

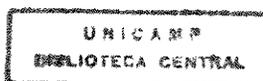
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

REUSO DIRETO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS MUNICIPAIS
TRATADAS : UMA FORMA DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA E
DISPOSIÇÃO FINAL

AUTOR : ENGº OSCAR ANGEL NOGALES ESCALERA
ORIENTADOR : PROF.DR. PEDRO CAETANO SANCHES MANCUSO

Dissertação de Mestrado apresentada
à Faculdade de Engenharia Civil da
Universidade Estadual de Campinas,
para obtenção do título de mestre em
Engenharia Civil, área de concentração
em Recursos Hídricos e Saneamento

CAMPINAS - SP , DEZEMBRO DE 1995



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

REUSO DIRETO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS MUNICIPAIS
TRATADAS: UMA FORMA DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA E
DISPOSIÇÃO FINAL

OSCAR ANGEL NOGALES ESCALERA

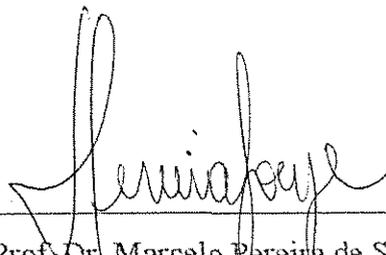
CAMPINAS - SP , DEZEMBRO DE 1995

Tese aprovada em 13 de Dezembro de 1995 pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes membros:

*Este exemplar
corresponde a versão
final
20/12/95*



Prof. Dr. Pedro Caetano Sanches Mancuso
Orientador - Presidente



Prof. Dr. Marcelo Pereira de Souza
EESC - USP



Prof. Dr. Roberto Feijó de Figueiredo
FEC - UNICAMP

DEDICATÓRIA

Esta obra está dedicada aos meus pais
Benedicto e Rosa e aos meus irmãos
Miriam , Jeannette e Henry , a todos
eles meu eterno agradecimento pelo
seu permanente apoio moral, material
e espiritual.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a todas as pessoas físicas e jurídicas que de boa vontade colaboraram de forma direta ou indireta para a materialização do presente trabalho. Entretanto, num trabalho de pesquisa que envolveu diferentes personalidades e instituições, cabe fazer um destaque especial àqueles que efetivamente contribuíram na medida das suas possibilidades para a conclusão deste trabalho. Entre os destinatários destes agradecimentos especiais estão:

- CAPES , pela ajuda econômica através da bolsa de auxílio social concedida ao autor;
- Prof. Dr. Pedro Caetano Sanches Mancuso , pela cordial orientação e desprendimento de seu escasso tempo para com o autor;
- Prof. Dra. Rozely Ferreira dos Santos , pelas sugestões impartidas para a elaboração dos capítulos referentes ao estudo de caso;
- Eng° Gustavo Mendez Torrico , pela autorização para a realização das análises do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos Alba Rancho nos laboratórios da SEMAPA;
- Eng° Javier Pino , pela comunicação pessoal recebida e pelo interesse no tema;
- Eng° Pablo Lopez , pelo fornecimento de material bibliográfico da Empresa Misicuni;
- Eng° Luis Cortez , pelo fornecimento de material bibliográfico do GEOBOL embora não tenha sido utilizado totalmente neste trabalho;
- Lic. Virginia Rodriguez , pela colaboração no desconto das taxas de análise pagas para a realização das análises do efluente nos laboratórios do Programa de Aguas da UMSS;
- Aos colegas da Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas pelos momentos de convivência cordial e camaradagem.

