTI et al., 2001):

- a) política, que estabeleça diretrizes gerais;
- b) modelo de gerenciamento, que estabeleça a organização legal e institucional; e
- c) sistema de gerenciamento, que reúna os instrumentos para o preparo e execução do planejamento do uso, controle e proteção das águas.

O gerenciamento de um recurso ambiental escasso, como a água, deve ser realizado a partir do gerenciamento da sua oferta e dos seus múltiplos usos, ou seja, das diversas fontes de abastecimento e das diversas demandas relacionadas aos processos industriais.

4.1 Motivações para implementação do gerenciamento do uso da água

Há vários motivos para implementar um sistema de gerenciamento de recursos hídricos na indústria. Entre eles destacam-se:

- a) disponibilizar a água para fins mais nobres como, por exemplo, o consumo humano;
- b) reduzir custos e assim aumentar a lucratividade da empresa; e
- c) melhorar o desempenho ambiental e a imagem da empresa junto às partes interessadas.

A importância na redução dos custos será ainda maior quando a cobrança pelo uso da água for implantada em todas as bacias. Mesmo nos ramos de atividade industrial, nos quais a água ainda não é vista como um insumo, haverá a necessidade de ações que visem o seu uso racional.

Iniciativas governamentais e não-governamentais têm sido lançadas com o objetivo de fornecer diretrizes para a implementação de programas de conservação da água.

Algumas indústrias têm se preocupado com a questão da água e têm implementado parcial ou completamente as diretrizes desses programas e atingido resultados relevantes. Alguns desses resultados podem ser verificados no quadro 1, a seguir:

Casos de sucesso	Exemplos de ações implementadas	Resultados obtidos
PURA USP ⁽¹⁾	Monitoramento setorizado e manutenção corretiva de vazamentos.	De 1998 a 2004 houve redução de 44 % no consumo, passando de 137.881 para 77.574 m ³ /mês. Em relação à tarifa, houve aumento de 1997 a 2004, de 80 %, porém os gastos com água e esgoto foram reduzidos de 17,57 para 13,62 milhões de reais/ano.
BSH Continental Eletrodomésticos Ltda. ⁽²⁾	Reúso	Redução de 30% no consumo de água que corresponde a, aproximadamente, 26.000 m ³ /ano e que representa economia de R\$ 135.000,00/ano.
Kodak Brasileira Comércio e Indústria Ltda ⁽³⁾	Otimização do uso de água no processo e treinamento para conscientização dos colaboradores.	Redução de consumo de água em 63 % e ganho de produtividade de 912 horas/ano.
Companhia Brasileira de Bebidas – Filial Jaguariúna ⁽³⁾	Monitoramento setorizado, manutenção corretiva de vazamentos, otimização do uso de água no processo, reúso e treinamento para conscientização dos colaboradores.	Redução de 7,20 para 5,89 litros de água por litro de bebida e economia de R\$ 249.503,00/ano.
Rohm and Haas Química Ltda ⁽³⁾	Otimização do uso da água no processo, por meio da troca de equipamentos.	Redução de consumo de água da ordem de 1.150 m ³ /mês e economia de R\$ 420.000,00/ano, na somatória dos ganhos de produtividade e redução de insumos.

Quadro 1 – Casos de sucesso de indústrias que implementaram diretrizes de um PCA.

Fonte: (1) PURA-USP, 2005; (2) FIESP, 2005; (3) CETESB, 2005.

4.1.1 O problema da escassez e a disponibilidade hídrica no Mundo e no Brasil

Antes de iniciar o assunto do gerenciamento do uso da água na indústria, faz-se necessário um breve capítulo sobre o problema da escassez de água, de forma a demonstrar a importância de ações que visem o uso racional deste recurso natural.

Este capítulo apresenta os problemas de escassez de água no Mundo e no Brasil e as diversas iniciativas de governos e sociedade civil relacionadas ao assunto.

Planeta Terra, o lugar em que vivemos. Talvez fosse mais correto se o chamássemos de Planeta Água já que aproximadamente 2/3 dele são formados por água. O problema está no fato de que 97,5 % desse total são formados por água salgada, somente 2,5 % são de água doce, sendo que ainda muito menos do que isso está disponível para o nosso consumo (Agência Nacional de Águas, 2005). Esse bem da humanidade, essencial à manutenção da vida na Terra, tem sido utilizado desde os primórdios da humanidade também para outros inúmeros fins de fundamental importância para o desenvolvimento das civilizações.

Mesmo sendo considerada pela maioria como um bem infinito, a água, em determinadas regiões do Planeta, sempre foi de difícil captação.

Atualmente, a preocupação vem crescendo a cada dia, devido ao aumento do número de países que têm sofrido com a escassez de água. Como decorrência, os custos envolvidos com o uso inconseqüente deste bem têm aumentado dia a dia. Há, inclusive, o consenso entre muitos especialistas, de que a água terá em breve a mesma ou maior importância que o petróleo, uma vez que já é o pivô de disputas entre países (MANCUSO; SANTOS, 2003) (JOHN, 2004), como são os casos da Índia e de Bangladesh, por causa do Ganges; do México e dos Estados Unidos, por causa do Colorado; e da República Eslovaca e da Hungria, por causa do Danúbio. Pode-se citar, até mesmo, o Nordeste do Brasil onde a escassez da água é um problema grave.

Acontece que a escassez vem se agravando ao longo dos anos e tem atingido regiões onde se acreditava que não fosse um problema. Esta situação foi provocada, principalmente, pelo uso não-racional deste valioso recurso natural, que o fez passar, na opinião dos mais pessimistas, de renovável para não-renovável. Como pode ser observado no quadro 2, o Brasil é um país privilegiado em relação à disponibilidade hídrica, sendo considerado um “país rico” neste aspecto.

Classificação em relação à água	Disponibilidade hídrica m ³ /(hab.ano)	Exemplos de países
Países muito pobres	Menor que 500	Arábia Saudita, Israel, Jordânia, Líbia e Cingapura.
Países pobres	Entre 500 e 1000	Cabo Verde, Egito e Quênia.
Países com abastecimento regular	Entre 1.000 e 2.000	Bélgica, Paquistão, Polônia e Ucrânia.
Países com suficiente abastecimento	Entre 2.000 e 10.000	Alemanha, Cuba, Espanha, EUA, França, Índia, Japão, México e Reino Unido.
Países ricos	Entre 10.000 e 100.000	Albânia, Angola, Argentina, Austrália, Brasil, Canadá e Rússia.
Países muito ricos	Maior que 100.000	Gabão, Guiana Francesa, Islândia e Suriname.

Quadro 2 - Disponibilidade hídrica no mundo

Fonte: modificado de TOMAZ, 2001.

As imensas reservas de água do Brasil representam 13,7 % de toda água doce superficial do mundo (Agência Nacional de Águas, 2005). O problema nesse caso é a distribuição, pois a maior parte desta água está na região Amazônica.

Essa desproporcionalidade está demonstrada na tabela 1, que apresenta a relação entre o percentual de água doce e o percentual da população. Percebe-se que os dados são preocupantes, principalmente nas regiões nordeste e sudeste.

Tabela 1 - Percentual de água doce e de população por região no Brasil

Região	Percentual de água doce	Percentual da população
Norte	68,5	7,6
Nordeste	3,3	28,1
Sudeste	6,0	42,6
Sul	6,5	14,8
Centro-oeste	15,7	6,9

Fonte: obtida a partir de dados apresentados no CENSO IBGE, 2000 e em TOMAZ, 2001.

Neste contexto, o Estado de São Paulo, conforme se observa na tabela 2, apresenta uma disponibilidade hídrica realmente preocupante. Esse problema se faz sentir de forma especial na Grande São Paulo, onde são conhecidos os problemas de falta de água devidos, principalmente, ao elevado índice demográfico, ao desperdício, à falta de chuvas e à poluição das fontes existentes.

Tabela 2 - Disponibilidade hídrica de alguns Estados no Brasil

Estado	Disponibilidade hídrica m³/(hab.ano)
São Paulo	2.913
Ceará	2.436
Amazonas	878.929
Roraima	1.747.010
Pernambuco	1.320

Fonte: disponibilidade hídrica *per capita* no Brasil – Comissão de gestão da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, *apud* Bustos (2003).

Além do problema da escassez da água na Grande São Paulo, problemas como elevada densidade demográfica e elevado número de indústrias afetam os recursos hídricos disponíveis, devido à contaminação das águas superficiais decorrentes da falta de tratamento de esgotos sanitários e industriais e da insustentável captação de água subterrânea. Neste ponto, o que pareceu ser outra fonte infinita já apresentou problemas devido à deficiências na recarga desses aquíferos, em particular do aquífero Guarani.

Face ao exposto, era de se esperar que o custo da água fosse aumentar e essa se transformasse em um insumo nos processos produtivos, principalmente naqueles que consomem grandes quantidades de água, como é o caso das indústrias de papel e celulose, siderurgia, entre outras.

Não menos importante que o custo, há também o impacto direto no meio ambiente, no qual o uso nos processos produtivos compete diretamente com o uso para o consumo humano.

A sociedade, como um todo, tem dado constantes alertas em relação ao problema da escassez. Exemplos disso foram a Declaração Universal dos Direitos da Água, lançada em 22 de março de 1992, pela Organização das Nações Unidas, que cita que a água faz parte do patrimônio do Planeta, e que todos devem tratá-la de modo racional e com preocupação voltada para sua preservação para as futuras gerações e a campanha da fraternidade de 2004, lançada pela CNBB – Confederação Nacional dos Bispos do Brasil, entidade ligada à Igreja Católica cujo tema foi “Fraternidade e Água”.

Sendo assim, é de suma importância que os responsáveis por cada atividade consumidora de água (agricultura, indústria e abastecimento público) revejam seus conceitos e implementem ações imediatas para o gerenciamento do consumo. Se não forem tomadas ações em curto prazo, em breve várias atividades não serão viáveis economicamente devido aos elevados custos. Mais importante ainda que reduzir custos, é disponibilizar a água para o fim mais nobre que ela tem: o de manter a vida na Terra.

Assim, gerenciar o consumo de água na indústria é hoje imprescindível, este bem que até pouco tempo acreditava-se ser infinito, tornou-se finito em função do uso indiscriminado e das ações do homem no meio ambiente que, ao invés de atuar responsavelmente, degrada mais e mais a cada dia as fontes de água potável disponíveis.

Em relação à água, as atividades industriais entram neste contexto como grandes consumidoras e potenciais fontes de poluição.

O entendimento de que as fontes de abastecimento de água eram infinitas, levou as indústrias a projetarem processos sem preocupação com o uso racional da água. Isso tem como consequência direta a ocorrência de grandes desperdícios nas mais diferentes unidades industriais.

Portanto, é necessário estabelecer e implementar um sistema de gerenciamento de recursos hídricos eficaz na indústria como meio para o desenvolvimento sustentável.

4.1.2 Usos da água

Parte importante do gerenciamento do uso da água é identificar as aplicações da água nos mais diversos processos, em especial nos processos industriais.

Conforme Mierzwa e Hespanhol (2005), a água é vital para os seres humanos e demais seres vivos e tem os seguintes usos:

- a) consumo humano;
- b) irrigação;
- c) aquicultura;
- d) uso industrial;
- e) geração de energia;
- f) transporte;

- g) preservação da fauna, flora e paisagismo; e
- h) transporte e assimilação de poluentes.

Dos usos apresentados, ênfase deve ser dada à irrigação doméstica e à industrial, que são apresentadas na tabela 3 e que demonstram a importância do gerenciamento do uso da água na indústria, que é responsável por 23,1 % de toda água captada.

Tabela 3 - Usos múltiplos, por continente, em km³/ano – base 1995

Região	Irrigação	Indústria	Doméstico/Municipal
África	127,7	7,3	10,2
Ásia	1388,8	147	98
Austrália-Oceania	5,7	0,3	10,7
Europa	141,1	250,4	63,7
América do Norte e Central	248,1	235,5	54,8
América do Sul	62,7	24,4	19,1
Total Mundial	2.024,1	684,9	256,5
Porcentagem do total Mundial (%)	68,3	23,1	8,6

Fonte: RAVEN et al. (1998) apud TUNDISI (2003)

Além de ser uma das principais consumidoras de água, a indústria mundial consome somente 10% da água que extrai, porém causa uma grande deterioração nos recursos existentes. Em países em desenvolvimento, o consumo de água para as atividades industriais pode chegar a ser duas a três vezes maior que nos países desenvolvidos, aproximando-se do uso da água pela agricultura (SAUTCHÚK, 2004).

Conforme as figuras 5, 6 e 7, o uso industrial representa hoje, e representará no futuro, fatia considerável do consumo de água. Destaque especial para o Estado de São Paulo, onde a distribuição do consumo apresenta valores superiores à média do Brasil, fato que demonstra a importância do gerenciamento do uso da água.

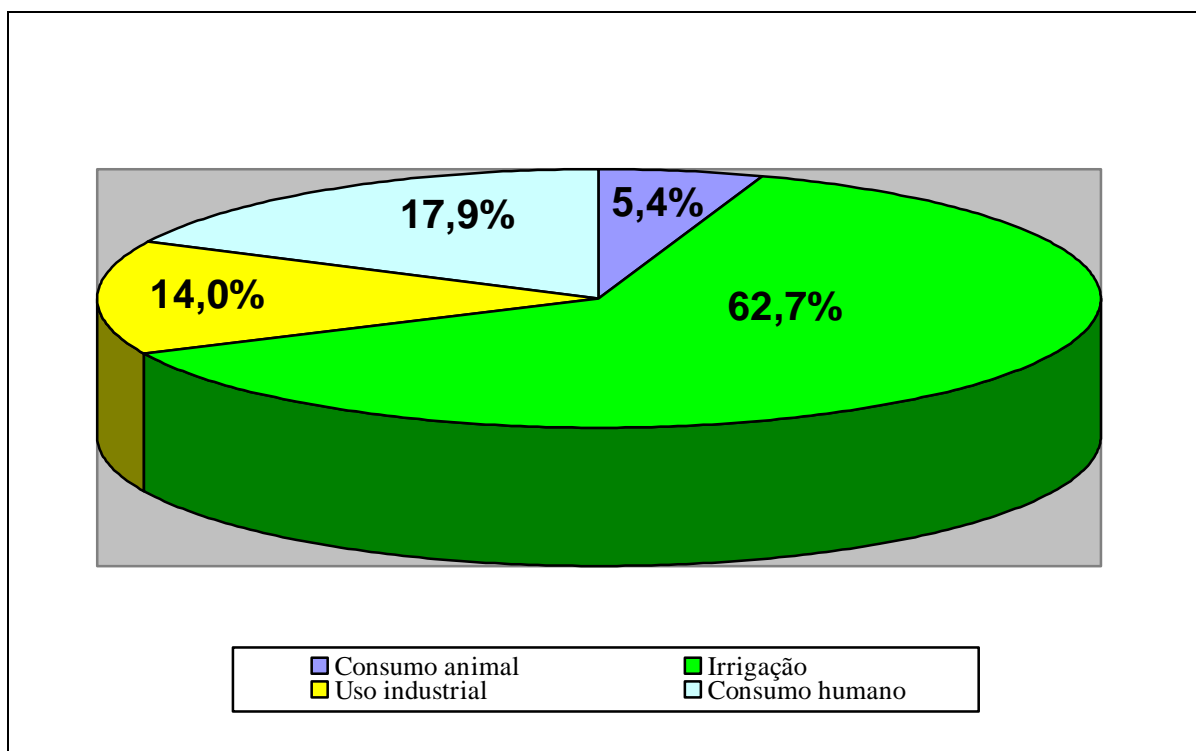


Figura 5. Distribuição de consumo de água por atividade no Brasil

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2002, *apud* MIERZWA; HESPANHOL, 2005

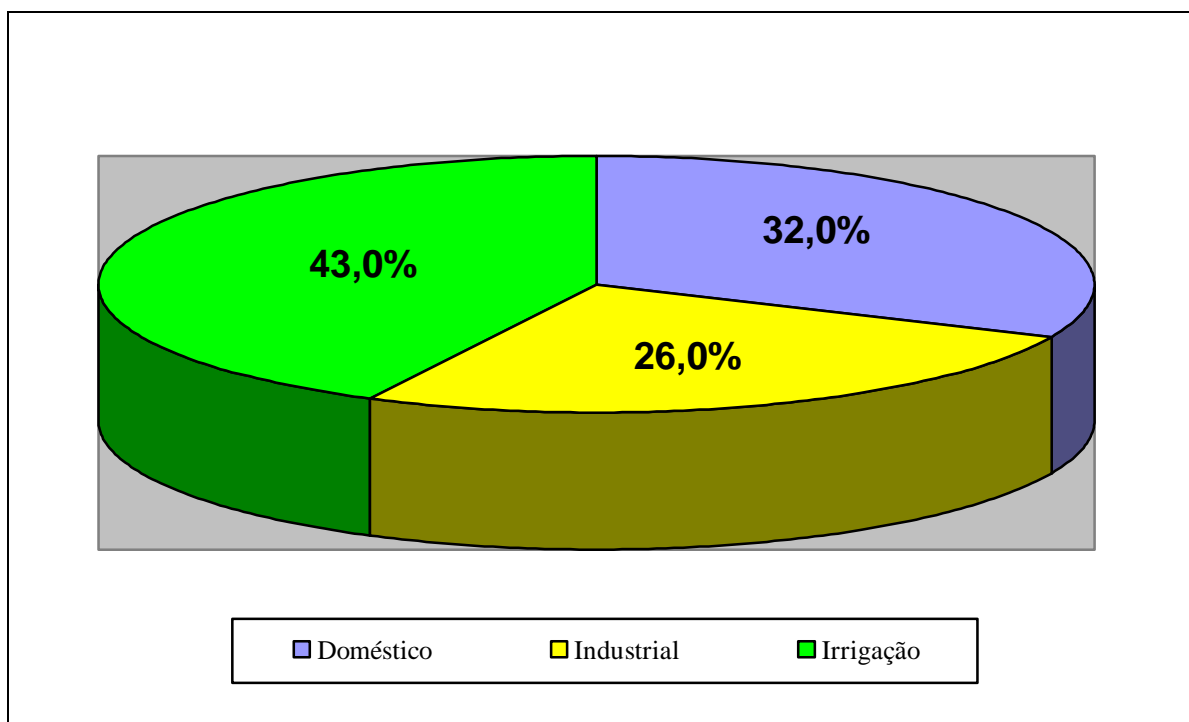


Figura 6. Distribuição do consumo de água por atividade no Estado de São Paulo em 1990

Fonte: MIERZWA; HESPANHOL, 2005.

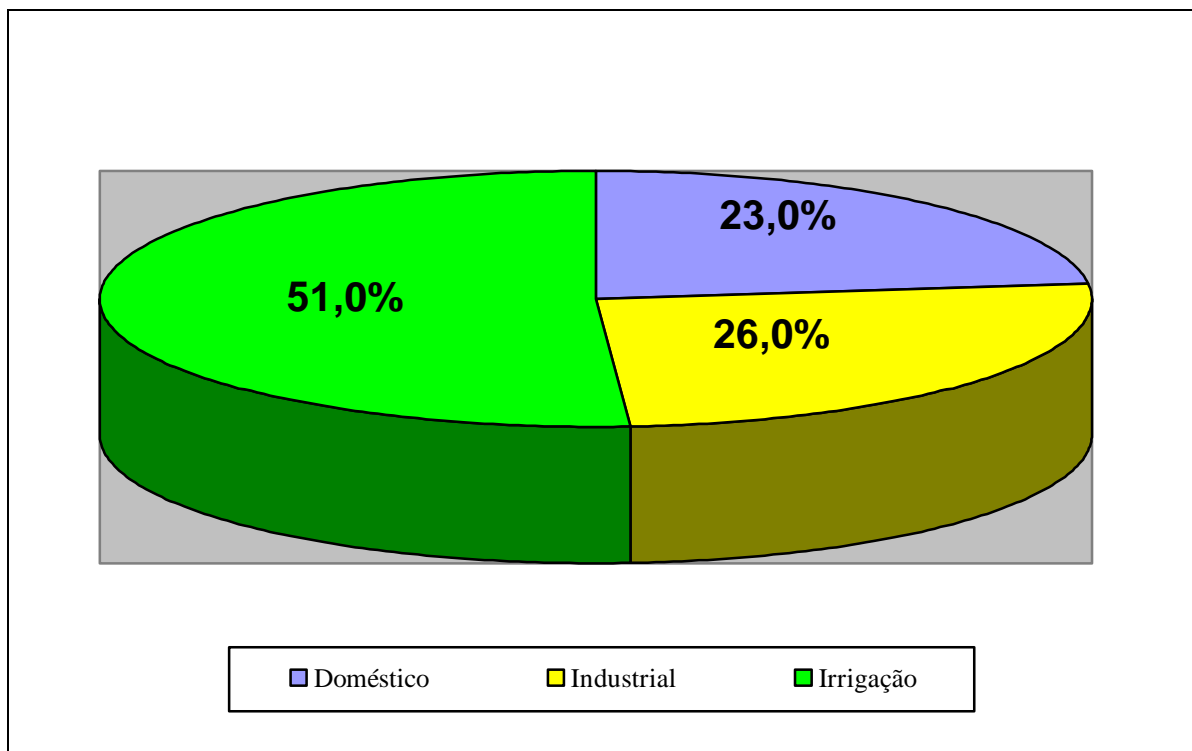


Figura 7. Previsão de distribuição do consumo de água por atividade no Estado de São Paulo em 2010

Fonte: MIERZWA; HESPANHOL, 2005.

4.1.3 Legislação e cobrança pelo uso da água

Neste capítulo, será apresentado um breve resumo da legislação relacionada com o uso da água, com ênfase no uso para fins industriais. Serão abordados aspectos referentes à legislação federal, estadual e à cobrança pelo uso da água, visto ser de interesse ao assunto abordado nesta dissertação, uma vez que a cobrança promoverá elevação nos custos dos processos industriais, com maior impacto naqueles que demandam maiores quantidades de água.

4.1.3.1 Legislação Federal

As principais leis, decretos e resoluções federais estão resumidas no quadro 3, juntamente com um breve comentário dos seus pontos mais relevantes.

Instrumento	Ano	Sumário
Decreto nº 24.643 Alterado pelo Decreto nº 3.763, de 25 de outubro de 1941: Decreto nº 852, de 11 de novembro de 1938.	1934	Institui o Código de Águas e dispõe sobre águas pluviais.
Decreto nº 50.877	1961	Dispõe sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou litorâneas do País e dá outras providências.
Portaria MINTER nº 124	1980	Estabelece a distância mínima de 200m dos cursos d'água para a localização de atividades potencialmente poluidoras e exige sistemas de contenção para as atividades poluidoras situadas a menos de 200m dos cursos d'água.
Lei nº 6.938	1981	Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. Proíbe a poluição e obriga o licenciamento. Determina a utilização adequada dos recursos ambientais.
Constituição da República Federativa do Brasil	1988	
Lei nº 9.433	1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Institui também a cobrança pelo uso da água sujeita a captação de águas públicas concedida pelo órgão competente.
Lei nº 9.605	1998	Lei de Crimes Ambientais – dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
Lei nº 9.984	2000	Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, além de instituir outras providências.
Resolução CNRH nº 15	2001	Dispõe sobre a exploração de águas subterrâneas.
Lei nº 10.406	2002	Código Civil - contém normas sobre o uso das águas.
Resolução ANA nº 135	2002	Dispõe sobre o procedimento de pedidos de outorga de direito e de outorga preventiva de uso de recursos hídricos de domínio da União, encaminhados à ANA e determina outras providências.
Resolução CONAMA nº 357 (Revoga a resolução CONAMA nº 20, de 1986).	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 e efluentes, e dá outras providências.
Resolução CNRH nº 48	2005	Estabelece os critérios gerais para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Quadro 3- Resumo das principais leis, decretos e resoluções federais.

Conforme o quadro 3, o Código de Águas Brasileiro, aprovado pelo decreto nº 24.643, 1934 dá início à mudança de conceitos relativos ao uso e à propriedade da água.

Em 1981, a Política Nacional de Meio Ambiente fortalece a valorização da água, quando determina a utilização adequada dos recursos ambientais, por meio do art. 4º, inciso VI, e

impõe ao poluidor a obrigação de recuperar os danos causados por meio do inciso VII do mesmo artigo.

Ainda assim, até o ano de 1988, a água ainda era considerada como bem infinito, passível de utilização abundante. Somente com a promulgação da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, surge um novo conceito na legislação brasileira, de que as reservas de água têm fim e, portanto, merecem maior atenção.

O artigo nº 225 da Constituição demonstra claramente o conceito de desenvolvimento sustentável, com o compromisso de assegurar este bem para as futuras gerações e fornece bases para a implementação da Lei de Crimes Ambientais quando faz citações à obrigação de recuperação do meio ambiente, em caso de degradação deste, além de prever sanções penais e administrativas ao infrator.

Em janeiro de 1997, é instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos e criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recurso Hídricos (Lei nº 9.433 de 1997, que também estabelece a Política Nacional de Águas), além de importantes instrumentos de gerenciamento, tais como:

- a) plano de recursos hídricos;
- b) outorga de direito de usos das águas;
- c) cobrança pelo uso da água;
- d) enquadramento dos corpos d'água; e
- e) sistemas de informações sobre recursos hídricos.

A promulgação desta lei vem consolidar um avanço na valorização da água, quando, por meio de seu artigo 1º, incisos I e II, determina que: *"a água é um bem de domínio público e dotado de valor econômico"*.

A Lei nº 9.605 de 1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, traz força para a legislação vigente uma vez que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, "incentivando" empresários a agirem corretamente em relação ao meio ambiente.

Finalmente, no ano 2000, é promulgada a Lei nº 9.984, que cria a ANA – Agência Nacional de Águas, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Assim, cada unidade da federação também cria suas agências de água e demais organismos gestores.

A fim de demonstrar ainda mais o compromisso da legislação brasileira em relação à proteção ambiental, a Lei nº 10.406 de 2002, que institui o novo Código Civil Brasileiro, cita no seu artigo nº 1.291, que um proprietário de imóvel não poderá poluir as águas e, caso polua, deverá arcar com os custos de recuperação e danos causados a outros.

Também em 2002, a Agência Nacional de Águas editou a resolução nº 135, que dispõe sobre o procedimento de pedidos de outorga para recursos hídricos de domínio da União.

Em 2005, a resolução CONAMA nº 20 de 1986, que dispunha sobre a classificação dos corpos de água e as condições e padrões de lançamento de efluentes, sendo até então do âmbito federal, um dos instrumentos para o controle de atividades de degradação do meio ambiente, em especial dos recursos hídricos, é revogada com o lançamento da resolução CONAMA nº 357.

O mais recente capítulo da história da legislação referente aos recursos hídricos é a resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH de nº 48 de 21 de março de 2005. De acordo com o que lhe compete, ou seja, estabelecer critérios gerais para a cobrança pelo uso de recursos hídricos, o CNRH lançou esta resolução que, entre outras, incentiva a racionalização do uso da água e estimula investimentos em tecnologias para conservação e reúso de água. Tais objetivos servem de apoio ao gerenciamento de recursos hídricos na indústria, tema desta dissertação, uma vez que, a racionalização do uso e o reúso de água farão parte dos aspectos que serão observados quando da fixação dos valores pelos comitês de bacias.

4.1.3.2 Legislação Estadual

As principais leis, decretos, resoluções e portarias estaduais sobre o uso da água estão resumidas no quadro 4, juntamente com um breve comentário dos pontos mais relevantes.

Instrumento	Ano	Sumário
Decreto nº 195	1970	Dispõe sobre a proteção dos recursos hídricos contra agentes poluidores e estabelece penalidades aos infratores.
Decreto nº 8.468 (Regulamentação da lei nº 997, de 31 de maio de 1976)	1976	Aprova o regulamento da Lei nº 997 de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Contém normas sobre licenciamento, padrões de emissão, infrações ambientais, resíduos, entre outros temas.
Lei nº 7.663	1991	Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Decreto nº 41.258	1996	Regulamenta os art. 9º a 13º da Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, estabelecendo regras para requerimento de outorga e obrigações do outorgado.
Portaria DAEE nº 717	1996	Aprova a norma e os anexos que disciplinam o uso dos recursos hídricos. Condiciona a derivação de águas públicas superficiais e subterrâneas à outorga do DAEE.
Projeto de Lei nº 676, de 2000.	Em tramitação	Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo e dá outras providências.

Quadro 4 – Resumo das principais leis, decretos, resoluções e portarias estaduais sobre o uso da água.

O Estado de São Paulo sempre se mostrou pioneiro em termos de legislação ambiental no cenário brasileiro, tendo como destaque a Lei nº 997 de 1976, que foi regulamentada pelo decreto nº 8.468 de 08 de setembro de 1976. Esse decreto dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente, contém normas sobre licenciamento, padrões de emissão, infrações ambientais, resíduos, entre outros temas. Ainda nesse decreto, conforme artigo 5º, é atribuída à Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental a responsabilidade pela elaboração de programas, normas, especificações e instruções relacionados à preservação do meio ambiente e também o exercício da fiscalização e aplicação das penalidades previstas neste regulamento.

Importante para o gerenciamento adequado do uso da água na indústria, o decreto nº 8.468 define, ainda, a classificação dos corpos d'água e os parâmetros para lançamento de efluentes no sistema de coleta e tratamento de esgoto.

Outra lei estadual importante é a Lei nº 7.663 de 1991, que estabelece normas complementares à Política Estadual de Recursos Hídricos. Entre os pontos mais relevantes, destaca-se a cobrança pela utilização dos recursos hídricos que será tratado no item 4.2.4.3. É também importante nessa lei a regulamentação pelo decreto nº 41.258 de 1996, que estabelece regras para requerimento de outorga e obrigações do outorgado.

Em relação à cobrança pela utilização dos recursos hídricos, está em tramitação desde 2000, o Projeto de Lei nº 676, que dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo e dá outras providências. Este projeto será discutido no item a seguir.

4.1.3.3 Cobrança pelo uso da água

Setti et al. (2001) observam que, se houvesse abundância de água, esta poderia ser tratada como bem livre. Atualmente, no entanto, devido ao crescimento da demanda e, conseqüente escassez, ela passou a ter valor econômico e, por este motivo, diversos países têm cobrado valores consideráveis pelo seu uso.

A já citada Lei Federal nº 9.433 de 1997, trouxe os mecanismos para a cobrança, dividiu o país em Comitês de Bacias que detêm o poder de decisão sobre os valores e sobre a forma de aplicação e determinou os responsáveis pela aplicação dos recursos arrecadados (Agência de Águas). Ao passo que a recém-aprovada resolução nº 48 do CNRH orienta os estados e os Comitês de Bacia Hidrográfica na elaboração das regras da cobrança. Mesmo com a implementação desta lei, a cobrança pelo uso da água foi implementada somente em uma única bacia hidrográfica.

No Estado de São Paulo, para os recursos hídricos sob seu domínio, aguarda-se a aprovação do Projeto de Lei nº 676 de 2000, que trata do procedimento para a fixação dos valores para a cobrança, sua base de cálculo e a forma pela qual será efetuada, assim como as entidades por ela responsáveis. Trata ainda das sanções aplicáveis nos casos de não-pagamento. Segundo este projeto, o valor limite a ser cobrado será de R\$ 0,01 (um centavo de real) por metro cúbico de volume captado, extraído ou derivado, expresso no equivalente em UFESP. Esse valor será creditado nas subcontas do Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO, correspondentes às bacias em que for arrecadado. O projeto prevê também incentivos ou descontos aos usuários que devolverem a água em qualidade superior à captada.

Vale citar a experiência do Comitê da Bacia do Rio Paraíba do Sul, cujo projeto, segundo a Agência Nacional de Águas (2005) funciona há dois anos e já arrecadou mais de 12 milhões de reais, com previsão de arrecadar 7 milhões de reais em 2005.

Na relação direta com o gerenciamento de recursos hídricos na indústria, conclui-se que a cobrança em todo o território nacional é somente uma questão de tempo e que dependendo do volume utilizado para cada ramo de atividade, haverá reflexos consideráveis no custo do produto. Daí a importância do gerenciamento dos recursos nos diversos processos produtivos, destacando-se ainda a possibilidade de redução desses custos caso a indústria devolva a água em condições de qualidade superiores às captadas.

4.1.3.4 Considerações

Além dos aspectos já descritos, é importante citar que a intenção da legislação não é de punir, mas de induzir as indústrias a tratar os recursos hídricos de forma responsável.

É também relevante o fato de que a legislação relacionada aos padrões de lançamento de efluentes tem se tornado cada vez mais restritiva, fato que tem levado as indústrias a investir em novas tecnologias de tratamento capazes de manter seus efluentes dentro dos parâmetros estabelecidos.

Por fim, a cobrança, não só pela captação, mas também pelo lançamento nos corpos d'água, aumentará ainda mais os custos relacionados ao uso da água.

4.2 Programas de conservação da água (PCA)

Este capítulo tem por objetivo fornecer os conceitos básicos de um PCA e as diretrizes para sua implementação. Esses conceitos e diretrizes servirão de base para a proposição de um PCA específico para a indústria deste estudo de caso. Tal programa terá por objetivo definir um conjunto de ações para uma efetiva redução dos volumes de água consumidos nas diversas atividades industriais, sem alterar a qualidade do produto final.

Os programas de conservação de água são sistemáticas de ação a serem implementadas em uma edificação ou empreendimento, a partir da avaliação sistêmica do uso da água, da utilização de fontes diversas de abastecimento e da otimização do uso, considerando-se os diferentes níveis de qualidade necessários (SAUTCHÚK, 2004). Implantá-los de forma sistêmica implica em otimizar o consumo de água, com a conseqüente redução do volume de efluentes gerados, a partir da otimização do uso, e da utilização de fontes alternativas (SAUTCHUK, 2004).

Um PCA inicia-se com a otimização do consumo de água, em busca do menor consumo possível para a realização das mesmas atividades, garantindo-se a qualidade da água fornecida. Uma vez minimizado o consumo, devem ser avaliadas as possibilidades de utilização de fontes alternativas de água. Após a avaliação e implantação das ações que compõem o PCA, deverá ser implementado um sistema de gestão permanente, para garantia de manutenção e melhoria dos índices de consumo obtidos e da qualidade da água fornecida. Essa tarefa será desenvolvida por um gestor da água, responsável pelo monitoramento contínuo do consumo e pelo gerenciamento das ações de manutenção preventiva e corretiva, ao longo da vida útil da edificação ou empreendimento.

Sautchúk (2004) define como pontos essenciais para implantação e sucesso de um PCA:

- a) apoio da alta direção;
- b) estabelecimento de metas e prioridades a serem desenvolvidas e que possam ser mensuráveis (indicadores);
- c) nomeação e capacitação de um “Gestor da Água”; e
- d) conscientização dos usuários.

Sautchúk (2004) observa ainda que a avaliação da demanda e da oferta deve ser feita a partir da análise do mapeamento dos usos da água, dos documentos pertinentes, dos projetos específicos e das contas de água.

Dentre as várias iniciativas identificadas, destacam-se os programas relacionados à conservação da água:

- a) Conservação e Reúso de Água - Manual de Orientação para o Setor Produtivo, da FIESP/CIESP – 2004;
- b) PNCD - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água do Ministério das Cidades;
- c) PURA – SABESP - Programa de Uso Racional de Água da SABESP; e
- d) PURA – USP - Programa de Uso Racional de Água da Universidade de São Paulo.

Com o propósito de facilitar a análise dos principais aspectos de cada iniciativa ou programa, foi feita uma avaliação comparativa, conforme quadro 5 e figura 8.

ENTIDADE RESPONSÁVEL	PNCDA ⁽¹⁾	FIESP/CIESP ⁽²⁾	SABESP ⁽³⁾	USP ⁽⁴⁾
Sigla do programa de conservação da água	PRUA – Programa de Racionalização do Uso da Água	PCRA – Programa de Conservação e Reúso de Água	PURA – Programa de Uso Racional da Água	PURA – Programa de Uso Racional da Água
Apoio da alta direção		X		
Gestor da água		X		
Avaliação técnica preliminar (análise documental e levantamento de dados)	X	X	X	X
Avaliação da demanda – Processos consumidores	X	X	X	X
Setorização do consumo	X	X	X	X
Avaliação da oferta de água - Fontes de abastecimento	X	X		X
Diagnóstico da situação atual	X	X	X	X
Definição de metas e objetivos	X	X	X	X
Planos de intervenção	X	X	X	X
Campanhas de conscientização	X	X	X	X
Manutenção corretiva - detecção e reparo de vazamentos	X	X	X	X
Manutenção preventiva do sistema	X	X		X
Otimização do uso da água (aplicação de tecnologias poupadoras de água)	X	X	X	X
Procedimentos de uso da água	X	X	X	X
Monitoramento do consumo (telemedição)	X	X	X	X
Pesquisa e inovação de processos industriais		X		X
Estudo de viabilidade técnica e econômica	X	X		X
Diagnóstico da situação após as intervenções	X	X		X
Sistema de Gestão	X	X		X

Quadro 5 - Descrição e principais elementos previstos nos programas de conservação da água

Fonte: (1) PNCDA, 2005; (2) FIESP, 2004; (3) SABESP, 2005; (4) USP, 2005.

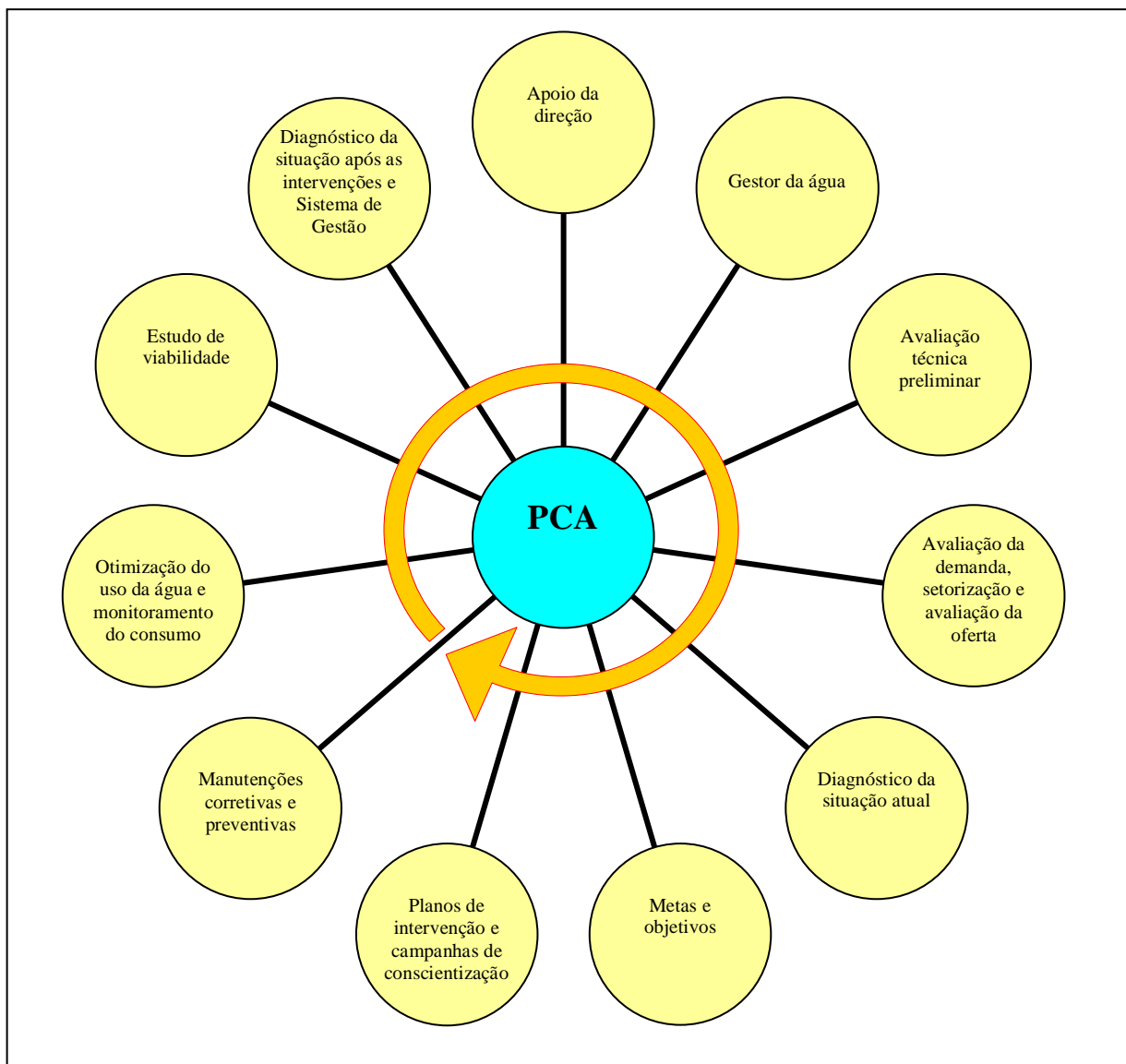


Figura 8. Resumo dos principais aspectos de um PCA.