LISTA DE ABREVIATURAS

AASANA	Administração Aeroportuária y Supervisión Nacional de Aeronavegación
ASTEC	Asistencia Técnica para el Desarrollo de Proyectos Agrícolas
ACRHOBOL	Asociación de Criadores de Rebaño Holandes Boliviano
APLI	Asociación de Productores de Leche Independientes
AWWA	American Water Works Association
BALHID	Balanço Hídrico
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BM	Banco Mundial
CAC	Cámara Agropecuária de Cochabamba
CAR	Calidad de Agua de Riego
CEPAGRI	Centro de Pesquisa e Aprendizado em Agricultura
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitária y Ambiental
CERES	Centro de Estudios de la Realidad Economica y Social
CIDRE	Centro Integrado de Desarrollo Regional
COBEE	Compañía Boliviana de Energia Eléctrica
CODEMA	Consejo de Defensa del Medio Ambiente
CONSOT	Consultora Soto
CORDECO	Cooperación Regional de Desarrollo de Cochabamba
COTESU	Cooperación Técnica Suiza
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DDR	Distrito de Desarrollo Rural
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DWR	Division of Water Resources
EM	Empresa Misicuni
ENDE	Empresa Nacional de Electricidad
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
EUA	Estados Unidos da América
FAC	Florida Administrative Code
FAO	Food and Agriculture Organization
GEOBOL	Servicio Geológico de Bolívia
HAM	Honorable Alcaldia Municipal
HCM	Honorable Consejo Municipal
IBTA	Instituto Boliviano de Tecnologia Agropecuária
IRWD	Irvine Ranch Water District
MACA	Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuários
NMP	Número Mais Provável
NPDES	National Pollutant Discharge Elimination System
NPK	Nitrogênio , Fósforo , Potásio
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONG	Organização Não Governamental

OPS	Organização Panamericana da Saúde
PEIRAV	Programa de Enseñanza e Investigación en Riego Andino y de los Valles
pH	Potencial Hidrogênionico
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROMIC	Programa de Manejo Integrado de Cuencas
SAAR	Sindicato Agrário de Alba Rancho
SAT	Soil Aquifer Treatment
SEMAPA	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Cochabamba
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SNAG	Secretaria Nacional de Agricultura y Ganaderia
SNR-1	Sistema Nacional de Riegos No. 1
SS	Sólidos Suspensos
SST	Sólidos Suspensos Totais
UMSS	Universidad Mayor de San Simon
USAID	United States Agency for International Development
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WHO	World Health Organization
ZOFRACO	Zona Franca de Cochabamba

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.- Diagrama de caracterização básica para o reuso das águas residuárias municipais	8
Figura 2.2.- Diagrama de caracterização básica do reuso direto das águas residuárias municipais tratadas	8
Figura 2.3.- Diagrama de caracterização básica do reuso indireto não planejado das águas residuárias municipais não tratadas, utilizando um curso de água superficial como meio ambiente depurador	11
Figura 2.4.- Diagrama de caracterização básica do reuso indireto planejado das águas residuárias municipais tratadas	13
Figura 2.5.- Diagrama geral para caracterização dos principais tipos de reuso e suas diferentes sub-divisões	15
Figura 2.6.- Diagrama de fluxo do sistema de tratamento da estação de tratamento de Windhoek na Namíbia	44
Figura 2.7.- Diagrama de fluxo do sistema de tratamento da Estação de Tratamento da cidade de Cape Flats na África do Sul	45
Figura 2.8.- Diferentes níveis de tratamento para o reuso planejado	47
Figura 2.9.- Processo de tratamento para obtenção de água de reuso de qualidade potável na estação experimental de Denver (EUA)	49
Figura 2.10.- Processo de tratamento para obtenção de água de reuso de qualidade potável incluídos os processos da ultrafiltração e da radiação ultravioleta, afim de se estudar os efeitos na saúde pública dos consumidores deste tipo de água produzida na estação experimental de Denver (EUA)	51
Figura 2.11.- Esquema indicativo dos diversos fatores que afetam um sistema de reuso para irrigação agrícola, bem como os níveis de contaminação que podem ocorrer	74
Figura 3.1.- Localização geográfica do Departamento de Cochabamba e da república da Bolívia no sub-continente da América do Sul	89
Figura 3.2.- Localização geográfica do Valle Central dentro do Departamento de Cochabamba	90