4.2.1 Setorização e monitoramento

Segundo Sautchúk (2004), a adoção de um sistema de medição e monitoração setorizada do consumo de água traz como principal benefício o controle de consumo, incentivado pela redução dos volumes de água consumidos em um determinado período. A medição setorizada também possibilita a pronta localização de vazamentos internos e desperdícios significativos, que, às vezes, levam meses ou até anos para serem identificados.

Para avaliação dos impactos gerados pela implantação de Programas de Conservação de Água, faz-se necessário o monitoramento do consumo (TAMAKI et al., 2001). Quanto mais detalhado o sistema de medição estabelecido, melhor a qualidade dos dados obtidos. Aspectos físicos como *layout* da edificação, arranjo estrutural e sistemas prediais incluindo disponibilidade de medidores, condições de operação e manutenção tornam-se fundamentais para obtenção de indicadores confiáveis.

Edificações complexas possuem, muitas vezes, um único medidor de consumo de água, tornando difícil a intervenção em caso de anomalia no sistema.

A automação da coleta de dados e o tratamento específico dos mesmos podem ser convenientes para uma quantidade extensa de dados. Sendo assim, a instalação de medidores eletrônicos permite o uso de sistemas sem fio (por radiofrequência ou por sistemas telefônicos) (TAMAKI et al., 2001).

A setorização do consumo tem por principal objetivo a obtenção de dados para possibilitar a gestão da demanda de água.

4.2.1.1 Usos da água na indústria

Sendo a indústria um dos mais importantes processos em relação à demanda pela água, serão apresentados, brevemente neste capítulo, os principais usos da água nos processos produtivos.

Neles, a água pode ser utilizada tanto como matéria-prima, incorporada ao produto final (bebidas, por exemplo), como um composto auxiliar na preparação de matérias-primas, aquecimento ou refrigeração, processos de lavagem ou em processos de menor importância como lavagem de pisos e equipamentos, sem contar os usos ligados ao consumo humano.

A figura 9 ilustra os usos típicos da água na indústria nos mais diversos processos, sendo que para cada uso há uma necessidade específica de volume e qualidade. Dessa forma faz-se necessário não somente o gerenciamento do consumo, mas da qualidade da água requerida para cada atividade.

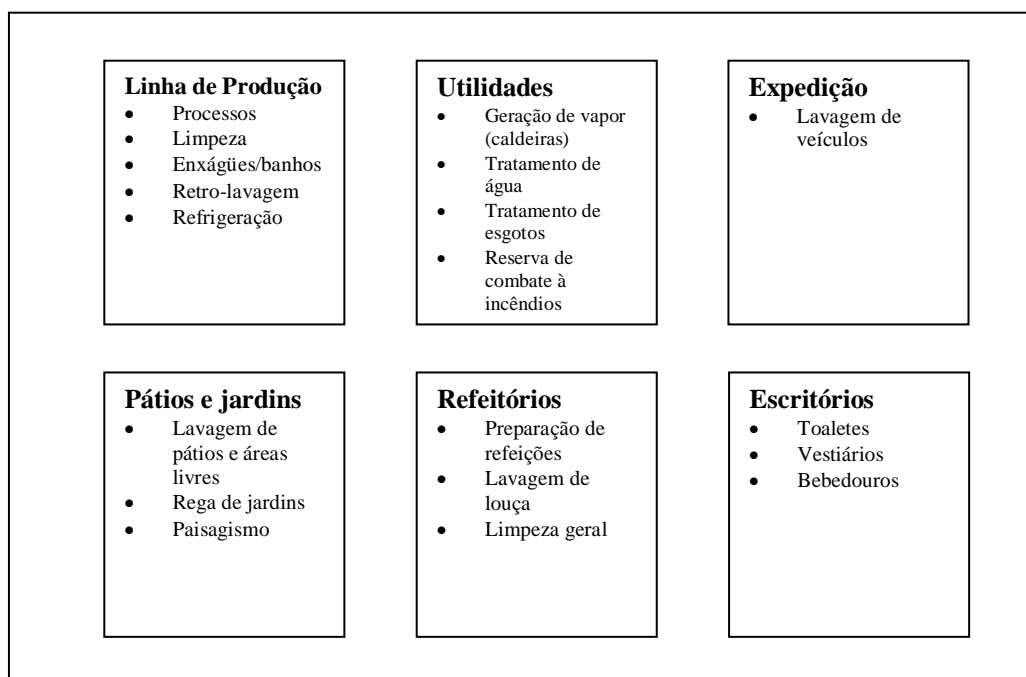


Figura 9. Usos típicos da água na indústria.

Fonte: Adaptado de Fiesp (2005).

4.2.2 Requisitos de qualidade de água para uso industrial

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), a água deve estar disponível na quantidade e qualidade necessárias para atender a cada uso específico.

Assim, torna-se importante a inclusão dos parâmetros de qualidade no gerenciamento do uso da água.

A obtenção de dados de qualidade mínima, de processos semelhantes aos deste estudo de caso, não foi possível em função da dificuldade de acesso a essas informações, pois atividades semelhantes somente são encontradas em empresas que atuam no mesmo ramo de atividade. Assim, os dados aqui apresentados não serão suficientes para determinar os parâmetros mínimos de qualidade de água para cada processo produtivo da empresa em questão.

Outro fator importante é que, para determinados processos, devido à particularidades como tecnologia ou tipo de produto, é necessário que os parâmetros de qualidade de água sejam definidos em função de estudos aprofundados, tendo-se em vista os problemas que possam ocorrer em relação à qualidade do produto e à preservação dos equipamentos que entrem em contato com esta água.

Dados da literatura, apresentados no quadro 6 e dados obtidos na empresa, mostram que a qualidade da água utilizada nos processos industriais é um fator preponderante para manutenção da qualidade do produto e da performance dos equipamentos e dos processos.

Problemas								
Impureza	Água de processo		Água para caldeiras			Água de resfriamento		
	Indústrias afetadas	Forma como são afetadas	Depósitos	Corrosão	Outros	Depósitos	Corrosão	Outros
Dureza (Ca e Mg)	Todas	Incrustação e depósitos	P (1)	N	N	P	N	N
	Papel e têxtil	Depósito sobre as fibras						
	Lavanderias	Formação de espuma sobre os tecidos						
Alcalinidade	Papel, têxtil e bebidas	Destrói reagentes ácidos, corantes, floculantes e aromatizantes	N	P	N	P	N	N
Sólidos dissolvidos	Eletrônica, farmacêutica, alimentícia, bebidas, utilidades	Aumenta o custo de produção de água com grau de pureza e pode degradar a qualidade do produto final	N	N	Purgas elevadas	N	C	Purgas elevadas
Sólidos suspensos	Todas	Depósitos e desgaste de equipamentos	P	N	N	P	P	N
Oxigênio dissolvido	Todas	Principal causa de corrosão	N	P	N	N	P	N
Dióxido de carbono	Todas (3)	Pode passar para fase vapor, na sucção da bomba do poço de extração, elevando o pH da água e causando problemas de incrustação	N	P	N	N	N	Afeta o pH
Ferro e Manganês	Todas	Depósito e manchas	P	N	N	P	N	N
Matéria orgânica	Todas	Alimentos para bactérias e contamina as resinas de troca iônica	N		Pode ocorrer formação de espumas e crescimento biológico	N	N	Pode ocorrer formação de espumas e crescimento biológico
	Alimentos e bebidas	Sabor e odor						
Sílica	N	N	C	N	P (2)	C	N	N
Microorganismos	Todas	Produção de limo e odores	N	N	N	P	N	N
Cloreto *	Relaminação de aço	Manchas e corrosão de produtos e equipamentos	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Acidez *	Relaminação de aço	Manchas e corrosão de produtos e equipamentos	NA	C	NA	C	NA	NA

Quadro 6 – Problemas causados aos processos industriais devido às impurezas contidas na água
 Fonte: Nalco, 1988 *apud* MIERZWA, HESPANHOL, 2005.

P: principal fator responsável pelo problema; C: contribui para o problema; N: não tem efeito significativo; NA – não avaliado.

(1) no sistema de condensação de vapor; (2) na turbina; (3) abastecimento de água por poço profundo;

*acrescentado pelo autor.

As figuras 10 e 11 apresentam casos de problemas causados pela má qualidade da água.



Figura 10. Mancha em aço-carbono, proveniente de contaminação da água de lavagem por cloreto.

Fonte: BRASMETAL WAEZHOLZ, 2005



Figura 11. Mancha em aço-carbono revestido com cobre, proveniente de contaminação da água de lavagem por sólidos dissolvidos.

Fonte: BRASMETAL WAEZHOLZ, 2005

As tabelas 4 e 5 a seguir, mostram os parâmetros de controle, encontrados na literatura, para os processos de Eletrodeposição e Laminação e a tabela 6 mostra os requisitos dos processos de Decapagem, Eletrodeposição e Laminação, utilizados atualmente na Brasmetal Waelzholz. Os demais processos não possuem dados de controle de qualidade.

Tabela 4 – Parâmetros de controle de qualidade de água – Eletrodeposição

Parâmetro	Concentração máxima (mg/L)
Metais	10
Cianeto	10
Ácido crômico	menor que 16
Álcalis	menor que 100
Ácidos	menor que 100

Fonte: SURTEC DO BRASIL, 2003.

Tabela 5 – Parâmetros de controle de qualidade de água - Laminação

Parâmetro	Valores de controle
pH	5 a 9
Sólidos suspensos (mg/L)	menor que 10

Fonte: NEMEROW E DASGUPTA, 1991 *apud* FIESP, 2004.

Tabela 6 - Requisitos de qualidade de água – dados dos processos

Processo	Parâmetro	Valores de controle
Decapagem	pH	maior que 7
	Cloreto (mg/L)	menor que 20
Eletrodeposição	pH	maior que 7
	Condutividade (μ S/cm)	menor que 800
Laminação	Cloreto (mg/L)	menor que 20

Fonte: BRASMETAL WAE LZHOLZ, 2005.

É possível perceber que, dos parâmetros disponíveis na literatura, somente o pH pode ser utilizado como parâmetro comparativo. Assim, recomenda-se, além do controle dos demais parâmetros, o estabelecimento de requisitos de qualidade de água para todos os processos produtivos.

4.2.3 Fontes de abastecimento de água

A água necessária para a realização das diversas atividades industriais pode ser obtida por meio das fontes, descritas a seguir.

4.2.3.1 Concessionárias

O fornecimento de água por intermédio das concessionárias é uma das fontes de abastecimento que tem como desvantagem o custo do metro cúbico fornecido. Por outro lado, apresenta como vantagem a garantia de qualidade e quantidade de água fornecida.

Além de fornecerem água potável, algumas concessionárias podem também fornecer, para algumas aplicações água de reúso. O problema, neste caso, é a rede de distribuição que praticamente inexistente para essa categoria de fornecimento. Assim, na maioria dos casos ela

deve ser transportada por caminhões, fato que aumenta consideravelmente seu custo final e pode gerar problemas de logística de abastecimento.

4.2.3.2 Captação direta de mananciais

A captação direta de mananciais é uma fonte de abastecimento motivada pela inexistência de uma concessionária ou pelo fator econômico. Dependendo da qualidade da água captada e da qualidade da água requerida o custo pode não ser viável. Nestes casos, é necessária a implantação de um sistema de gestão e monitoramento contínuo da qualidade e da quantidade da água (SAUTCHÚK, 2004).

Vale citar que este tipo de fonte está sujeito às regras de cobrança pelo uso da água e que, dependendo da qualidade da água do manancial, o tratamento para adequação às necessidades do processo produtivo pode ser inviável economicamente.

4.2.3.3 Águas subterrâneas

O termo água subterrânea engloba toda a água que está abaixo de uma determinada área: água do solo, das zonas não-saturadas e saturadas, de camadas aflorantes muito permeáveis (aquífero livre), aquífero confinado, aquitardes, aquícludes (REBOUÇAS et al., 1999).

A definição de águas subterrâneas, segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, é a seguinte:

São aquelas que ocorrem abaixo da superfície da terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, que sendo submetidas a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenham um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos.

Há também a definição, segundo a resolução do CNRH, de nº 15 (2001), que diz que águas subterrâneas são aquelas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo.

As águas subterrâneas são uma fonte muito interessante do ponto de vista da sua disponibilidade em determinadas áreas e do seu baixo custo. O problema está no fato das reservas estarem, por um lado sendo contaminadas pelas atividades humanas (dentre elas, as industriais) e, por outro lado, esgotando-se.

A contaminação dá-se pela ocupação inadequada de uma área, desconsiderando a sua vulnerabilidade, ou seja, a capacidade do solo em degradar as substâncias tóxicas introduzidas no ambiente, principalmente na zona de recarga dos aquíferos. A contaminação em áreas industriais pode se dar por fossas sépticas, infiltração de efluentes industriais, vazamentos da rede de esgoto e galerias de águas pluviais, entre outras. Tais contaminações podem causar danos irreversíveis, à medida que impossibilita o uso das águas subterrâneas em grandes áreas.

O esgotamento dá-se devido à superexploração de aquíferos, que é definida como sendo a extração que ultrapassa os limites de produção das reservas reguladoras ou ativas do aquífero, iniciando um processo de rebaixamento do nível de água, que poderá provocar danos ao meio ambiente ou para o próprio recurso.

Segundo o IBGE (2000), aproximadamente 61% da população brasileira é abastecida, para fins domésticos, com água subterrânea. O número de poços tubulares em operação no Brasil

está estimado em cerca de 300.000, com número anual de perfurações de aproximadamente 10.000. São Paulo, com 40.000 poços perfurados é um dos estados que mais utiliza essa fonte.

Deve-se atentar ao fato de que, mesmo sendo uma fonte barata, os custos operacionais existem e podem ser significativos. Podem ainda ocorrer taxas relativas à cobrança pelo uso.

Muitas vezes, os usuários estão sujeitos ao consumo de água de má qualidade, pela inexistência de um sistema de gestão apropriado que garanta a qualidade da água consumida.

A perfuração de poços artesianos deve ser realizada por empresa capacitada, com tecnologia apropriada, com base em projeto específico, sem que haja comprometimento da qualidade da água do lençol freático (SAUTCHÚK, 2004). Além disso, um plano de manutenção específico, também realizado por empresa capacitada, deve ser implantado. Assim, a água subterrânea poderá ser retirada de forma permanente e em volumes constantes, por muitos anos.

4.2.3.4 Águas pluviais

A água de chuva é uma forma antiga, e das mais simples, de abastecimento (SAUTCHÚK, 2004).

O aproveitamento de água de chuva em regiões de escassez, como no Nordeste do Brasil é prática comum em alguns locais e apresenta-se como uma fonte interessante de abastecimento. Em relação à qualidade da água de chuva, pode-se afirmar que ela não é melhor que a de um efluente proveniente de tratamentos secundários (REBOUÇAS et al., 1999). Sendo, portanto, necessário um sistema de tratamento eficiente para adequá-la ao uso determinado. Os principais indicadores da qualidade da água são os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais.

Apresenta como vantagem o baixo custo, pois até o momento, não há cobrança ou projeto de cobrança pela sua captação, apesar de ser passível sua cobrança se, após sua utilização, for lançada na rede de esgoto e, neste ponto, houver monitoramento dessa vazão.

Apresenta como desvantagem, dependendo da região onde se encontra o empreendimento, a irregularidade de abastecimento, uma vez que só há fornecimento se houver quantidade de chuva considerável.

4.2.3.5 Reúso de água

Há diversas definições na literatura pesquisada. Segundo a Organização Mundial da Saúde (1973, *apud* Mancuso e Santos, 2003):

- a) reúso indireto: quando a água já utilizada, doméstica ou industrial, por uma ou mais vezes, é lançada às águas superficiais ou subterrâneas e utilizada a jusante na forma líquida;
- b) reúso direto: quando o uso é planejado para certas finalidades; e
- c) reciclagem interna: quando a água é utilizada internamente às instalações industriais, antes do seu descarte em um sistema de tratamento de efluentes.

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005):

- a) reúso direto de efluentes – uso de efluentes originados em um processo, diretamente em outro (reúso em cascata);

- b) reúso de efluentes tratados – utilização de efluentes que foram submetidos a um ou mais processos de tratamento.

Para efeito desta dissertação, será utilizada a definição ampla de reúso de água conforme Mierzwa e Hespanhol (2005): “*uso de efluentes tratados ou não para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não-potáveis*”.

Os efluentes gerados pelas atividades consumidoras podem ser avaliados como uma possibilidade de fonte alternativa de água para suprimento da demanda de usos específicos.

De acordo com Silva e Vitoratto (2004), o reúso de água vem conquistando cada vez mais espaço, principalmente nos grandes centros, devido a fatores como a escassez e, conseqüentemente, o seu custo elevado.

Ainda segundo Silva e Vitoratto (2004), para a aplicação do reúso em processos industriais, atenção especial deve ser dada à qualidade da água em questão e aos efeitos potenciais à saúde dos usuários e possíveis prejuízos em relação aos equipamentos e processos que utilizarão água de reúso.

No caso dos processos que envolvem troca térmica (caldeiras e torres de resfriamento) podem ocorrer problemas de corrosão, incrustações e deposição de materiais sólidos nas tubulações, tanques e outros equipamentos. Tais fatores podem gerar desde perdas de eficiência na troca térmica, passando por perda total do equipamento, podendo causar acidentes graves nos casos de caldeiras.

Nos processos produtivos, há possibilidade de contaminações em função de alterações das características físicas e químicas dos produtos finais.

As principais aplicações industriais de uma água de reúso, segundo Mierzwa e Hespanhol, 2005, são:

- a) refrigeração;
- b) alimentação de caldeiras;
- c) lavagem de gases;
- d) lavagem de equipamentos;
- e) lavagem de pisos;
- f) sistemas de lavagem de peças;
- g) irrigação de áreas verdes; e
- h) construção pesada.

4.2.3.6 Compra de empresas que fornecem por meio de caminhões-pipa

Muito utilizado quando não se tem disponibilidade de abastecimento por parte de concessionárias ou quando há necessidade de redução de custos com a compra de água.

Este tipo de abastecimento apresenta vantagem somente se a fonte for próxima à indústria, pois nesse tipo de fornecimento o frete representa uma parcela significativa do custo da água fornecida. A principal desvantagem é a necessidade de um sistema de avaliação periódica da qualidade da água adquirida.

4.2.4 Otimização do uso da água

Segundo Sautchúk (2004), a otimização do uso da água:

- a) reduz a quantidade de água extraída das fontes de suprimento;
- b) reduz o consumo de água;
- c) reduz o desperdício;
- d) aumenta a eficiência do uso, reciclagem e reúso de água;
- e) reduz a geração de efluentes;
- f) reduz o efeito da cobrança pelo uso da água; e
- g) melhora a visão da organização junto à sociedade.

Serão apresentadas a seguir, os tipos e as técnicas de otimização em sistemas de lavagem, como forma de otimizar o uso da água nos processos industriais.

4.2.4.1 Tipos de lavagem e técnicas de otimização em sistemas de lavagem

Dentre as atividades que mais consomem água no processo de relaminação, destacam-se a Decapagem e o Revestimento. Nestas atividades, os processos de lavagem são os responsáveis pelas maiores demandas. Assim, o conhecimento dos tipos de lavagem e das técnicas de otimização torna-se imprescindível para a redução dos volumes de água utilizados.

A redução do volume de água de lavagem traduz-se em economia de tratamento de efluentes e matéria-prima e reflete-se em ganhos ambientais. É possível atender aos requisitos do processo e, ao mesmo tempo, obter redução expressiva nos volumes das águas de lavagem.

O manual de compilação de técnicas de prevenção à poluição (P2) para a indústria de galvanoplastia, da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (2004), define a perda por arraste ou *drag-out* como a parte de uma solução que é levada com a peça quando esta é retirada da solução. O arraste é o principal responsável pela poluição e perda de material, pois quanto maior for o arraste, maior será a quantidade de água necessária para realizar uma efetiva lavagem das peças.