Figura 3.3.- Fluxograma das etapas de implementação de um questionário tipo Delphi, modificado	92
Figura 3.4.- Modelo esquemático para elaboração do balanço dos recursos hídricos	94
Figura 4.1.- Principais cidades do Valle Central e sua rede hidrográfica	100
Figura 4.2.- Ábaco de classificação climatológica segundo o índice de Koppen indicando as coordenadas respectivas para a região do Valle Central	109
Figura 4.3.- Gráfico do Balanço hídrico para a região de Cochabamba, obtido a partir dos dados levantados por SENAMHI durante o período de 1950 a 1989 na estação meteorológica Aasana, aplicando-se o modelo BALHID para o cálculo da evapotranspiração potencial	111
Figura 5.1.- Balanço hídrico de 1993 em base aos dados levantados na estação meteorológica Aasana para o Valle Central	117
Figura 5.2.- Identificação das fontes de abastecimento para o Valle Central	120
Figura 5.3.- Esquema da Estação de Tratamento de Esgotos Alba Rancho localizada no Sudoeste da Cidade de Cochabamba	132
Figura 5.4.- Tipo de consumidores e seu potencial de participação no cadastro de SEMAPA	146
Figura 5.5.- Planejamento do abastecimento da SEMAPA para o ano 2.005	148
Figura 5.6.- Planos de desenvolvimento para os recursos hídricos até o ano 2.020	150
Figura 5.7.- Modelo esquemático do balanço dos recursos hídricos para a região do Valle Central incluindo-se as águas residuárias tratadas de origem municipal, industrial e agrícola	155
Figura 5.8.- Modelo esquemático de uso sustentável dos recursos hídricos para a região semi-árida do Valle Central levando em conta as águas residuárias municipais, industriais e agrícolas tratadas bem como a recarga artificial dos aquíferos	169

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.- Valores de produção agrícola utilizando águas residuárias e água limpa para irrigação no campo experimental de Nagpur , Índia	19
Tabela 2.2.- Redução dos parâmetros microbiológicos em porcentagem (%)	60
Tabela 2.3.- Características das águas residuárias para reuso industrial na China	62
Tabela 2.4.- Qualidade química da água residuária tratada utilizada para irrigação durante 3 anos	63
Tabela 2.4.- Qualidade química da água residuária tratada utilizada para irrigação durante 3 anos (Continuação)	64
Tabela 2.5.- Qualidade microbiológica da água residuária tratada e utilizada para irrigação durante 3 anos	65
Tabela 2.6.- Comparação entre padrões selecionados de qualidade de água para consumo humano e para qualidade de água em cursos de água nos Estados Unidos da América	70
Tabela 2.7.- Diretrizes de qualidade da água de reuso para seu aproveitamento ambiental e recreativo (tentativo)	73
Tabela 4.1.- Resumo meteorológico dos dados levantados por SENAMHI na estação meteorológica de Cochabamba (Latitude 17°24' 58" Sul e Longitude 66° 10'28" Oeste) localizada a uma altitude de 2548,1 m acima do nível do mar para 40 anos de 1950 a 1989	104
Tabela 5.1.- Principais parâmetros físico-químicos ensaiados nos laboratórios de SEMAPA para a estação INVERNO de 1994	158
Tabela 5.2.- Principais parâmetros físico-químicos ensaiados nos laboratórios de SEMAPA para a estação PRIMAVERA de 1994	159
Tabela 5.3.- Principais parâmetros físico-químicos ensaiados nos laboratórios de SEMAPA para a estação VERÃO de 1994	160

Tabela 5.4.- Principais parâmetros físico-químicos ensaiados nos laboratórios de SEMAPA para a estação OUTONO de 1994	161
Tabela 6.1.- Resultados da análise físico-química do efluente final da ETE Alba Rancho em 08/09/94 realizados no laboratório do Programa de Águas da UMSS	172
Tabela 6.1.- Resultados da análise físico-química do efluente final da ETE Alba Rancho em 08/09/94 realizados no laboratório do Programa de Águas da UMSS (Cont.)	173
Tabela 6.2.- Resultados da análise microbiológica do efluente da ETE Alba Rancho em 12/09/94 realizada no laboratório do Programa de Águas da UMSS	174
Tabela 6.3.- Resultados das análises físico-químicas do efluente da ETE Alba Rancho realizados no laboratório da SEMAPA	175
Tabela 6.4.- Resultados das análises bacteriológicas do efluente da ETE Alba Rancho realizadas nos laboratórios da SEMAPA durante o mês de Setembro de 1994	174
Tabela 6.5.- Resultados das análises parasitológicas realizadas do efluente da ETE Alba Rancho realizada nos laboratórios da SEMAPA durante o mês de Setembro de 1994	177

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1.- Dados sobre irrigação com águas residuárias tratadas e não tratadas em países desenvolvidos e em desenvolvimento de diversas partes do mundo até 1987	17
Quadro 2.1.- Dados sobre irrigação com águas residuárias tratadas e não tratadas em países desenvolvidos e em desenvolvimento de diversas partes do mundo até 1987 (Continuação)	18
Quadro 2.2.- Tempos de supervivência de alguns agentes patogênicos presentes nos dejetos humanos tanto no solo e nas plantas a uma temperatura de 20° C a 30° C	56
Quadro 2.3.- Exemplos de normas de microbiológicas vigentes em alguns países em desenvolvimento para as águas residuárias utilizadas na irrigação de culturas	57
Quadro 2.4.- Diretrizes de qualidade microbiológica recomendadas pela OMS para a utilização de águas residuárias na agricultura e na aquicultura (a)	58
Quadro 2.5.- Relação de alguns países que apresentam sistemas de tratamento por lagoas de estabilização com tempo de retenção hidráulica maior a 25 dias e que obtém efluentes de boa qualidade microbiológica referente aos coliformes fecais	59
Quadro 2.6.- Grupo de poluentes removidos e barreiras utilizadas no sistema de tratamento para obtenção de água de reuso de qualidade potável na estação experimental de Denver (EUA)	61
Quadro 2.7.- Qualidade média anual em relação aos parâmetros gerais do efluente tratado no complexo de lagoas de estabilização de Al Samra de Fevereiro de 1989 a Fevereiro de 1990 e as concentrações máximas para irrigação recomendadas pela FAO de 1985	66
Quadro 2.8.- Qualidade média anual em relação aos metais presentes do efluente do complexo de lagoas de Al Samra de Fevereiro de 1989 a Fevereiro de 1990 e as concentrações máximas recomendadas pela FAO de 1985	67
Quadro 2.9.- Qualidade média anual em relação aos patogênicos do efluente do complexo de lagoas de estabilização de Al Samra entre Fevereiro de 1989 a Fevereiro de 1990 e as concentrações máximas recomendadas pela OMS	68

Quadro 2.10.-Critérios de qualidade de água para água de reuso adotados no Japão	72
Quadro 4.1.- Tipos de uso do solo no Valle Central do Departamento de Cochabamba	101
Quadro 4.2.- Distribuição da superfície agrícola dentro do Valle Central	101
Quadro 4.3.- Classificação do grau de aridez segundo o índice de Knoche	106
Quadro 4.4.- Classificação climatológica segundo o índice de De Martonne	107
Quadro 4.5.- Classificação climatológica segundo o índice de Blair	108
Quadro 5.1.- População levantada pelo censo de 1.992 e suas taxas de crescimento demográfico anuais	129
Quadro 5.2.- Principais dados do projeto da ETE Alba Rancho e suas etapas de implementação	130
Quadro 5.3.- Benefícios quantificáveis que se obtém em base ao Valor Atualizado Líquido do Projeto Múltiple Mísicuni de uma forma global	137
Quadro 5.4.- Situação do abastecimento de água potável por parte de SEMAPA para uma vazão mínima adotada de 200 l/h.d	145
Quadro 5.5.- Principais características de qualidade sanitária do efluente da ETE Alba Rancho de 1987 a 1991	154
Quadro 5.6.- Principais características de qualidade sanitária do efluente da ETE Alba Rancho de 1987 a 1991	152
Quadro 5.7.- Principais características de qualidade microbiológica da ETE Alba Rancho para 1993	153
Quadro 6.1.- Relação das pessoas físicas e jurídicas entrevistadas durante a aplicação do questionário baseado nos princípios do Método Delphi modificado	180
Quadro 6.1.- Relação das pessoas físicas e jurídicas entrevistadas durante a aplicação do questionário baseado nos princípios do Método Delphi modificado (Cont.)	181
Quadro 6.2.- Resultados do questionário aplicado mostrando seus percentuais respectivos	182