Os principais fatores que influenciam na característica e quantidade de arraste são a configuração das peças, sua posição, a velocidade de passagem da peça, tanto nas soluções de tratamento como nos sistemas de lavagem e também a viscosidade das soluções.

As técnicas de lavagem visam, basicamente:

- a) minimizar o arraste de líquidos provenientes de banhos, utilizados com diversas finalidades em processos industriais, que necessitam ser removidos da superfície das peças;
- b) melhorar a eficiência das lavagens; e
- c) reduzir o consumo de água.

São, em geral, de baixo custo e de fácil implantação, sendo soluções viáveis e que necessitam somente de uma análise preliminar do processo para determinar qual é a técnica mais apropriada.

A seguir, serão apresentadas as técnicas mais comuns de lavagem e de otimização de sistemas de lavagem apresentadas em Valenzuela (1999), Pacheco (2002) e na apostila do curso de Prevenção, controle da poluição e tratamento de águas residuárias em indústrias de galvanoplastias, da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São

Paulo (2001). Além dessas, serão apresentadas técnicas que são aplicadas no processo da indústria em questão.

4.2.4.2 Técnicas de Lavagem

As técnicas de lavagem possibilitam a redução dos volumes de água consumidos nos processos de lavagem. Sua implementação é, normalmente, de baixo custo.

a) Lavagem por imersão

É o tipo de lavagem mais comum e apresenta como principal vantagem o baixo custo de projeto e aquisição do equipamento. Entre suas desvantagens, destaca-se o elevado consumo de água para manutenção dos parâmetros adequados e o curto espaço de tempo para contaminação de todo o sistema.

b) Lavagem por jato d'água

A lavagem por jato d'água, ou “chuveirinho”, consiste em empregar jatos múltiplos de água, com ou sem pressão, sobre as peças, de forma a remover a contaminação. Os jatos podem ser operados manual ou automaticamente, sob as mais diferentes formas e configurações.

O chuveiro de acionamento manual tem o inconveniente de desperdiçar água no caso do operador esquecer a válvula aberta, por esse motivo, é recomendada a automatização do sistema por meio de sensores e válvulas solenóides, sem a intervenção do operador, liberando água por tempo controlado, de acordo com a passagem de peças.

c) Lavagem com *spray*

Apresenta custos de projeto, aquisição e manutenção dos equipamentos mais elevados que no caso de lavagens por imersão, porém, apresenta custos menores em relação ao consumo de água, pois alia vazão e pressão no sistema. A lavagem com *spray* é feita pela aplicação de uma névoa fina de água. Importante, nesse sistema, é a escolha correta dos tipos de bico para que haja pressão e vazão suficientes para uma perfeita lavagem.

d) Lavagem a quente

A lavagem em água quente reduz o tempo de lavagem. Quanto maior for a temperatura, menor a viscosidade da água e maior a velocidade de difusão dos íons, havendo, portanto, um duplo efeito de melhoria da eficiência de lavagem. Em todo caso, é necessário cuidado no emprego de água quente, pois algumas vezes o efeito é negativo, acelerando reações de oxidação da superfície, causando manchas e escurecimento nas peças. Pode ser aplicada tanto em sistemas de imersão como de *spray*. Uma desvantagem é o custo energético para aquecimento de grandes volumes de água.

e) Lavagem eletrolítica

Consiste na utilização de uma solução contendo íons, por onde se aplica uma corrente, que pode ser alternada ou contínua, a qual acelera o processo pela movimentação de íons.

4.2.4.3 Técnicas de otimização em sistemas de lavagem

a) Agentes tensoativos

Define-se como sendo as substâncias que têm capacidade de diminuir a tensão superficial de líquidos. A tensão superficial existe devido à força de atração entre as moléculas do líquido, fazendo, por exemplo, com que as pequenas gotas d'água assumam a forma esférica. Ela é

também responsável pela adesão das gotas de líquidos às peças retiradas das soluções. As peças retiradas de uma solução aquosa contendo tensoativo não apresentam a formação de gotículas aderidas na superfície e o líquido arrastado espalha-se como um filme contínuo, fato que facilita sua remoção.

Em alguns casos, o uso de agentes tensoativos permite a redução do arraste em até 50%, promovendo a redução da contaminação e a redução da quantidade de água necessária para lavagem das peças.

É uma técnica de baixo custo, porém somente aplicável quando não houver possibilidade de interferência no processo.

b) Posição das peças

A posição das peças, tanto no processo de tratamento como no de lavagem, deve ser sempre estudada de forma a reduzir o arraste de solução de um tanque para outro. Peças com formato de tubos e perfis longos devem ficar em posição inclinada, para facilitar o escoamento do líquido aderido às peças antes de passarem para o tanque seguinte.

c) *Blow-Off* ou sistema de sopramento de ar

Essa técnica consiste no emprego de jatos de ar para remoção da solução aderida à peça. Essa técnica pode ser aplicada tanto em peças planas como em peças com formatos diversos. A sua eficiência, porém, é dependente da posição dos bicos sopradores, a qual tem que levar em consideração a geometria de cada peça e o seu posicionamento.

Dependendo da quantidade, do tipo de bicos sopradores e, principalmente, da vazão de ar necessária, essa técnica pode se tornar de elevado custo. Outra desvantagem é o ruído excessivo provocado pelos bicos. Nesse caso, é necessária a implantação de um sistema de isolamento acústica, a fim de não prejudicar a saúde dos operadores da linha de produção.

Outro ponto importante é o cuidado que se deve ter em filtrar o ar que será insuflado para evitar a entrada de poeira e óleo do compressor, os quais poderiam contaminar as águas e sujar as peças, prejudicando seu acabamento.

d) Tempo de drenagem

As passagens muito rápidas de um tanque para outro causam a perda de um grande volume de solução por arraste. Com uma baixa velocidade de passagem de peças e tempos de drenagem mais longos, o arraste de soluções pode ser reduzido de forma substancial. A principal desvantagem dessa técnica é a perda de produtividade em função da menor quantidade de peças processadas por unidade de tempo.

A aplicação combinada de agentes tensoativos e tempos mais longos de drenagem podem reduzir significativamente a quantidade de arraste para muitos processos.

e) Rolos de retenção

Nos casos de linhas contínuas ou semicontínuas, em que as peças são planas, podem ser utilizados rolos de retenção na saída de cada tanque, com o objetivo de reter a maior quantidade possível de líquido e retorná-lo ao tanque de origem. Esses rolos são normalmente

fabricados em aço e devem ser revestidos com um material maleável, como borracha ou tecido.

Dentre as características importantes do material a ser utilizado na fabricação do rolo estão a dureza e a resistência química do revestimento.

f) Projeto do tanque

Durante o projeto do sistema, é importante que no tanque, a entrada de água limpa e a saída de água contaminada estejam dispostas de maneira que haja a maior renovação de água possível, de modo a reduzir o consumo de água do sistema. Uma maneira de solucionar esse problema é colocando a entrada de água na parte inferior do tanque e a saída na parte superior, no lado contrário ao da entrada.

g) Válvulas solenóides

Interligadas ao funcionamento da linha de produção, essas válvulas têm como função ligar e desligar o sistema de entrada de água automaticamente quando ocorrerem paradas por quaisquer motivos, a fim de evitar desperdícios.

h) Condutivímetros e pHmetros

A instalação de condutivímetros e pHmetros, acoplados ao sistema de lavagem, reduz de forma substancial o consumo de água nos tanques de lavagem. Sua função é medir a condutividade ou o grau de saturação da água, enviando um sinal eletrônico que comandará a entrada automática de água, por meio de uma válvula solenóide.

Importante, neste ponto, é a definição dos valores ótimos de condutividade e pH de trabalho dos tanques de lavagem, para que, ao mesmo tempo que haja redução do consumo de água, não haja prejuízos em relação à qualidade da lavagem.

i) Tanque de recuperação

Instalado logo após os tanques de processo, tem como função remover a maior parte da solução arrastada pelas peças. Sendo assim, a concentração de elementos presentes no processo aumenta rapidamente nesse tanque e, por isso, essa água de lavagem deve ser usada periodicamente para repor as perdas por evaporação e arraste dos banhos.

j) Lavagem por turbilhonamento

O turbilhonamento promove um maior contato entre as peças e a água de lavagem, aumentando a eficiência de limpeza das peças.

Essa técnica consiste na agitação do tanque de lavagem por meio de agitação mecânica, recirculação da solução por bomba ou insuflamento de ar.

k) Técnica do *skip*

Consiste em utilizar a água de lavagem da saída de um tanque para alimentar outro tanque de lavagem, em outra etapa do processo.

Como exemplo, conforme a figura 12, cita-se o aproveitamento da água de lavagem de um processo ácido para lavar as peças que saem de um processo alcalino. Nesse caso, para que isso possa ser feito, é necessário antes verificar alguns requisitos fundamentais:

1. o nível de saída dos tanques de lavagem deve ser ajustado para que a água seja levada de um tanque para o outro por gravidade;
2. o tanque de lavagem, após o desengraxe, deve ter revestimento anti-ácido; e
3. é preciso certificar-se de que o desengraxante não tenha cianetos em sua formulação, pois uma mistura de solução ácida com cianetos provocaria a formação de gases tóxicos e letais.

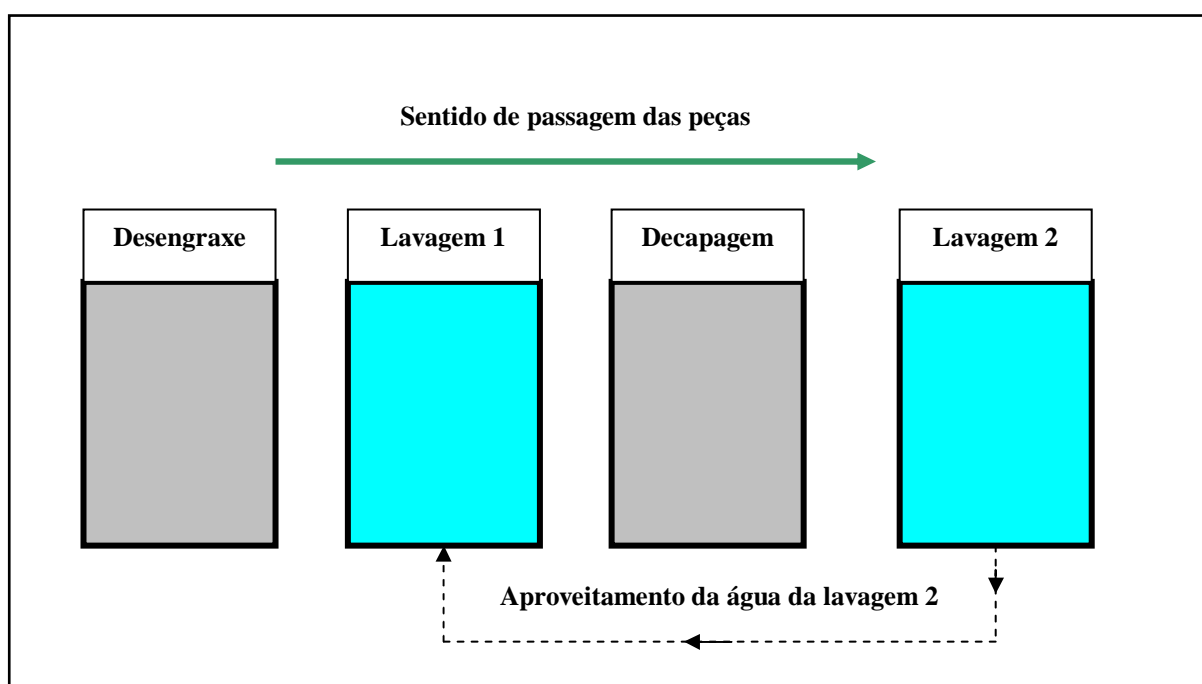


Figura 12. Lavagem com *skip*.

l) Aumento no número de tanques de lavagem e sistema em cascata

O aumento do número de tanques de lavagem promove lavagens com qualidade e com menor consumo de água. Esta técnica consiste em aumentar ou manter o número de tanques, reduzindo a vazão de água anteriormente utilizada.

A entrada de água limpa deve ser feita somente no último tanque de lavagem e esta, ao invés de ser descartada, é bombeada para abastecer o tanque anterior e assim sucessivamente.

Dessa forma, em um sistema que, por exemplo, utilize dois tanques de lavagem, na qual a vazão é de 3 m³/h, em cada um destes tanques, tem-se uma vazão total de 6 m³/h. Depois de aplicada a técnica tem-se então uma vazão única de 3 m³/h somente no último tanque, pois o outro será abastecido com a água já utilizada no tanque posterior, conforme figuras 13 e 14.

O sistema em cascata é utilizado quando em um sistema de lavagem o transbordo do estágio subsequente é utilizado como reposição no estágio anterior.

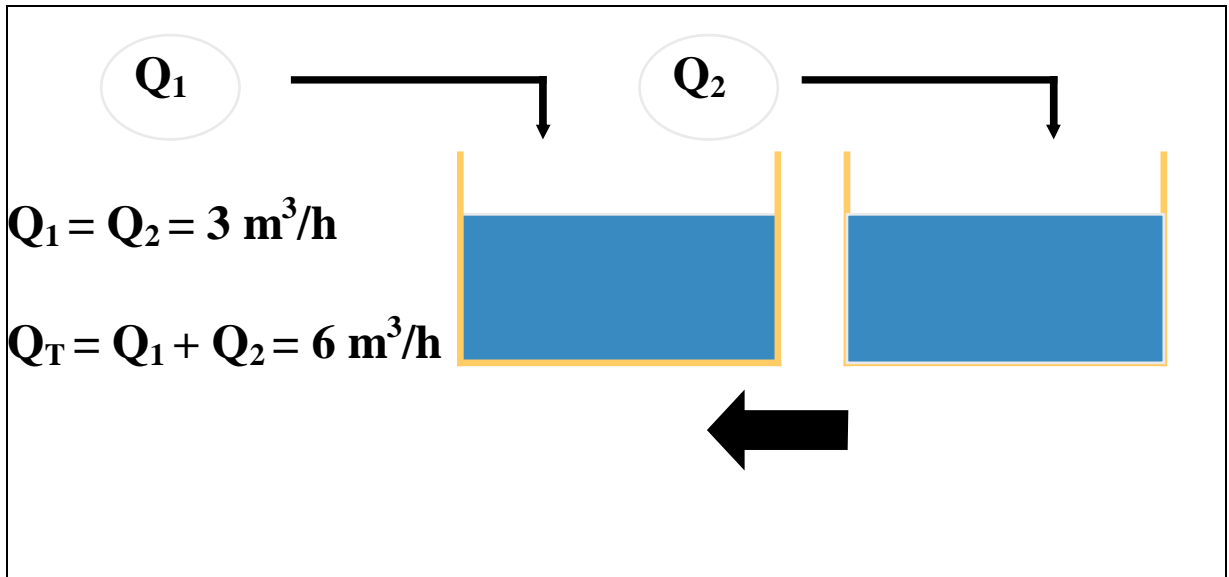


Figura 13. Esquema de tanques de lavagem com entrada individual

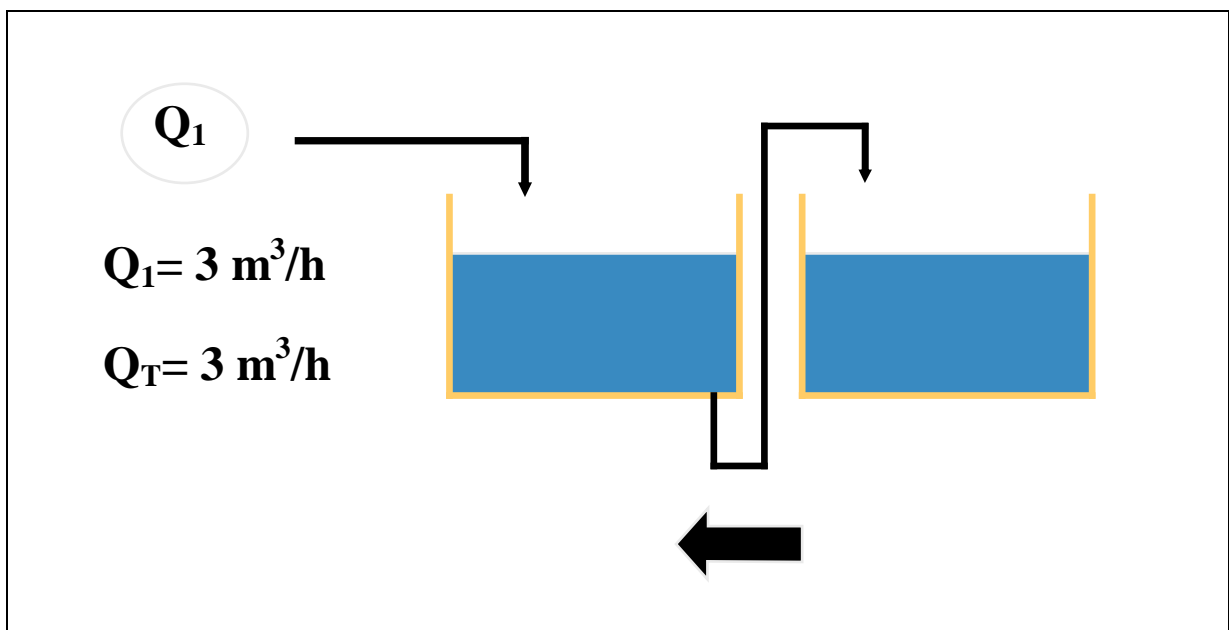


Figura 14. Esquema de tanques de lavagem com sistema em cascata

5 DEMANDA E OFERTA DE ÁGUA

Neste capítulo, serão apresentadas as principais atividades consumidoras de água da Brasmetal Waelzholz, os dados de consumo dessas atividades, as fontes de abastecimentos de água e seus respectivos custos, de modo a fornecer subsídios para definição de prioridade de ações, no que diz respeito ao gerenciamento do uso da água.

Serão apresentadas, também, informações relativas ao tratamento de efluentes e aos custos envolvidos com essas operações.

A figura 15 ilustra os aspectos relacionados à demanda e à oferta de água no gerenciamento do uso da água nesta indústria.

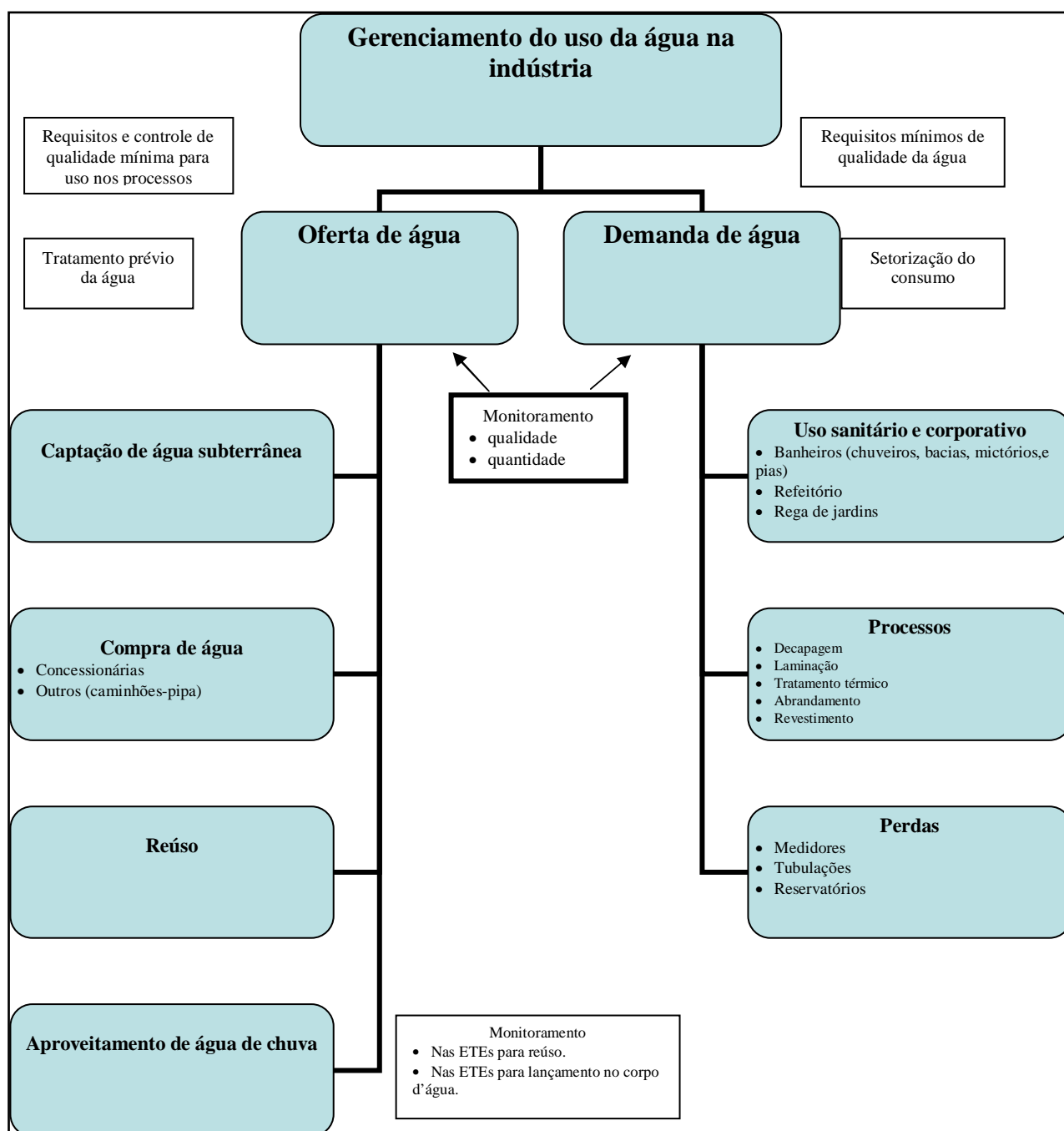


Figura 15 – Gerenciamento do uso da água: demanda e oferta.