Quadro 6.2.- Resultados do questionário aplicado mostrando seus percentuais respectivos (Continuação)	183
Quadro 6.3.- Relação das perguntas realizadas no questionário tipo Delphi bem como suas principais observações e restrições preferencialmente apontadas	184
Quadro 6.3.- Relação das perguntas realizadas no questionário tipo Delphi bem como suas respectivas observações e restrições preferencialmente apontadas (Cont.)	185
Quadro 6.3.- Relação das perguntas realizadas no questionário tipo Delphi bem como suas respectivas observações e restrições preferencialmente apontadas (Cont.)	186

RESUMO

A crescente escassez de água em diferentes regiões do mundo por um lado e por outro lado o indiscriminado processo de poluição hídrica, não somente das águas superficiais mas também das águas subterrâneas e do solo, tem levado a uma preocupação cada vez maior por parte do homem no sentido de conservar os recursos hídricos para as gerações futuras e também de proteger o meio ambiente no qual ele se encontra.

Neste cenário atual, o presente trabalho apresenta o estudo do reuso direto das águas residuárias municipais tratadas ou simplesmente chamadas de "águas de reuso" , como uma forma de contribuir com a conservação de água e otimizar a disposição final destes resíduos líquidos. Desta maneira, o trabalho aborda de forma geral e abrangente os tipos de reuso possíveis, suas formas de implementação em diferentes lugares do mundo, bem como os diferentes aspectos que tem a ver com seu estudo, entre os quais tem-se: Aspectos de saúde pública, sócio-econômicos, ambientais, tecnológicos e legais. Todos estes assuntos são abordados de acordo com a literatura especializada.

Por outro lado, este trabalho apresenta também um estudo de caso para a região do Valle Central do Departamento de Cochabamba na república da Bolívia. Na elaboração deste estudo de caso, são levantadas as condições intrínsecas da região escolhida, bem como é realizada sua classificação climatológica, através da qual conclue-se que é efetivamente uma região de características semi-áridas. Dentro do processo de planejamento utilizado, estão as etapas de: Identificação do objetivo geral e dos objetivos específicos, inventariação dos recursos água e solo, elaboração de um diagnóstico preliminar e a formulação da estratégia básica para o reuso direto das águas residuárias municipais tratadas para o curto prazo ou ano 2.000 , médio prazo ou ano 2.005 e o longo prazo ou ano 2.015.

ABSTRACT

The increasing scarcity of water in different regions of the world on one side and the indiscriminated hydric pollution process on the other, not only of the superficial waters but also of the groundwaters and soil, have led to a constant worry of Mankind in an attempt to conserve the water resources for the future generations and principally to try and protect the environment he lives in.

This work presents the study of direct reuse of treated municipal wastewaters or the so called "reuse waters", as a contribution to water conservation and also to optimize the final disposal of these liquid residues. In this way, the work deals superficially and deeply with the types of reuse possible, the ways they can be implemented in different regions of the world, as well as the different aspects which are related to their study, among other things it can mention the following: Public health, social economical, environmental, technological and legal aspects. All these subjects are dealt with accordingly in specialised literature.

On the other side, this work also presents a study of a region of the Central Valley of the Department of Cochabamba in the republic of Bolivia. In the elaboration of this specific study, intrinsic surveys of the chosen region were carried out. Its climatical classification leads us to conclude that it is really a region of semi-arid characteristics. In the planning process utilized, we have the following stages: Identification of the general objective and of the specific objectives, Inventory of the water and soil resources, Elaboration of a preliminar diagnosis and the Formulation of a basic strategy for the direct reuse of treated municipal wastewaters in the short term or in the year 2.000, middle term or in the year 2.005 and for the long term or in the year 2.015.