5.1 Caracterização dos processos consumidores de água

Algumas medidas isoladas já foram tomadas para reduzir o consumo por tonelada produzida, porém tem ocorrido uma grande variação de consumo, de um mês para outro, devido à deficiência de gerenciamento do sistema. Além disso, não há uma política definida de estudos e investimentos para redução do consumo de água.

5.1.1 Decapagem Ácida

O processo de decapagem química é o mais relevante no que diz respeito ao consumo de água e por isso será detalhado neste capítulo.

Para que seja possível a relaminação a frio, faz-se necessário que a bobina seja decapada, química ou mecanicamente, para a obtenção de uma superfície limpa, isenta de óxidos ou sujidades.

O processo de decapagem, segundo Ceolin *et al.* (2002), tem como função básica a remoção de camadas de óxido, também conhecidas como carepas, que se formam durante o processo de relaminação a quente de bobinas de aço.

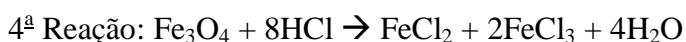
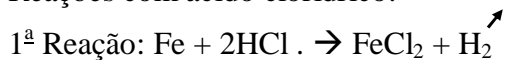
Os principais óxidos, formados durante este processo, e suas proporções aproximadas na camada, são Fe_2O_3 (2%), Fe_3O_4 (18%) e FeO (80%) (OLIVEIRA, et al., 1995). Essa proporção depende de diversos fatores, entre eles, da temperatura de acabamento, das condições de resfriamento da tira, da temperatura de bobinamento e da composição química do aço.

Fatores como teor de carbono e de elementos de liga na composição química do aço interferem diretamente na espessura e na dificuldade na remoção da carepa. Quanto maior o teor de carbono em um determinado aço, tanto maior será a dificuldade de remoção do óxido formado.

No caso de elementos microligantes, tais como, cromo, níquel, vanádio e titânio, entre outros, ocorre a formação de outros óxidos que apresentam maior dificuldade na sua remoção pelo processo de decapagem ácida.

Para remoção das carepas são normalmente utilizadas soluções decapantes à base de ácidos clorídrico ou sulfúrico. As principais reações químicas envolvidas no processo de decapagem da Brasmetal Waelzholz, que utiliza o ácido clorídrico, são as seguintes:

Reações com ácido clorídrico:



Os produtos dessas reações devem ser totalmente removidos da superfície da tira de aço com o objetivo de evitar a continuação do ataque ácido com conseqüente formação de manchas de oxidação e prejuízo à qualidade do produto. Estas manchas de oxidação podem ser causadas pela secagem da chapa em condições nas quais não houve a completa neutralização da solução ácida proveniente do banho de decapagem ou pela ação de cloreto residual na superfície da chapa.

Além das manchas de oxidação, podem ocorrer prejuízos também aos processos posteriores, como por exemplo, a relaminação, em que teores de sais na superfície podem contaminar a emulsão utilizada para refrigeração do processo de relaminação a frio.

Por isso, após a remoção da carepa, faz-se necessário efetuar uma lavagem com vazão e pressão suficientes para remoção total do resíduo ácido na superfície. Esta é a etapa em que há o maior consumo de água no processo de decapagem.

A figura 16 apresenta o fluxo do processo de decapagem química e o quadro 7 apresenta os parâmetros que interferem no consumo de água da decapagem química.

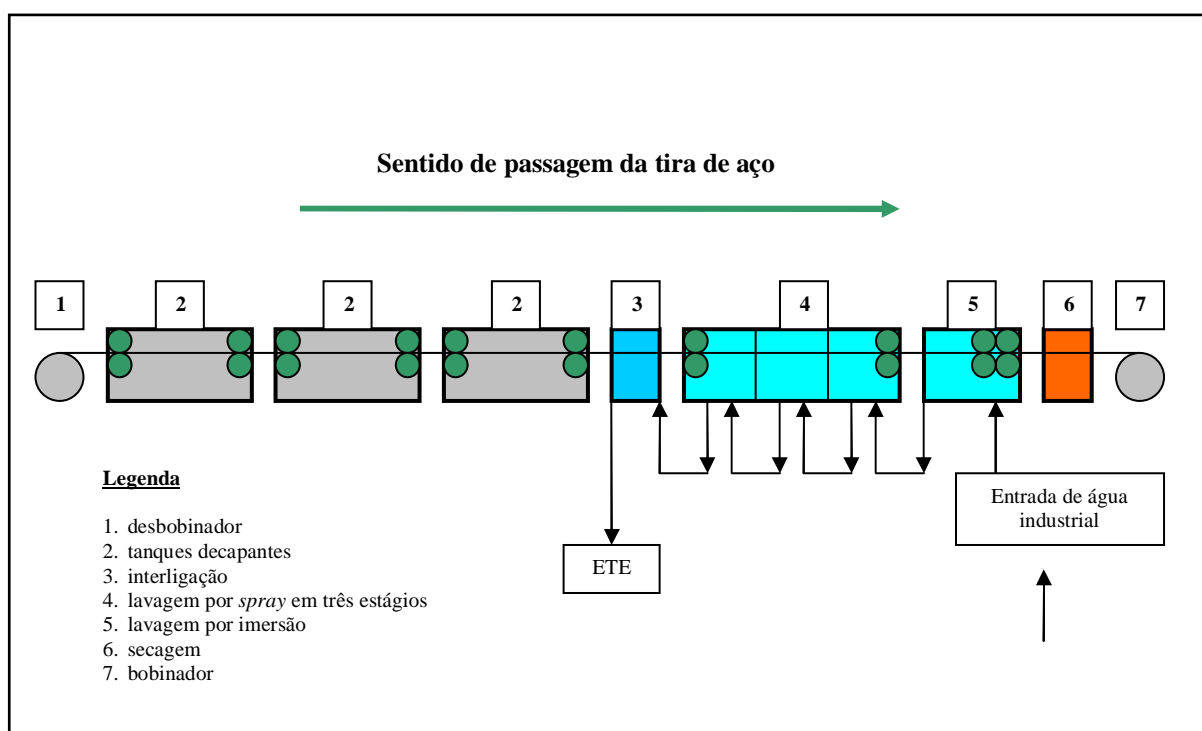


Figura 16. Fluxo simplificado do processo de decapagem química

Parâmetro	Características
Velocidade de passagem da tira pelos tanques	É função da espessura e da composição química da camada de óxido (carepa) e também da espessura da tira de aço. A velocidade será menor quanto mais difícil for a remoção desta camada ou quanto maior for a espessura da tira. Quanto menor for a velocidade, menor será o arraste de solução ácida para o sistema de lavagem e menor será o consumo de água. Nesse caso, haverá menor produtividade.
Espessura da tira de aço	Quanto maior a espessura da bobina, maior será o arraste de solução ácida para o sistema de lavagem.
Largura da tira de aço	Quanto maior a largura da bobina, maior será o arraste de solução ácida para o sistema de lavagem.
Composição química do aço	Quanto maior o teor de carbono presente no aço ou quanto mais complexa for sua composição (elementos de liga), maior será a dificuldade de remoção da carepa. Assim faz-se necessário o aumento da concentração do ácido nos tanques e decapagem e conseqüente aumento da quantidade de água no sistema de lavagem.
Defeitos de forma	Problemas relacionados à planicidade das bobinas, tais como, ondulações, acanoamentos e flexamentos podem exigir redução da velocidade de processamento, retrabalhos ou até impossibilitar a decapagem, principalmente em linhas que possuem tanques rasos, pois parte da chapa pode não ser decapada. Neste caso, haverá maior arraste de solução de um tanque para outro e conseqüente aumento do consumo de água no sistema de lavagem.
Sistema de retenção de ácido dos tanques	É comum, neste tipo de linha semicontínua de decapagem, existirem entre os diversos tanques os chamados rolos de retenção, que têm por objetivo reduzir ao máximo a passagem de líquido de um tanque para outro, reduzindo assim a contaminação dos tanques subseqüentes. Este sistema de retenção depende de diversos fatores, tais como quantidade de rolos de retenção, tipo de material usado em sua fabricação (capacidade de retenção x resistência mecânica x resistência química) e pressão exercida sobre a chapa.
Qualidade da água de entrada	Em função da necessidade de controlar diversos parâmetros para manutenção da qualidade da limpeza superficial, a qualidade da água é um fator de suma importância para o processo. Quanto maior for o pH da água e menores forem seus teores de cloreto e ferro, menor será a vazão de entrada necessária para manter o sistema dentro dos parâmetros estabelecidos.

Quadro 7 - Parâmetros que interferem no consumo de água do processo de decapagem

A lavagem, que é o sistema que apresenta o maior consumo de água do processo de decapagem ácida, é separada em etapas num sistema do tipo cascata, que utiliza a água já usada no processo posterior. Desta forma, há economia significativa de água em relação a um sistema convencional. O fluxo do processo de lavagem pode ser observado na figura 17 e será detalhado a seguir.

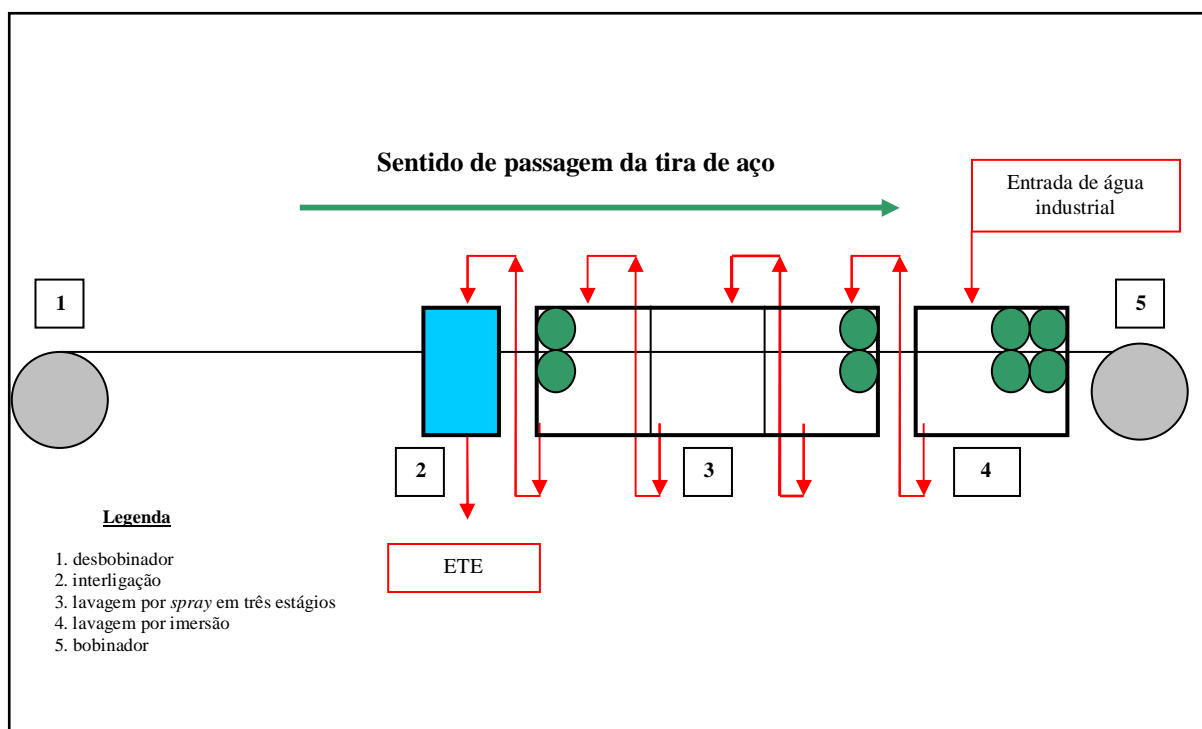


Figura 17. Detalhe do sistema de lavagem do processo de decapagem ácida.

A interligação é a primeira lavagem instalada logo após o último tanque de decapagem química. Tem por objetivo iniciar a neutralização do ácido que permanece na superfície do aço e evitar que o arraste do ácido contamine os estágios de lavagem posteriores.

Esta etapa, composta por um compartimento de 1m de comprimento por 2m de largura, é alimentada pela água anteriormente utilizada no estágio de lavagem por *spray* 1 e é composta por dois ramais, um para cada superfície da bobina de aço.

Os ramais são construídos em polietileno tubular, com bicos instalados ao longo do seu comprimento, de forma a alcançar toda a área a ser lavada. O sistema é alimentado por uma bomba regulada para fornecer 4 m³/h de água proveniente do tanque de *spray* 1.

Os tanques de *spray* 1, 2 e 3, instalados após a interligação, têm por objetivo eliminar qualquer resíduo ácido proveniente do estágio anterior, por meio de vazão e pressão de água.

O sistema é dividido em três estágios, que juntos somam dezoito ramais, sendo nove para cada face da chapa. Cada ramal possui oito bicos de *spray*, que resultam num total de cento e quarenta e quatro bicos de *spray*. A alimentação é feita por uma bomba regulada para fornecer 4 m³/h de água proveniente do tanque de neutralização.

Em cada estágio, é controlado o pH para evitar que a bobina seja lavada com água de caráter ácido e isto venha a provocar manchas durante período de estocagem.

Os valores de pH de cada um dos tanques de *spray* estão descritos na tabela 7.

Tabela 7 - Valores de pH dos tanques de *spray*.

Estágio	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
pH	>2	>5	>6

Finalmente, o tanque de neutralização tem por objetivo efetuar a lavagem final da bobina e aquecer a superfície para facilitar o processo de secagem. A bomba instalada é regulada para uma vazão de 4 m³/h. Os parâmetros de processo da neutralização estão descritos no quadro 8.

Parâmetro	Importância do controle	Forma de controle	Faixa de controle
Acidez (pH)	A acidez na superfície metálica dá início a processos de manchamento ou até mesmo de corrosão superficial.	pHmetros calibrados ou papel indicador de pH	>7
Condutividade	A quantidade de sais dissolvidos na água de lavagem pode, além de criar condições para um manchamento ou até uma corrosão da superfície metálica, prejudicar operações posteriores tais como relaminações.	Condutímetro calibrados	De 100 µS/cm a 200 µS/cm dependendo do tempo de residência no tanque de lavagem.
Teor de ferro	Proveniente do arraste dos tanques de ácido clorídrico, que contêm elevados teores de ferro devido à remoção da carepa. O teor de ferro, se elevado, pode provocar manchas na superfície devido à oxidação do ferro.	Análise colorimétrica	< 15 mg/L
Teor de cloreto	Proveniente do arraste dos tanques de ácido clorídrico, é tido como um dos parâmetros mais importantes de controle. Se fora da faixa máxima, provoca manchas amarelas intensas e prejudica também processos posteriores como relaminações e pintura.	Análise volumétrica de cloreto na solução e na superfície da chapa após lavagem	< 20 mg/L
Temperatura	Temperaturas baixas causam redução na velocidade do processo, já temperaturas elevadas são excelentes auxiliares de secagem. Porém cuidados especiais devem ser tomados com outros parâmetros, como teor de cloreto, para que a temperatura não funcione como catalisadora das reações de corrosão.	Termômetros calibrados	De ambiente a 100°C, dependendo do tempo de residência no tanque de decapagem

Quadro 8 - Parâmetros de controle da lavagem no processo de decapagem ácida

O sistema todo, tanques de *spray* e neutralização, necessita de amplas vazões e por isto gera um grande volume de efluentes com características de elevada acidez e altos teores de cloreto e ferro. Conseqüentemente, este efluente necessita de tratamento adequado para lançamento no corpo d'água ou até para o reúso no processo.

Esse efluente pode sofrer dois tipos de tratamento, o primeiro para adequação à legislação no qual o tratamento efetuado objetiva conseguir um efluente de acordo com os parâmetros requeridos pelo órgão ambiental e o segundo tratamento para adequação ao reúso, que tem por finalidade deixar a água tratada em condições de ser reutilizada no processo produtivo.

No processo em questão, o tratamento realizado visa somente a adequação à legislação para lançamento no corpo d'água.

Outras atividades consumidoras de água, porém de menor relevância nesta etapa, estão descritas no quadro 9.

Atividade	Característica	Consumo de água (m³/mês)
Diluição de ácido	A água nesse processo é utilizada para diluição do ácido recebido de fornecedores, que apresenta concentração de 32% e para utilização no processo produtivo é diluído a uma concentração de 16%.	250
Preparação de solução de cal	Utiliza-se água para preparação da solução de cal, conhecida como leite de cal, que será utilizada como reagente na estação de tratamento de efluentes.	50
Preparação de solução de hidróxido de sódio	Utiliza-se água para preparação da solução de hidróxido de sódio que será utilizada nos lavadores de gases.	Consumo não controlado
Lavagem de pisos e equipamentos	Água para lavagem de pisos e equipamentos.	
Consumo humano	Água para abastecimento de vestiários e sanitários.	

Quadro 9 - Outras atividades consumidoras de água no processo de decapagem ácida

5.1.2 Corte e recorte

Corte é a etapa na qual se realiza o corte longitudinal da bobina de forma a adequá-la em termos de largura, conforme a capacidade dos laminadores.

Recorte é a etapa em que se realiza também o corte longitudinal da bobina, porém com objetivo de adequá-la em termos de largura às condições estabelecidas pelo cliente no momento do contrato de fornecimento.

Nessas etapas, a água é utilizada somente no sistema de resfriamento de motores elétricos e unidades hidráulicas.

5.1.3 Relaminação (desbaste e acabamento)

A relaminação é um processo de conformação que consiste na passagem de um corpo sólido (material) entre dois cilindros (ferramentas) que giram a mesma velocidade periférica, mas em sentidos contrários, conforme apresentado na figura 18. Desta forma, o corpo da peça sofre uma deformação plástica na passagem entre os cilindros que resulta na redução de sua secção transversal e no aumento de seu comprimento e largura.

Para se obter uma determinada dimensão (espessura) do corpo, deve-se submeter o material a sucessivos passes através dos cilindros, com as distâncias decrescentes entre si.