SUMÁRIO

Dedicatória	I
Agradecimentos	II
Lista de abreviaturas	III
Lista de Figuras	IV
Lista de Tabelas	V
Lista de Quadros	VI
Resumo	VII
Abstract	VIII

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1.1.- GENERALIDADES	1
1.2.- OBJETIVOS	6

CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.- CARACTERÍSTICAS DO REUSO	7
2.1.1.- Reuso Direto	8
2.1.2.- Reuso Indireto não Planejado	10
2.1.3.- Reuso Indireto Planejado	11
2.2.- TIPOS DE REUSO	13
2.2.1.- Reuso Agrícola	16
2.2.2.- Reuso Industrial	25
2.2.3.- Recarga de Aquíferos	27
2.2.4.- Reuso Municipal	36
2.2.5.- Reuso Doméstico	37
2.2.6.- Reuso Ambiental e Recreativo	41
2.3.- TECNOLOGIA DO REUSO	44
2.4.- ASPECTOS DE SAÚDE PÚBLICA E QUALIDADE DA ÁGUA	53

2.5.- ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS	75
2.6.- EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ACEITAÇÃO SOCIAL	78
2.7.- ASPECTOS LEGAIS, INSTITUCIONAIS E NORMATIVOS	84

CAPÍTULO 3 METODOLOGIA

3.1.- PARTE TEÓRICA	88
3.2.- PARTE PRÁTICA	89

CAPÍTULO 4 ESTUDO DE CASO

4.1.- INTRODUÇÃO	96
4.2.- ÁREA DE ESTUDO	98
4.2.1.- Localização da área de estudo dentro do Departamento	99
4.2.2.- O Clima	102
4.2.2.1.- Classificação climatológica segundo o índice de Knoche	105
4.2.2.2.- Classificação climatológica segundo o índice de De Martonne	106
4.2.2.3.- Classificação climatológica segundo o índice de Blair	107
4.2.2.4.- Classificação climatológica segundo o índice de Koppen	108
4.2.2.5.- Classificação climatológica segundo o índice de Thornthwaite & Mather 1955	110

CAPÍTULO 5 PROPOSTA DE REUSO DIRETO PARA O VALLE CENTRAL DO DEPARTAMENTO DE COCHABAMBA NA REPÚBLICA DA BOLÍVIA

5.1.- INTRODUÇÃO	113
5.2.- DETERMINAÇÃO DO OBJETIVO GERAL E DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	114

5.3.- INVENTARIAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS ÁGUA E SOLO	115
5.3.1.- Introdução	115
5.3.2.- O recurso água	115
5.3.2.1.- Águas de chuva	116
5.3.2.2.- Águas superficiais das "Torreteras"	118
5.3.2.3.- Águas da reversão de bacias hidrográficas	119
5.3.2.3.1.- Reversão das águas da bacia de Corani	120
5.3.2.3.2.- Reversão das águas da bacia do Palca	121
5.3.2.3.3.- Reversão das águas da bacia do Misicuni	122
5.3.2.4.- Águas superficiais da represa "La Angostura" ou do SNR-1	124
5.3.2.5.- Águas subterrâneas	126
5.3.2.6.- Águas residuárias municipais tratadas ou águas de reuso	128
5.3.3.- O recurso solo	132
5.4.- ELABORAÇÃO DE UM DIAGNÓSTICO PRELIMINAR PARA A REGIÃO	134
5.4.1.- Aspectos sócio-econômicos e culturais	134
5.4.1.1.- Introdução	134
5.4.1.2.- Caracterização econômica e produtiva da região	135
5.4.1.3.- Levantamento de opiniões através da aplicação de um questionário baseado nos princípios do Método Delphi	138
5.4.2.- Aspectos legislativos, institucionais e administrativos	139
5.4.3.- Aspectos ambientais e de saúde pública	142
5.4.4.- Estudo das potencialidades do reuso baseadas na oferta e na demanda do mercado existente para sua implementação	144
5.4.4.1.- Introdução	144
5.4.4.2.- Sistema de abastecimento de água potável	144
5.4.4.2.1.- Introdução	144
5.4.4.2.2.- Cobertura do serviço	144
5.4.4.2.3.- Estratégia elaborada pela SEMAPA e pela EM para a região do Valle Central	147