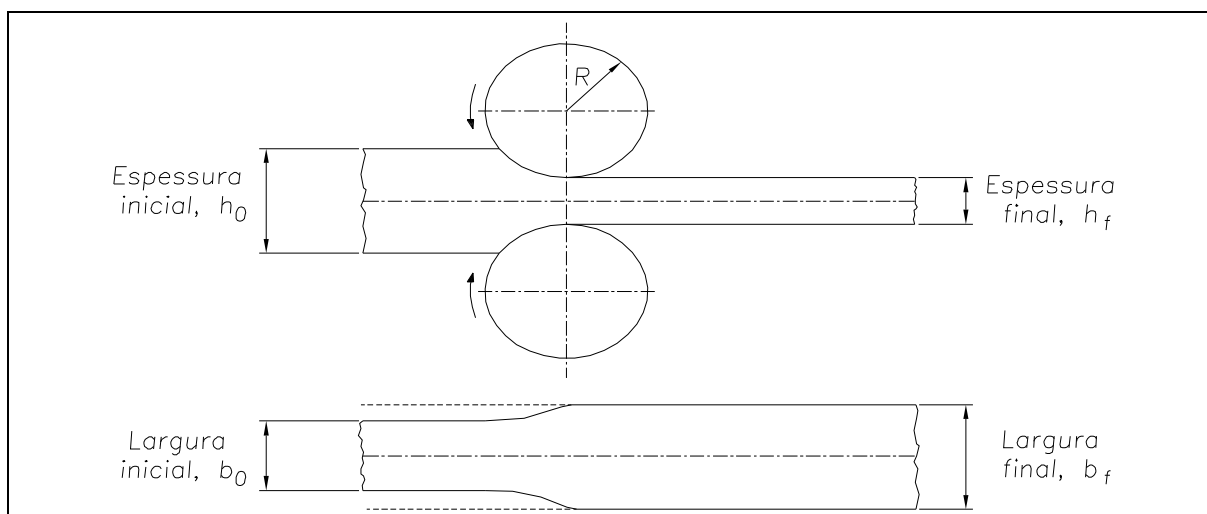


Figura 18. Ilustração esquemática do processo de relaminação.

Fonte: Brasmetal Waelzholz, 2005.

A passagem do material pelos cilindros ocorre pela ação da força de atrito que atua na superfície de contato entre o material e os cilindros.

A relaminação a frio é aplicada quando as especificações do produto indicarem necessidade de acabamento superficial superior (obtido com cilindros menos rugosos e baixa temperatura, o que evita a formação de óxidos) e propriedades mecânicas e metalográficas especiais.

A relaminação a frio, na indústria em questão, é feita em um laminador quádruplo reversível, no qual o produto é movimentado para frente e para trás, entre os cilindros de trabalho, até quando a espessura desejada é atingida. O acabamento de superfície é determinado na laminação de acabamento, também conhecido como *Skin Pass*.

Com intuito de promover a refrigeração e evitar marcas superficiais nos cilindros de trabalho e na superfície do material, é utilizada uma emulsão, com concentração entre 3% e 4% de óleo, a uma temperatura entre 35 °C e 40 °C.

Nesse processo, ocorre o consumo de água para as operações de preparação e manutenção da concentração da solução (emulsão), manutenção do nível de trabalho do tanque de emulsão (devido a perdas por evaporação e vazamentos) e reposições devidas a purgas que são feitas em função de contaminações da solução com óleo hidráulico proveniente de vazamentos no sistema dos laminadores.

5.1.4 Tratamento térmico (recozimento em caixa)

Recozimento é um termo genérico que engloba vários tratamentos térmicos, com objetivo básico de aumentar a ductilidade dos materiais metálicos.

Após a laminação de desbaste, para se atingir as propriedades mecânicas e a microestrutura desejável, é necessário um recozimento de recristalização e/ou coalescimento.

Este recozimento é realizado tradicionalmente em fornos do tipo campânula (sino), nos quais se utilizam os gases nitrogênio e hidrogênio, que têm a função de formar uma atmosfera redutora e propiciar um tratamento térmico homogêneo.

Á água consumida nesta etapa é aquela utilizada no sistema de resfriamento das cargas depois de finalizado o recozimento.

Apesar de ser um sistema no qual a água não entra em contato direto com o material, há consumo elevado, devido à evaporação e à perdas decorrentes de vazamentos nas torres de resfriamento.

5.1.5 Eletrodeposição (Linhas de Revestimento)

Conhecido popularmente pelo nome de processo de galvanoplastia, a eletrodeposição, segundo Panossian (2002), consiste na imersão da peça a ser revestida em uma cuba eletrolítica que contém um eletrólito (denominado normalmente de banho) no qual estão dissolvidos sais do metal que se deseja depositar. A deposição é feita por meio da aplicação de uma diferença de potencial elétrico entre a peça, que deve ser o pólo negativo (catodo) e um condutor adequado, que deve ser o pólo positivo (anodo). A eletrodeposição pode ser feita de maneira contínua e não-contínua (batelada). Chapas, fios e tiras são revestidos em processo contínuo e produtos acabados (como parafusos, autopeças) são revestidos em processo não-contínuo.

No caso da indústria em questão, trata-se de um processo contínuo, que deposita camadas para aplicações técnicas como conformação e resistência à corrosão e decorativas.

Devido à diversidade dos processos, utilizam-se diversos produtos químicos de elevada toxicidade, tais como cianetos, ácidos e sais de metais pesados (chumbo, níquel, zinco etc.).

Em relação ao consumo de água, apresenta-se como sendo um dos processos que mais consome esse recurso natural.

Os mais elevados consumos nessa etapa estão descritos no quadro 10.

Atividade	Descrição
Preparo de soluções de desengraxe, decapagem e banhos eletrolíticos	As soluções utilizadas nos processos de pré-tratamento (desengraxe e ativação ácida), eletrodeposição (banhos eletrolíticos) e pós-tratamento (cromatização, fosfatização e verniz) têm vida útil relacionada a diversos fatores tais como contaminações e formação de produtos indesejáveis durante as reações de eletrólise. Por esse motivo essas soluções devem ser parcial ou totalmente descartadas periodicamente, sendo então necessário o procedimento de preparação de uma nova solução.
Reposição das soluções	Necessidade de reposições periódicas de água devido a: a) arrastes provocados pela passagem da fita por dentro dos tanques; b) vazamentos de tanques, tubulações e filtros; e c) evaporação devido a esses processos trabalharem a temperaturas que variam de 50°C a 60°C.
Refrigeração de motores elétricos e unidades hidráulicas	Similar aos existentes em outras etapas do processo de relaminação da indústria em questão, há aqui também torres de resfriamentos responsáveis pela refrigeração desses equipamentos por meio da passagem da água por trocadores de calor.
Lavagem da superfície após cada etapa do processo	Assim, como no processo de decapagem química, os resíduos que são arrastados durante passagem da chapa por dentro dos tanques, devem ser retirados da superfície do aço, para que não ocorram reações indesejadas e que venham a iniciar processos de manchamento e corrosão. Para este fim, são utilizados tanques, de menor proporção que os apresentados no processo de decapagem química e que têm a mesma função, ou seja, por meio de pressão e vazão de água devem eliminar qualquer resíduo remanescente. Neste caso, o controle da qualidade da água utilizada é de suma importância e por isso sua reposição deve ser permanente. Isso explica o grande consumo de água desta fase do processo, que dos três apresentados é o de maior importância.
Refrigeração de rolos transmissores de energia	Em toda a linha, há diversos rolos transmissores de energia que têm por função transmitir a energia que vem dos retificadores de corrente para a fita de aço. Como são transmitidas correntes elevadas, há um aquecimento da superfície desses cilindros. Tal aquecimento pode provocar marcas na superfície, deficiência na aderência da camada ao substrato e manchas no depósito. Por estes motivos, são utilizados pequenos chuveiros com água para refrigeração dos rolos transmissores, conforme figura 19.

Quadro 10 – Atividades consumidoras de água no processo de eletrodeposição

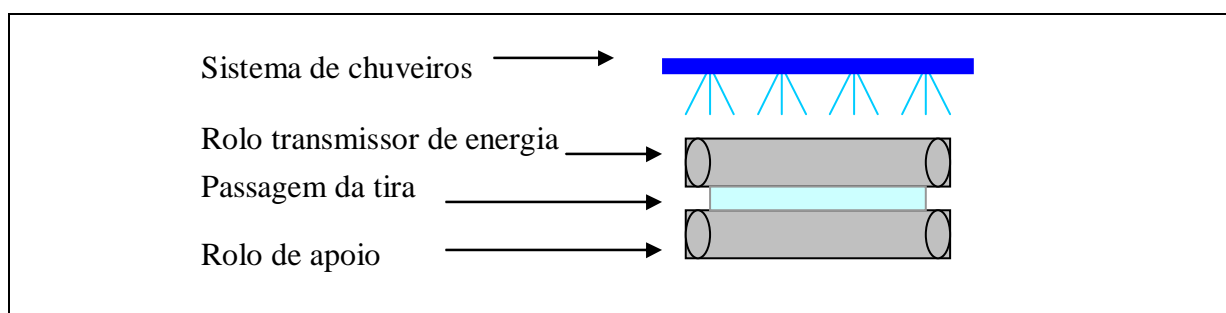


Figura 19. Ilustração esquemática da refrigeração de rolos transmissores de energia.

5.2 Levantamento de dados de consumo das principais etapas

Com o objetivo de priorizar ações, faz-se necessário apresentar os dados de consumo por atividade, conforme tabela 8, que dão idéia da dimensão do problema decorrente não só do elevado consumo, mas da variação bastante significativa de um período para outro.

Para a coleta desses dados, foram instalados hidrômetros nos principais pontos de consumo. As leituras de consumo são feitas diariamente com objetivo de localizar eventuais perdas por vazamentos ou outras formas. Deste modo, aumenta-se a agilidade na correção de um eventual problema que possa comprometer as metas de consumo.

As figuras 20 e 21 mostram a relação percentual entre os consumos de cada etapa. Percebe-se que as atividades de Decapagem, Relaminação, Fornos e Revestimento apresentam-se, nesta ordem, como as que mais demandam água em seus processos.

Na figura 21, é possível verificar a relação percentual de cada etapa comparada com a somatória das etapas de Decapagem e Revestimento. Essa comparação é importante, uma vez que as atividades de Decapagem e Revestimento têm em comum a utilização de processos de lavagem da tira. Os processos de lavagem têm como característica grande consumo de água. Por esse motivo, o conhecimento dos tipos de lavagem e das técnicas de otimização torna-se importante.

Tabela 8 – Consumo de água em m³ - 2004

	Decapagem	Relaminação^a	Fornos	Revestimento	Abrandamento^b	Incêndio^c	Reúso^d
Jan.	3.375	1.132	583	819	1.081	107	184
Fev.	3.028	1.059	539	532	1.037	128	255
Mar.	3.273	1.347	634	915	1.075	122	271
Abr.	2.675	1.740	917	702	1.031	115	339
Mai	2.919	1.439	797	819	1.281	124	386
Jun.	3.388	1.545	715	573	1.427	98	410
Jul.	2.800	1.770	1069	660	1.375	292	409
Ago.	2.943	1.818	952	1.013	1.607	121	355
Set.	3.027	2.146	998	836	1.342	222	197
Out.	3.098	3.010	780	651	1.370	210	303
Nov.	2.376	1.689	993	1.038	1.623	294	488
Dez.	2.475	1.264	742	925	1.470	125	318
Total	35.376	19.959	9.718	9.463	15.720	1.956	3.915
Média	2.948	1.663	809	789	1.310	163	326

Fonte: Brasmetal Waelzholz, 2005.

- Refere-se a toda água utilizada nos processos de relaminação e tratamento térmico que utilizam torres de resfriamento para refrigeração dos motores elétricos e sistemas hidráulicos, além de outros equipamentos de menor importância.
- Refere-se à água previamente tratada, para retirada da “dureza” (quantidade de sais de cálcio e magnésio dissolvidos), que tem como finalidade o abastecimento da caldeira e do reservatório de emulsão utilizada para resfriamento do processo de laminação.
- Refere-se ao consumo eventual de água reservada somente para fins de combate à incêndios. Esse é um consumo que não deveria ocorrer, pois é passivo de multas por parte da fiscalização do Corpo de Bombeiros.

Problemas relacionados à não-localização de vazamentos e à falta de conscientização de colaboradores que utilizam pontos em que a água é proveniente do reservatório para água de incêndio ao invés de pontos de água industrial, são os principais motivos desse consumo.

- d) Refere-se à água proveniente do tratamento de efluentes da linha de decapagem química que, após tratamento físico-químico, seria lançada no corpo receptor, porém é reutilizada no processo produtivo como água para diluição do ácido clorídrico utilizado como solução decapante, como água para preparação do leite de cal, que será utilizado na estação de tratamento de efluentes e para outros fins de menor volume e relevância.

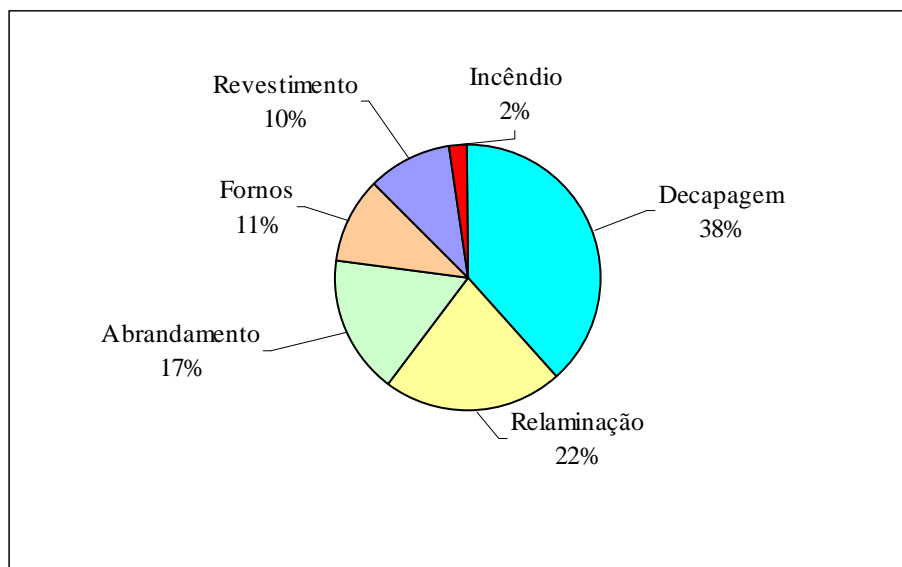


Figura 20. Distribuição do percentual de consumo por atividade.

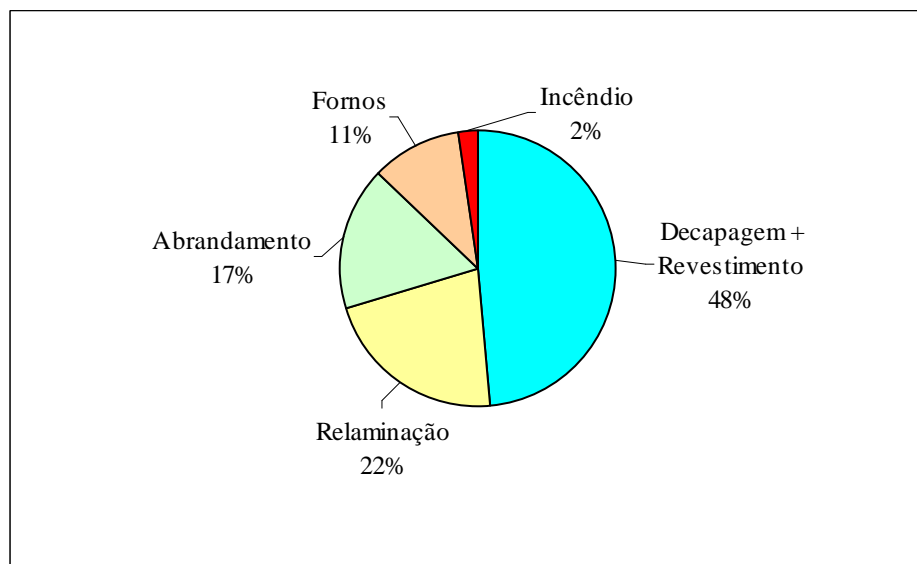


Figura 21. Distribuição do percentual de consumo por atividade, com somatória dos consumos Decapagem e Revestimento.

5.3 Fontes de abastecimento de água disponíveis e custos envolvidos

A captação de água para os processos produtivos é feita de três maneiras que estão apresentadas, juntamente com suas respectivas quantidades, conforme a tabela 9.

A primeira, de maior volume e menor custo, é feita por meio de dois poços tubulares profundos que, em virtude de problemas nas tubulações, bombas e monitoramento da vazão, apresentam captações variáveis.

A segunda, de volume pouco inferior a primeira e de maior custo, faz-se por meio da compra de água de empresas que a fornecem em caminhões-pipa. Nesse caso, não há controle efetivo da quantidade de água que entra nos reservatórios, pois há grandes desperdícios por causa de problemas de bombas, mangueiras, engates, monitoramento da vazão e treinamento de pessoal.

A terceira, de menor impacto, devido ao baixo volume, porém de maior custo por litro, refere-se ao consumo de água de fornecimento das companhias públicas que distribuem água potável. Neste ponto, também por conta de problemas de gerenciamento de vazamentos, há consumo variável.

São usadas três fontes pelos seguintes motivos: a única água potável é a fornecida pelas concessionárias, que por ser a de maior custo é utilizada somente para fins de consumo humano. Para os demais fins é utilizada, preferencialmente, a água captada por meio dos poços tubulares, pois é a de menor custo. Essa fonte, porém, não apresenta vazão suficiente para atender toda a demanda e, por esse motivo, é necessário adquirir água das empresas que fornecem em caminhões-pipa.

Tabela 9 – Quantidade de água por fonte de abastecimento - 2004

Quantidade de água por fonte de abastecimento – 2004 (m ³)														
	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total	Média
Poço	6.990	5.766	6.059	4.640	3.450	6.230	7.584	8.103	7.412	7.852	8.650	7.196	79.932	6.661
Concessionárias	1.533	909	669	585	621	521	566	613	678	721	578	582	8.576	715
Outros	1.380	1.960	1.622	2.329	3.646	2.847	2.297	2.357	3.685	4.211	2.244	2.624	31.202	2.600
Total	9.903	8.635	8.350	7.554	7.717	9.598	10.477	11.073	11.775	12.784	11.472	10.402	119.710	9.976

Fonte: Brasmetal Waelzholz, 2005.

Conforme já citado, a compra de água de empresas que fornecem por meio de caminhões-pipa, mesmo não representando o maior volume, representa o maior custo por metro cúbico. As tabelas 10 e 11 mostram o consumo e os valores envolvidos com a compra de água de empresas que fornecem por meio de caminhões-pipa e de concessionárias.

Os custos envolvidos na captação de água subterrânea não foram levantados, pois não havia dados disponíveis. Importante citar que os custos envolvidos na captação são referentes à manutenção dos poços, feita por empresa terceirizada e consumo de energia elétrica para bombeamento.

Tabela 10 – Comparativo de consumo e custo de água – Caminhões-pipa - 2001 a 2005

ANO	Consumo (m³)	Custo (R\$/m³)	Custo total (R\$)
2001	83.886	2,30	192.937,80
2002	68.334	2,32	158.534,88
2003	41.869	3,00	125.607,00
2004	31.202	4,30	134.168,60
2005 (jan – jun)	15.753	5,90	92.942,70
2005 (jan – dez) (estimativa)	31.506	5,90	185.885,40

Fonte: Brasmetal Waelzholz, 2005.

Tabela 11 – Comparativo de consumo e custo de água – Concessionárias – 2004 e 2005

ANO	Consumo (m³)	Custo (R\$/m³)	Custo total (R\$)
2004	8.576	6,06	52.000,56
2005 (jan – jun)	3.444	5,91	20.338,87
2005 (jan – dez) (estimativa)	6.888	5,91	40.677,74

Fonte: Brasmetal Waelzholz, 2005.

As figuras 22 e 23 demonstram que, ao mesmo tempo em que o consumo de água adquirida por meio de caminhões-pipa tem se reduzido ao longo dos anos devido ao trabalho realizado por um grupo interno denominado Projeto Água, o custo do metro cúbico de água tem aumentado sensivelmente.

O mesmo não tem acontecido com a água fornecida pela concessionária local, em função de uma redução do preço do metro cúbico.

Na somatória dos dois consumos, observa-se um aumento de aproximadamente 22%, na estimativa de consumo de 2005 em relação a 2004.

Importante citar que a cobrança, por parte da concessionária, é referente somente ao fornecimento de água. A cobrança pelo lançamento na rede de esgoto não vem sendo feita por não haver rede coletora disponível. Assim, conforme previsão da concessionária local, a partir de 2007 haverá rede coletora e o valor da conta será o dobro da atual.

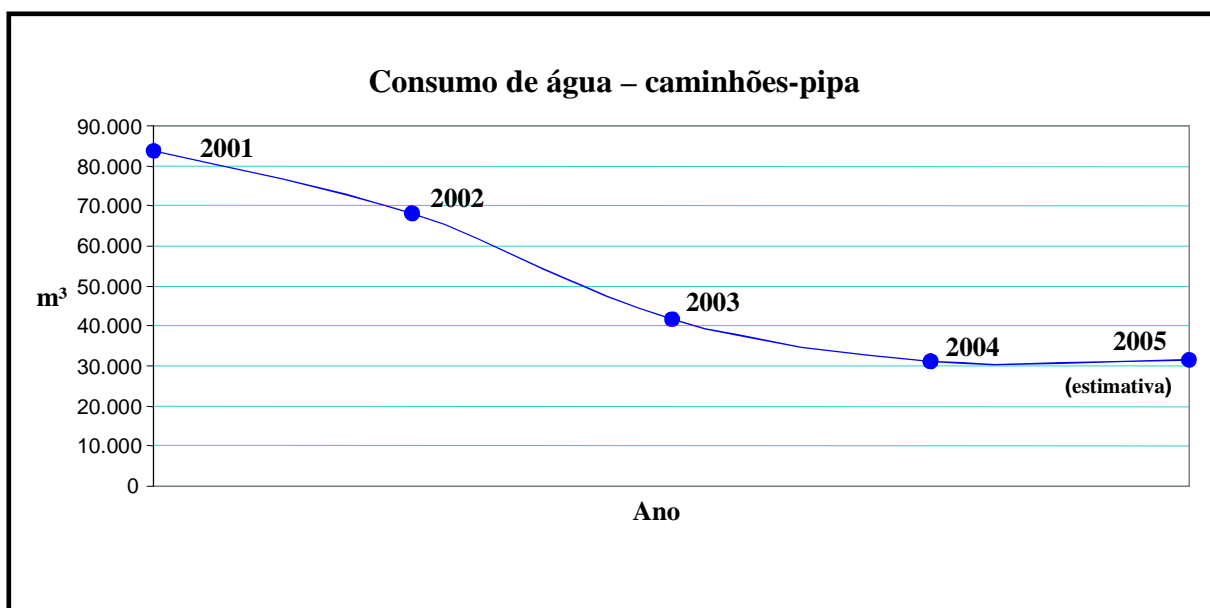


Figura 22. Gráfico da evolução do consumo de água de caminhões-pipa.

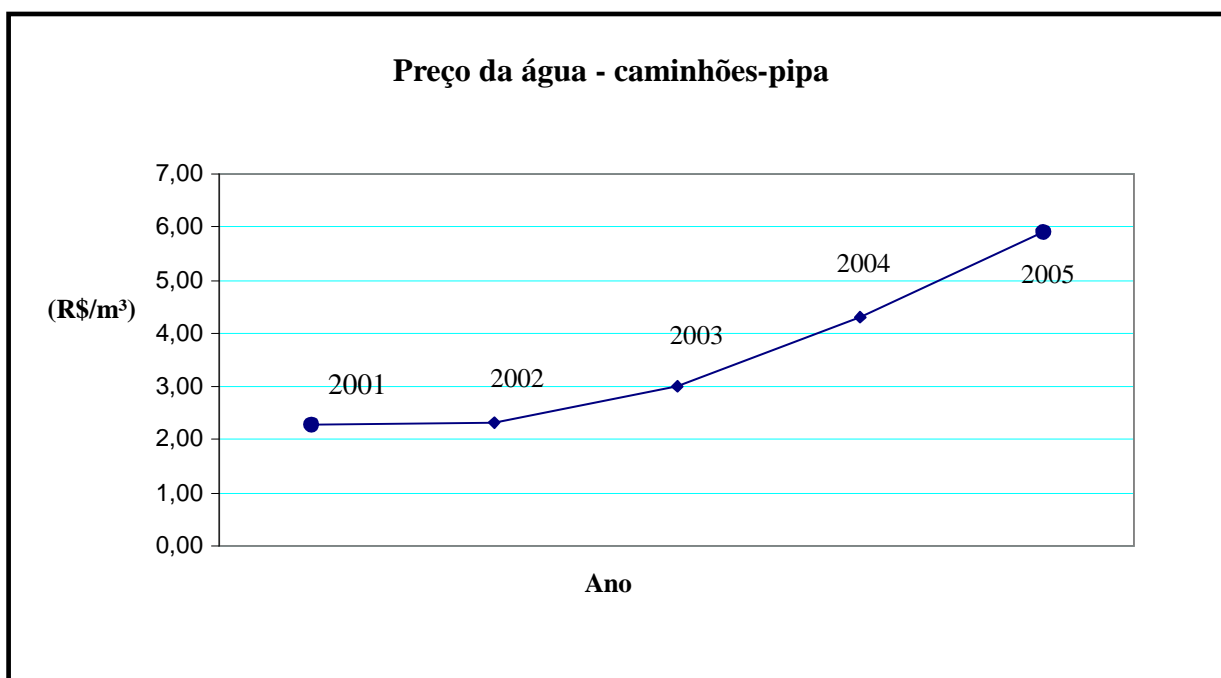


Figura 23. Gráfico da evolução do preço da água de caminhões-pipa.

5.3.1 Riscos potenciais em cada fonte

As fontes de abastecimento apresentam riscos em relação ao aumento do custo, à qualidade e à quantidade de água fornecida. A tabela 12 apresenta os riscos de cada fonte.

Tabela 12 – Fontes de abastecimento e riscos associados

Fonte	Riscos envolvidos		
	Custo	Quantidade	Qualidade
Poços	Elevado risco. Tende a aumentar devido à futura cobrança pela captação.	Médio risco. A queda de vazão que pode ser repentina em virtude da superexploração.	Elevado risco. O processo de captação não garante a qualidade da água.
Concessionárias	Elevado risco. Tende a aumentar em função da cobrança pelo lançamento na rede de esgoto.	Baixo risco.	Baixo risco.
Caminhões-pipa	Elevado risco. O histórico demonstra que os aumentos têm sido constantes e devem continuar assim.	Baixo risco.	Médio risco. É necessário iniciar o controle e avaliar os riscos envolvidos. De qualquer forma, por ser proveniente de poços profundos pode apresentar os mesmos riscos dessa fonte.

5.4 Comparativo de dados de demanda e oferta

Em tese, a demanda e a oferta deveriam ser iguais. Todavia, os dados levantados pelo grupo responsável pelo gerenciamento da água na Brasmetal Waelzholz apresentam grandes diferenças, que podem ser verificadas na tabela 13.

Esse fato foi inicialmente relacionado a possíveis vazamentos em tubulações e reservatórios, mas chegou-se à conclusão que as diferenças ocorrem por conta dos problemas de confiabilidade dos dados coletados nos hidrômetros. A maioria dos hidrômetros não estava devidamente calibrada, principalmente aqueles que estavam medindo a captação dos poços tubulares, o que gerou erros expressivos.

Há, portanto, a necessidade de medidas que possam dar confiabilidade nos dados obtidos, entre elas a calibração de todos os hidrômetros da planta.

Tabela 13 – Comparativo entre demanda e oferta de água – 2004

Oferta (m ³)	Poços		Concessionárias			Outros	Total
	79.932		8.576			31.202	119.710
Demanda (m ³)	Decapagem	Relaminação	Fornos	Revestimento	Abrandamento	Incêndio	96.107
		35.376	19.959	9.718	9.463	15.720	
Diferença (m ³)							23.603

Outro fator importante refere-se ao patamar em que está essa demanda em relação aos processos similares. Afinal, o consumo de Brasmetal Waelzholz é satisfatório? Infelizmente, não foi possível responder a essa questão, em decorrência das dificuldades na pesquisa de dados de processos semelhantes. Os poucos dados conseguidos são provenientes de processos com diferenças tecnológicas significativas e que não forneceram informações seguras para essa resposta.

5.5 Tratamento de efluentes: características e custos envolvidos

Outro ponto relevante em relação ao consumo de água é o tratamento de efluentes, em função do atendimento à legislação e dos custos envolvidos.

A Brasmetal Waelzholz dispõe de duas estações de tratamento de efluentes, a primeira, trata os efluentes provenientes das linhas de eletrodeposição e trabalha no sistema de bateladas, enquanto a segunda trata os efluentes provenientes da linha de Decapagem e os efluentes contaminados com óleo de toda a planta. Nessa estação, o sistema de tratamento é contínuo.

Esse processo envolve, basicamente, redução, oxidação, neutralização e precipitação de metais.

O efluente tratado deve atender aos requisitos do artigo 19-A, do decreto estadual 8468 de 1976 e da resolução CONAMA 357 de 2005.

A tabela 14 mostra a previsão de custo para o ano de 2005. Essa previsão foi feita a partir do histórico do primeiro semestre de 2005 e leva em consideração os insumos (produtos químicos, energia elétrica e ar comprimido) e a mão-de-obra utilizados no tratamento de efluentes, somados ao custo de destinação do resíduo sólido.

Tabela 14 – Custo do tratamento de efluentes – 2005 (previsão)

	Volume tratado (m ³ /ano)	Custo (R\$/m ³)	Custo total (R\$/ano)
ETE Decapagem	36.000	13,00	468.000,00
ETE Revestimento	5.300	83,34	441.702,00
Total	41.300	-	909.702,00

5.6 Custo total: captação de água e tratamento de efluentes

Os custos, em relação ao uso da água na Brasmetal Waelzholz, envolvem a captação de água, relativo à compra de concessionárias e de empresas que fornecem por meio de caminhões-pipa e o tratamento de efluente. Os valores com a captação de água não foram considerados por falta de dados disponíveis sobre a operação e a manutenção dos poços. Sabe-se, no entanto, que os custos operacionais referem-se somente ao consumo de energia das bombas e os custos de manutenção às limpezas anuais do sistema (bombas e tubulações).

A tabela 15 mostra o custo da utilização de água na planta, desconsiderando o valor de captação de água dos poços.

Tabela 15 – Custo da utilização de água na planta – 2005 (previsão)

Item	Compra de água (concessionárias)	Compra de água (outros)	Tratamento de efluentes	Custo total
Custo (R\$/ano)	40.677,74	185.885,40	909.702,00	1.136.265,14

Uma forma de minimizar esse valor é por meio da implementação de ações que serão apresentadas no capítulo Diretrizes.

Um ponto importante a ser observado refere-se à diferença entre a quantidade captada e a quantidade efetivamente tratada nas ETEs e lançada no corpo d'água. A tabela 16 demonstra essa diferença.

Tabela 16– Comparativo entre as quantidades de água captada e lançada.

	Quantidade (m ³)
Água captada	119.710
Efluente tratado nas ETEs	41.300
Diferença	78.410

Se levado em consideração o custo do m³ de água comprada de empresas que fornecem por meio de caminhões-pipa (R\$ 5,90), essa diferença representa um valor total de R\$ 462.619,00/ano.

A diferença refere-se às perdas nos diversos sistemas e tem como principal motivo a evaporação, principalmente nos fornos, nas linhas de revestimento e na linha de decapagem. Essa divergência, e sua possível recuperação, pode ser foco de uma nova pesquisa, pois representa um considerável potencial de diminuição do consumo.

6 GERENCIAMENTO DO USO DA ÁGUA NA EMPRESA

Atualmente, não há uma sistemática oficial de gerenciamento implantada, no entanto, no ano de 2001, foi criado um projeto denominado “Projeto Água”, com o objetivo de iniciar o gerenciamento do uso da água. Uma equipe multidisciplinar, composta por colaboradores de setores nos quais é significativo o consumo de água, reúne-se, mensalmente, para discutir assuntos relativos ao consumo de água. Desde sua criação, houve redução de 60% no consumo de água.

O grupo é responsável pelo levantamento e análise dos dados de consumo e avaliação e solução de problemas, além da conscientização dos funcionários de cada setor.

Não há um gestor definido pela direção, sendo o gestor do sistema de gestão ambiental o responsável pelas ações da equipe.

O monitoramento do consumo é parcialmente setorizado. Há locais onde seria necessária a instalação de um número maior de hidrômetros e a calibração de todos os existentes. Como não há um orçamento definido para aplicação em melhorias e correções e o custo de calibração é elevado, boa parte dos hidrômetros ainda não é calibrada. Esse fato confere pouca credibilidade aos dados obtidos.

A coleta de dados para análise periódica do grupo é feita da seguinte forma: um funcionário percorre, diariamente, todos os locais pré-definidos e toma nota do consumo em cada hidrômetro, esses dados são passados para outro funcionário que efetua a somatória dos consumos e lança-os em uma planilha que calcula o consumo por unidade de produção (m^3/t). Devido às distâncias entre os pontos de monitoramento, esse trabalho demanda de 1 a 2 horas por dia.

Em relação às metas de consumo de água por unidade produzida, somente em alguns setores elas são definidas. Não havendo, portanto, planejamento para redução dos índices de consumo em toda a planta.

Pelo exposto, percebe-se que o sistema atualmente implantado pode ser melhorado sensivelmente, se baseado nas diretrizes de um PCA.

Mesmo assim, resultados importantes foram alcançados com essa iniciativa. Destacam-se a redução do consumo geral, a mudança no sistema de controle de entrada de água, fornecida em caminhões-pipa e a mudança do sistema de resfriamento de alguns equipamentos.

A mudança no sistema de controle de entrada de água consistiu na simples adoção da prática do cálculo da quantidade de água fornecida por meio da diferença entre o peso dos caminhões na entrada (cheios) e na saída (vazios) e pela manutenção de conexões. Anteriormente, essa quantidade era o resultado dos valores medidos em hidrômetros na entrada dos reservatórios. O problema, neste caso, é que quantidade significativa de água era perdida durante o bombeamento dos caminhões para o reservatório por conta de problemas nas conexões dos caminhões e, principalmente, em virtude de problemas de calibração provenientes de elevada pressão e entrada de ar nas tubulações.

As alterações dos sistemas de resfriamento de alguns equipamentos consistiram na introdução do resfriamento a ar, com a desativação de uma torre de resfriamento. Fato que reduziu o volume de água consumido no processo de Laminação.

O monitoramento setorizado, apesar de precário, também trouxe resultados importantes, uma vez que forneceu dados para priorização de ações.

Um fator que colaborou expressivamente para o sistema de gerenciamento foi a implementação do sistema de gestão ambiental, conforme a NBR ISO 14001:1996, que trouxe as seguintes melhorias:

- a) criação de objetivos e metas, traduzidos em indicadores de performance relacionados ao consumo de água das etapas de Decapagem, Laminação, Revestimento e Têmpera;
- b) obrigatoriedade de calibração periódica dos hidrômetros para atendimento aos requisitos legais e à correta coleta de dados para preparação dos indicadores de performance;
- c) incentivos aos trabalhos do grupo, uma vez que a redução da captação de recursos naturais faz parte da política ambiental da empresa; e
- d) apoio ao trabalho de estudo da avaliação do potencial de reúso de água, como forma de atendimento a outro item da política ambiental que trata da melhoria contínua dos processos.

Ainda em relação ao estudo de avaliação do potencial de reúso de água, foram contratados os serviços de uma entidade especializada neste assunto. Essa ação tornou-se necessária quando a equipe percebeu que, somente com seus conhecimentos técnicos e experiências, não seria possível tomar ações de maior alcance na redução do consumo de água.

O estudo contempla, em sua primeira fase já finalizada, a análise de oportunidades para otimização do uso da água e o estudo do potencial de reúso, além da avaliação do uso de água de chuva. Em sua segunda fase, ainda não iniciada, serão realizados estudos para a implementação do reúso propriamente dito, incluindo-se a definição e a aquisição dos equipamentos apropriados.

Pelo exposto, conclui-se que a forma como é realizado o gerenciamento do uso da água tem apresentado bons resultados. Porém, como todo processo, apresenta pontos frágeis e que podem ser melhorados.

7 DIRETRIZES PARA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA - PCA

Neste capítulo serão descritas as diretrizes para melhoria do gerenciamento do uso da água atualmente utilizado pela empresa, com a implantação de um PCA, seguido de um resumo dos itens já implementados ou em fase de implementação e as diretrizes para redução do consumo da água nos processos industriais.

7.1 Gerenciamento do uso da água

As diretrizes descritas a seguir servirão como modelo para implantação de um PCA na indústria. Elas foram obtidas a partir da análise dos seguintes programas:

- e) Conservação e Reúso de Água - Manual de Orientação para o Setor Produtivo da FIESP/CIESP – 2004;
- f) PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água;
- g) PURA – SABESP - Programa de Uso Racional de Água da SABESP; e
- h) PURA – USP - Programa de Uso Racional de Água da Universidade de São Paulo.

7.1.1 Planejamento

- a) Comprometimento da alta direção com a busca de resultados;
- b) Alocação de recursos humanos e financeiros;
- c) Definição de um gestor;
- d) Definição de uma equipe multidisciplinar, com conhecimento técnico e experiência nos processos industriais;
- e) Prover a equipe por meio de treinamentos específicos com abordagem em identificação e correção de vazamentos, tratamento de efluentes, medidores de vazão, calibração, sistemas de gestão etc.

7.1.2 Levantamento de dados para avaliação técnica preliminar

- a) Análise documental dos dados disponíveis (plantas baixas e dados de consumo);
- b) Levantamento de campo dos processos consumidores de água;
- c) Levantamento dos requisitos legais aplicáveis e verificação do atendimento a esses requisitos, tanto em relação à captação de água, como em relação ao lançamento dos efluentes;
- d) Avaliação da planta hidráulica, com ênfase em tubulações enterradas, de difícil manutenção e em mau estado de conservação;
- e) Avaliação da rede de lançamento de efluentes *versus* rede de lançamento de águas pluviais, as quais devem estar devidamente separadas, conforme legislação vigente (decreto estadual 8.468/1976).

7.1.3 Avaliação da demanda de água

a) Perdas físicas (indicadores de perdas): levantamento do sistema hidráulico externo e interno para avaliação da situação de conservação das tubulações e reservatórios, incluindo a verificação de vazamentos.

b) Caracterização dos processos:

1. caracterização dos procedimentos dos usuários;
2. avaliação de equipamentos e componentes ligados ao consumo de água;
3. avaliação dos graus de qualidade da água exigidos para cada processo;
4. avaliação da pressão do sistema hidráulico;
5. levantamento dos sistemas especiais (ar condicionado, ar comprimido, vapor, abrandamento, osmose reversa e destilação).

As características técnicas desses equipamentos, tais como vazão, período diário de funcionamento e perdas de água no processo, devem ser cadastradas para estimar a contribuição de cada um deles no consumo de água.

O conhecimento da demanda de água referente a esses equipamentos também auxilia num projeto futuro de reúso.

Importante também é efetuar uma análise de eficiência dos equipamentos, a fim de avaliar se há possibilidade de reduzir o consumo de água.

7.1.4 Avaliação da oferta de água

- a) Caracterização das fontes de abastecimento (tipo, custo e qualidade de água oferecida);
- b) Atendimento aos requisitos legais, tais como, outorga de captação, em caso de utilização de água subterrânea;
- c) Definição dos requisitos mínimos de qualidade da água, baseados nas necessidades dos processos;
- d) Monitoramento periódico da qualidade da água; e
- e) Avaliação periódica dos riscos associados a cada fonte.

7.1.5 Setorização e monitoramento do consumo

- a) Setorização do consumo, dividida por atividades;
- b) Sistema de medição remota para maior agilidade na obtenção dos dados;
- c) Aquisição de softwares de monitoramento, para melhor controle do consumo e agilidade no atendimento a emergências, tais como vazamentos ou problemas em equipamentos de monitoramento.

7.1.6 Diagnóstico

Após a conclusão do levantamento e processamento dos dados deve-se elaborar o diagnóstico do sistema.

O diagnóstico deve contemplar, no mínimo, as seguintes informações:

- a) consumo médio mensal de água;
- b) índice de consumo por unidade;
- c) índice de vazamento;
- d) estimativa mensal de perdas;
- e) índice de perdas por unidade.

7.1.7 Avaliação da viabilidade técnica e econômica

Prevê-se o planejamento de ações, com determinação de prioridades em atividades nas quais haverá maior impacto de redução do consumo *versus* geração de economia, com baixos investimentos e períodos atrativos de retorno. Deve-se levar em consideração a economia que será obtida tanto na redução do consumo, como na redução de insumos no tratamento de efluentes e na disposição do resíduo sólido.