5.4.4.3.- Sistema de coleta e tratamento das águas residuárias municipais da cidade de Cochabamba	151
5.5.- FORMULAÇÃO DA ESTRATÉGIA BÁSICA PARA O CURTO , MÉDIO E LONGO PRAZO	153
5.5.1.-Balanço dos recursos hídricos	153
5.5.2.- Reuso direto das águas residuárias municipais tratadas dentro da problemática dos recursos hídricos do Valle Central	156
5.5.2.1.- Introdução	156
5.5.2.2.- Reuso do efluente da ETE Alba Rancho	156
5.5.3.- Proposta de reuso para o curto prazo	162
5.5.4.- Proposta de reuso para o médio e longo prazo	163
5.5.5.- Opção pelo reuso agrícola	165

CAPÍTULO 6 RESULTADOS

6.1.- INTRODUÇÃO	170
6.2.- O EFLUENTE DA ETE ALBA RANCHO	170
6.2.1.- Aspectos qualitativos	170
6.2.2.- Aspectos quantitativos	178
6.3.- RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO TIPO DELPHI	179
6.4.- O PROCESSO DE PLANEJAMENTO	186
6.4.1.- Inventariação dos recursos naturais água e solo	186
6.4.2.- Diagnóstico da problemática para o Valle Central	189
6.4.3.- Objetivos específicos a serem alcançados	194
6.4.4.- Formulação das estratégias a serem utilizadas	195

CAPÍTULO 7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	
7.1.- INTRODUÇÃO		199
7.2.- CONCLUSÕES SOBRE O REUSO		200
7.3.- CONCLUSÕES SOBRE O ESTUDO DE CASO		202
7.4.- RECOMENDAÇÕES		205
7.4.1.- Sobre o reuso		205
7.4.2.- Sobre o estudo de caso		207
CAPÍTULO 8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	211
ANEXO		225

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1.- GENERALIDADES

Fatores como a topografia, geologia climatologia e a cobertura vegetal entre outros, são responsáveis para que exista uma desigual distribuição das águas no planeta. Assim, dependendo da maior ou menor incidência de um ou mais destes fatores, é possível se ter no mundo, regiões onde há abundância de recursos hídricos e por outro lado regiões onde há escassez de água, isto é, regiões áridas e semi-áridas. A taxa de precipitação pluvial e sua variação anual, provoca os chamados períodos secos e úmidos, originando com isto uma maior ou menor disponibilidade hídrica.

O crescimento populacional na maioria dos países, principalmente nos chamados países em desenvolvimento da Asia, Africa e América Latina, tem levado a situações contínuas de desabastecimento de água (OKUN, 1990). A demanda crescente nos grandes centros urbanos de muitas regiões do mundo, inclusive de regiões industrializadas de países em desenvolvimento, contribuí de uma maneira decisiva para se preocupar com o abastecimento de água, particularmente quando se trata das necessidades básicas da população. Nas regiões mais desenvolvidas do mundo, cerca de 75 % da população habitarão as cidades no ano 2.000, tornando um problema difícil seu abastecimento de água (OKUN, 1991).

O intenso processo de industrialização principalmente ocorrido nos grandes centros urbanos, tem provocado um consumo cada vez maior de água, o que representa um grande desafio na atualidade. A poluição hídrica, superficial e subterrânea ocorrida não somente nas zonas industriais, mas também em áreas rurais devido ao uso intensivo de defensivos agrícolas, tem provocado uma crescente deteriorização da qualidade da água destinada ao abastecimento. METCALF & EDDY (1991), afirmam que fatores como o contínuo crescimento populacional, a poluição hídrica, a desigual distribuição dos recursos hídricos e as estiagens periódicas, tem

forçado as instituições responsáveis pelo abastecimento de água, a procurarem por fontes alternativas para suprir suas demandas.