7.1.8 Planos de intervenção e continuidade do programa

- a) Programas de conscientização (campanhas educativas, cursos e palestras), frisando o porquê da economia de água, as distâncias cada vez maiores de captação, as vantagens da redução do volume de esgoto, os benefícios do maior número de usuários atendidos e a economia de energia resultante de menores volumes de água e de esgoto;
- b) Planos de manutenção do sistema;
 - 1. detecção e reparo de vazamentos;
 - 2. programa de manutenção preventiva;
 - 3. controle de pressão do sistema hidráulico;
 - 4. plano de eliminação de tubulações enterradas;
- c) Otimização do uso da água;
 - 1. alteração de procedimentos de uso da água;
 - 2. adequação de processos e tecnologias que propiciem menor consumo de água;
 - 3. aplicação de controle automático nos processos em que ocorram consumo excessivo de água;
 - 4. substituição de componentes convencionais, por componentes de baixo consumo de água (mictórios, bacias, torneiras e chuveiros);
 - 5. aplicação de técnicas de produção mais limpa;
- d) Avaliação do potencial e aplicação de reúso de água;
- e) Monitoramento contínuo de:
 - 1. consumo de água, por setor;
 - 2. qualidade de água de abastecimento;
 - 3. qualidade do efluente tratado;

- f) Avaliação permanente de novos processos ou mudanças nos atuais, de modo a implantar a melhor tecnologia possível, no que se refere ao consumo de água;
- g) Avaliação de novos projetos, com o objetivo de prever e planejar sistemas com tubulações aparentes e de fácil controle e manutenção.

7.1.9 Gestão do consumo com a integração ao sistema de gestão da empresa

Inserir as diretrizes apresentadas no sistema de gestão da empresa, como mais um dos processos de gerenciamento. Assim, esse novo processo terá os seguintes aspectos levados em consideração:

- a) Planejamento;
- b) Criação de procedimentos;
- c) Criação de indicadores específicos;
- d) Controle de requisitos legais;
- e) Controle de documento e registros;
- f) Planos de calibração periódica dos equipamentos de medição;
- g) Auditorias internas e externas, de modo a garantir a integridade do sistema;
- h) Análise crítica pela direção.

A seguir, no quadro 11, são descritos os itens já implementados ou em fase de implementação na empresa, por conta de ações do Projeto Água e do Sistema de Gestão Integrado.

Item	Descrição
7.1.1	Treinamento em tratamento de efluentes, calibração e sistemas de gestão.
7.1.2	Levantamento de dados para avaliação técnica preliminar.
7.1.3	Levantamento de perdas físicas e avaliação parcial dos graus de qualidade da água exigidos para cada processo.
7.1.4	Caracterização das fontes de abastecimento e atendimento aos requisitos legais.
7.1.5	Setorização do consumo, dividida por atividades.
7.1.6	Diagnóstico do sistema, com consumo médio mensal, índice de consumo por unidade e índice de perdas por unidade.
7.1.7	Avaliação da viabilidade técnica e econômica.
7.1.8	Programas de conscientização, planos de manutenção do sistema, otimização do uso da água, avaliação do potencial e aplicação de reúso de água, monitoramento contínuo do consumo de água, por setor e qualidade do efluente tratado.
7.1.9	Controle de requisitos legais, controle de documentos e registros, planos de calibração periódica dos equipamentos de medição e análise crítica pela direção.

Quadro 11 – Itens do PCA implementados ou em fase de implementação na empresa

7.2 Processos industriais

As diretrizes para os processos produtivos, se implementadas, promoverão redução do volume de água consumido, além de redução dos gastos com produtos químicos nos processos e nas estações de tratamento de efluentes.

Toda recomendação citada necessita, antes de ser implementada, de uma avaliação técnica e financeira detalhada, conforme descrita no capítulo anterior.

Essas recomendações foram preparadas por meio do conhecimento obtido pela pesquisa realizada e do conhecimento técnico e experiência do autor. Elas podem ser implementadas em conjunto com as diretrizes para o sistema de gerenciamento ou em separado.

7.2.1 Processos em geral

- a) Estudo para redefinição da qualidade de água necessária, de modo a possibilitar a redução da vazão de entrada de água;
- b) Avaliação do potencial de reúso;
- c) Estudo para modificação dos sistemas de resfriamento a água, para resfriamento a ar, incluindo os fornos de tratamento térmico;
- d) Estudo para implantação de equipamentos que eliminem o ar de tubulações (CRELIER, 2005), e assim minimizem erros de medição; e
- e) Avaliação de vazamentos e substituição de tubulações antigas.

7.2.2 Decapagem

- a) Redução do arraste de ácido com:
 1. aumento do número de rolos de retenção (*pinch rolls*), na saída dos tanques de ácido e implementação de cortinas de retenção na saída dos tanques;
 2. estudo de viabilidade de redução da concentração de ácido *versus* produtividade;
 3. criação de indicadores de aceitação, em conjunto com os fornecedores (usinas siderúrgicas) e clientes que enviam bobinas para que seja realizado o serviço de decapagem, com o objetivo de melhorar a forma das bobinas e, conseqüentemente, diminuir o arraste de ácido.
- b) Instalação de controladores de pH e/ou condutividade ligados a válvulas solenóides para abertura e fechamento automáticos da entrada de água nos tanques de lavagem;
- c) Aplicação das técnicas de lavagem descritas neste trabalho; e
- d) Avaliação da possibilidade de reaproveitamento de ácido, por meio da condensação deste no sistema de lavagem de gases.

7.2.3 Relaminação e tratamento térmico

- a) Planejamento para redução dos vazamentos de óleo no tanque de emulsão; e

- b) Avaliação do rendimento das torres de resfriamento e monitoramento contínuo da qualidade de água de entrada e de saída.

7.2.4 Eletrodeposição – Linhas de Revestimento

- a) Redução do arraste de banho com:
 - 1. aumento do número de rolos de retenção, na saída dos tanques;
 - 2. estudo para aplicação de pressão nos rolos de retenção; e
 - 3. atuação, junto à área de laminação para melhora da forma das bobinas;
- b) Desengraxe: a instalação de sistemas que promovam a retirada do óleo que fica nos tanques de desengraxe. Este óleo, proveniente do processo de relaminação, se removido periodicamente, aumentará a vida útil do banho de desengraxe, reduzindo seu descarte e, em consequência disso, reduzirá os gastos de água para a preparação de um novo banho e também reduzirá os gastos de produtos químicos na ETE;
- c) Aplicação das técnicas de lavagem descritas neste trabalho;
- d) Instalação de inversores de frequência em todos os sistemas de exaustão, de modo a reduzir o arraste;
- e) Melhorar a vedação das tampas dos tanques, a fim de minimizar as perdas por evaporação. Além da economia de água, essa medida promoverá a redução no consumo de energia e a melhoria das condições ambientais, uma vez que haverá menor quantidade de emissão de vapores no ambiente de trabalho;
- f) Instalação de controladores para abertura e fechamento automáticos da entrada de água nos tanques de lavagem, de modo a não desperdiçar água nos momentos de parada do sistema;
- g) Instalação de controladores de pH e/ou condutividade ligados a válvulas solenóides para abertura e fechamento automáticos da entrada de água nos tanques de lavagem; e
- h) Projeto para separação das linhas de efluentes, como forma de facilitar o tratamento e posterior disposição do lodo gerado.

8 CONCLUSÕES

Baseado nos objetivos propostos e nos resultados obtidos neste estudo de caso, pode-se obter as seguintes conclusões:

- a) Os programas de conservação da água aparecem como ferramentas importantes para o efetivo gerenciamento do uso da água na indústria, uma vez que determinam diretrizes e permitem o efetivo monitoramento e controle das diversas variáveis existentes;
- b) Em relação a este estudo de caso, as iniciativas do grupo responsável pelo gerenciamento do uso da água, mesmo não estando totalmente de acordo com as diretrizes de um PCA, apresentaram resultados importantes, demonstrando assim, a importância de ações estruturadas para o alcance de melhores resultados;
- c) A definição dos requisitos de qualidade baseada em cada uso é imprescindível para que haja o menor consumo de água possível, sem prejuízo da qualidade do produto e da performance dos equipamentos;
- d) O atendimento aos requisitos legais, relacionados à captação da água e ao lançamento de efluentes, além de ser obviamente obrigatório, conduz as indústrias a tomarem ações, no sentido de reduzir o consumo e a geração de efluentes, com base nas implicações legais e financeiras, sendo assim mais um instrumento de incentivo ao PCA.
- e) A redução do consumo de água, neste estudo de caso, terá maior impacto na redução dos custos referentes ao tratamento de efluentes e à disposição do resíduo sólido, do que com a captação de água;
- f) A setorização do consumo é um sistema eficiente de calibração dos medidores de vazão são fatores imprescindíveis para o monitoramento adequado do consumo, para a correta definição de prioridades e para agilizar ações corretivas;
- g) As diretrizes para implementação de um PCA podem ser utilizadas como base para qualquer tipo de indústria, sendo necessária a avaliação das particularidades de cada atividade;
- h) Os sistemas de gestão ambiental, conforme a norma NBR ISO 14.001, fortalecem as iniciativas de gerenciamento do uso da água e mostram-se como ferramenta primordial para manutenção desse gerenciamento;
- i) Os resultados deste estudo de caso fornecerão à empresa Brasmetal Waelzholz referências importantes para tomada de decisões estratégicas em relação ao consumo de água e aos seus custos envolvidos; e
- j) Mesmo não sendo possível avaliar em que patamar está o consumo de água da Brasmetal Waelzholz em relação às empresas que possuem processos semelhantes, pode-se, baseado somente nos resultados dos casos de sucesso apresentados, estimar que a implementação de um PCA resultaria numa redução mínima de 30% no consumo de água. Esta quantidade representaria uma economia anual da ordem de R\$ 217.632,78.

9 RECOMENDAÇÕES

À luz da pesquisa desenvolvida, considerando-se a importância do tema para o uso racional da água na indústria, constataram-se as seguintes lacunas de conhecimento e que devem ser avaliadas em pesquisas futuras:

- a) avaliação das perdas por evaporação nos diversos sistemas e a possibilidade de recuperação dessa água, uma vez que neste estudo de caso essa diferença, se recuperada, representaria uma economia anual de R\$ 462.619,00;
- b) indicadores de consumo de processos similares que possam determinar a situação em que se encontra a Brasmetal Waelzholz em relação às empresas do Brasil e de outros países;
- c) a integração dos sistemas de gestão existentes e os planos de conservação da água e a sinergia entre eles; e
- d) avaliação das vantagens e desvantagens das formas de reúso oferecidas pelo mercado às empresas. Formas estas que podem ser, desde a compra direta dos equipamentos, passando por consultorias especializadas, até mesmo os regimes de *BOT (build, operate and transfer)* ou *BOM (build, operate and mantain)*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – Homepage. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 28 abr. 2005.

ÁGUA E CIDADE. **Prêmio Água e Cidade**. (Apostila do curso de gestor da água). São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – Homepage. Disponível em: <<http://abas.org.br>>. Acesso em: 25 jun. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001 - Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 27p.

ÁGUAONLINE – REVISTA DIGITAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE – Homepage. Disponível em: <<http://www.aguaonline.com.br>>. Acesso em: 15 dez. 2004.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 out. 1998. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/F2.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, RJ, 10 jul. 1934. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/F42.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

BRASIL. Decreto nº 50.877, de 29 de junho de 1961. Dispõe sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou litorâneas do País e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 jun. 1961. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/F4595.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/F7.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/F34.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/F38.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/F33.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 jan. 2002. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/F1299.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

BRASIL. Portaria do Ministério do Interior nº 124, de 20 de agosto de 1980. Estabelece normas para a localização de indústrias potencialmente poluidoras junto às coleções hídricas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 ago. 1980. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/F525.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

BRASIL. Resolução da Agência Nacional de Águas – ANA nº 135, de 1 de julho de 2002. Dispõe sobre o procedimento de pedidos de outorga de direito e de outorga preventiva de uso de recursos hídricos de domínio da união, encaminhados à ANA, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 jul. 2002. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 28 maio 2005.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357, de 17 de março de 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 e efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/F24978.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH nº 15, de 11 de janeiro de 2001. Dispõe sobre a exploração de águas subterrâneas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 jan. 2001. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/F13948.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH nº 48, de 21 de março de 2005. Estabelece os critérios gerais para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, a publicar. Disponível em: <<http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/main.htm>>. Acesso em: 28 maio 2005.

BRASMETAL WAELZHOLZ S/A INDÚSTRIA E COMÉRCIO. **BW News** – Informativo Brasmetal. São Paulo, 2002.

BRASMETAL WAELZHOLZ S/A INDÚSTRIA E COMÉRCIO. Projeto Água - Planilhas de controle. São Paulo, 2004.

BUSTOS, M. R. L. A educação ambiental sob a ótica da gestão de recursos hídricos. 2002. 194 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2003.

CEOLIN, P. O. et al. Melhoria do sistema de lavagem de tiras das decapagens da Cosipa através de recirculação das águas. In: SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO – PROCESSOS E PRODUTOS LAMINADOS E REVESTIDOS, 39., 2002, Ouro Preto. **Anais**, São Paulo, ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. p. 309-317.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Compilação de técnicas de prevenção à poluição (P2) para a indústria de galvanoplastia**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/prevencao_poluicao/documentos.asp>. Acesso em: 15 ago.2004.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Prevenção, controle da poluição e tratamento de águas residuárias em indústrias de galvanoplastias**. São Paulo: 2001.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Produção + Limpa: casos de sucesso**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/producao_limpa/casos.asp>. Acesso em: 20 set.2005.

FIESP/CIESP. Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo. **Água e indústria: Compreenda esta nova relação**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/secao2/index.asp?id=166>>. Acesso em: 4 jan. 2005.

FIESP/CIESP. Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo. **Água: Quanto ela realmente custa para a sua empresa?** Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/secao2/index.asp?id=166>>. Acesso em: 4 jan. 2005.

FIESP/CIESP. Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo. **Conservação e reúso de água: manual de orientações para o setor industrial**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/secao2/index.asp?id=166>>. Acesso em: 4 jan. 2005.

FIESP/CIESP. Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo. **Prêmio Água Viva**. Disponível em:

<http://www.fiesp.com.br/download/publicacoes_meio_ambiente/resumo_premio_agua_viva.pdf>. Acesso em: 20 set. 2005.

CRELIER, C. Aparelho que elimina ar em tubos de água causa polêmica. **Gazeta Mercantil**. Rio de Janeiro, p. A8, 2 ago. 2005.

GEO Brasil, 2002 – **Perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília – DF: Edições IBAMA, 2002.

HOUAISS, Antônio (Ed.). **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Disponível em: <<http://houaiss.uol.com.br/busca.jhtm>>. Acesso em: 16 maio 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **CENSO 2000**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/tabelagrandes_regioes211.shtm>. Acesso em: 10 maio 2005.

JOHN, L. **A água como objeto de disputas mundiais**. Disponível em:

<http://www.estadao.com.br/ext/ciencia/agua/aguanomundo_3htm>. Acesso em: 20 fev. 2004.

LORA, E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. Brasília – DF: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2000.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reúso de água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, NISAM. São Paulo: Ed. Manole, 2003.

MATTANA, S. M. Descarte zero de líquidos ao meio ambiente na indústria de tratamento de superfície. In: Congresso Interfinish Latino Americano, São Paulo, 6 a 10 de outubro de 1997. **Anais**, São Paulo: 1997.

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

MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. Programa para gerenciamento de águas e efluentes nas indústrias, visando ao uso racional e à reutilização. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária**, São Paulo, Vol. 4, números 1 e 2, p. 11 – 15, jan./mar. e abr./jun., 2000.

MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

OLIVEIRA, G. A. et al. Consumo de ácido nas decapagens 2 e 3 da Usiminas. In: SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO – PROCESSOS E PRODUTOS LAMINADOS E REVESTIDOS, 32º., 1995, Curitiba. **Anais**, São Paulo, ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. p.89-99.

PACHECO, C. A. M. **Compilação de técnicas de prevenção à poluição para a indústria de galvanoplastia**: projeto piloto de prevenção à poluição em indústrias de bijuterias no município de Limeira. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo-CETESB, 2002.

PANOSSIAN, Z. **Proteção contra corrosão atmosférica do aço por meio de revestimentos metálicos de zinco, de alumínio e de ligas de zinco/alumínio**. In: MORCILLO, M. et al. (Ed.). Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II - Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Madrid: Ciencia y Tecnología para el Desarrollo - CYTED, 2002. p. 233-268.

PORTAL DA ÁGUA - Homepage. Disponível em: <<http://www.webagua.com.br>>. Acesso em: 21 jan. 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA DO MINISTÉRIO DAS CIDADES – PNCDA. Homepage. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br>>. Acesso em: 27 abr. 2005.

PROGRAMA DE USO RACIONAL DA ÁGUA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – PURA-USP. Homepage. Disponível em: <<http://www.pura.poli.usp.br/index.html>>. Acesso em: 20 jun. 2005.

QUADRADO, A.; VERGARA, R.; SAMBUGARO, A. Vai faltar água. **Revista Super Interessante**, São Paulo, ed.189, p.42-46, jun. 2003.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras Editora, 1999.

REIS, F. M. Águas de enxágüe: variáveis e conceitos do estágio de enxágüe. **Revista Tratamento de Superfície**, São Paulo, ano XXIII, n.116, p.34-39, nov./dez. 2002.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP.

Programa de Uso Racional da Água. Disponível em:

<http://www.sabesp.com.br/pura/o_que_e_pura/default.htm>. Acesso em: 15 mar. 2003

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 195-A, de 19 de fevereiro de 1970. Dispõe sobre a proteção dos recursos hídricos contra agentes poluidores. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, São Paulo, 20 fev. 1970. Disponível em: <<http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/main.htm>>. Acesso em: 28 maio 2005.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, São Paulo, 08 set. 1976. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/E134.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1971. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, São Paulo, 30 dez. 1971. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/E137.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 41.258, de 31 de outubro de 1996. Aprova o Regulamento dos artigos 9º a 13º da Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, São Paulo, 31 out. 1996. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/E133.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

SÃO PAULO (Estado). Portaria do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE nº 717, de 12 de dezembro de 1996. Aprova a norma e anexos que disciplinam o uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado de São Paulo. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, São Paulo, 12 dez. 1996. Disponível em: <<http://www.sogi.com.br/sistema/requisitos/E140.html>>. Acesso em: 20 maio 2005.

SÃO PAULO (Estado). Projeto de Lei nº 676, de 12 de dezembro de 2000. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, os procedimentos para fixação dos seus limites, condicionantes e valores, e dá outras providências. **Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo**, São Paulo, 12 dez. 2000. Disponível em: <<http://www.aguaecidade.org.br/download/lei676.zip>>. Acesso em: 28 maio 2005.

SAUTCHÚK, C.A. **Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações.** 2004. 308 p. Tese (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2004.

SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília – DF: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, Agência Nacional de Águas - ANA, 2001.

SILVA, J.O.P.; VITORATTO, E. Reúso da água na indústria – **Informativo CRQ-IV**, São Paulo, p. 10-11, mar./ abr. 2004.

SURTEC DO BRASIL. **Manual Técnico Surtec: Tratamento de superfície**. Organizado, atualizado e revisado por Roberto Motta Sillos. São Paulo, 2003.

TAMAKI, H.O. **A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais**. Estudo de caso: Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo. 2003. 151 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2003.

TEICH, D.H. Vai valer mais que petróleo. **Revista Veja**, São Paulo, ano 35, ed. 1769, 18 set 2002.

TOMAZ, P. **Economia de Água para empresas e residências** – Um estudo atualizado sobre o uso racional de água. São Paulo: Navegar Editora, 2001.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI** – Enfrentando a Escassez.– São Carlos: Editora Rima, 2003.

UNIVERSIDADE DAS ÁGUAS – Homepage. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br>>. Acesso em: 21 set. 2005.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Water use efficiency program**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/OW-OWM.html/water-efficiency/industip.htm>>. Acesso em: 18 jul. 2005.

VALENZUELA, J. **Tratamento de efluentes em indústrias galvanotécnicas**. São Paulo: Páginas & Letras – Editora e Gráfica, 1999.

WEISZFLOG, W. (Ed.). **Michaelis Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. Disponível em: <<http://www2.uol.com.br/michaelis>>. Acesso em: 16 maio 2005.

ZBONTAR, L.; GLAVIC, P. **Water minimization in process industries**: case study in beet sugar plant. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 19 jul. 2005.

ZOTTER, K. A. **“End-of-pipe” versus “process-integrates” water conservation solutions:** A comparison of planning, implementation and operating phases. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 19 jul. 2005.