Por todos os motivos expostos anteriormente, surge a necessidade de realizar um melhor uso do recurso disponível, torna-se imprescindível um melhor gerenciamento tanto em nível de abastecimento urbano como no gerenciamento de bacias hidrográficas. Nas regiões carentes de recursos hídricos é quase um delito o desperdício ou o mal uso da água, havendo que se planejar e gerenciar melhor as ofertas e demandas de água. A desigualdade existente entre oferta e demanda de água, pode provocar efeitos negativos na qualidade de vida do homem, afetando por exemplo o seu estado de saúde e a degradação do seu meio ambiente. Diversas pesquisas e trabalhos foram e estão sendo desenvolvidos para tentar diminuir os efeitos diversos, presentes e futuros da escassez de água.

SHELEF (1991) indica que durante a realização da sessão plenária da celebração do XXV aniversário da fundação da "International Association on Water Pollution Research and Control" (IAWPRC), no dia 2 de agosto de 1990 em Kyoto (Japão), o pesquisador Laszlo Somlyódy expressou a frase: "...ao final deste século, chegamos à conclusão de que a ideia que se tinha de solucionar os problemas da poluição apenas através da diluição, resultou ser somente uma ilusão...". Este autor indica ainda que a frase emitida nessa oportunidade, estava sugerindo implicitamente que a real solução para grande parte dos problemas de poluição ambiental, deveriam estar baseados na implementação da política das 5 grandes Rs: Reciclagem, Reuso, Reclamação, Recuperação e Renovação.

Entretanto, seria interessante acrescentar mais uma grande R à recomendação do citado autor, assim, a **Redução** do consumo de água pode e deveria ser tomada em conta como forma de conservação de água e de minimização dos problemas de poluição ambiental, decorrentes normalmente da disposição final das águas residuárias municipais não tratadas.

Segundo a DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA (1992) no México existem pesquisas e ensaios a escala laboratorial sobre novas formas de redução do consumo de água. Estes estudos estão dirigidos principalmente aos acessórios hidráulicos tais como os vasos sanitários e as torneiras hidráulicas.

Segundo SALAS (1994) em países que apresentam áreas áridas e semi-áridas, o reuso das águas residuárias tratadas, constitui-se na melhor forma de disposição final. Esta forma de disposição, contribui para minimizar a poluição ambiental e por outro lado contribui para uma efetiva conservação dos recursos hídricos, destinando águas de qualidade melhor para o abastecimento potável e, as águas de reuso para a irrigação agrícola, por exemplo.

Segundo MOREIRA (1995), existem regiões em países em desenvolvimento como a Região Metropolitana de São Paulo no Brasil, onde a escassez de água obriga a realizar periodicamente um racionamento na distribuição à população. Este racionamento ou também chamado “rodizio” na distribuição, foi uma forma encontrada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) para minimizar o impacto negativo causado na população com esta racionalização no abastecimento de água. Esta reportagem jornalística indica que atualmente o racionamento atinge 1,7 milhão de pessoas diariamente, principalmente nos períodos de estiagem.

Recentemente DIAS (1995) publicou matéria jornalística sobre a escassez crônica dos recursos hídricos no mundo, indicando que a falta de abastecimento potável atualmente atinge 250 milhões de pessoas em 26 países. Este autor, indica que a demanda por água será tão elevada e os recursos hídricos de boa qualidade tão escassos no futuro, que podem inclusive levar à guerras por água no século 21. Entre os principais focos de tensão por falta de água, está a região do Oriente Médio, porém existem outras regiões no mundo com elevados problemas pelo mesmo motivo.

Uma das medidas que torna quase que instintiva na questão de escassez de água, é sua conservação. Conservar o pouco que se tem disponível, aproveitando as épocas de chuva para captar e armazenar água para a época de estiagem. Em regiões áridas e semi-áridas, o armazenamento pode ser mais adequado com a recarga dos aquíferos, dependendo naturalmente da existência de condições favoráveis para isto. O armazenamento superficial através das represas, além de poder provocar impactos negativos no meio ambiente, diminui seu potencial de utilização, devido à ação da evaporação. A estratégia da conservação de água nas regiões áridas, consiste em ter disponível toda a estrutura necessária para seu armazenamento superficial ou subterrâneo, afim de cobrir os requerimentos de água em épocas

de estiagem, pois na maior parte do ano, os índices de evapotranspiração estão acima do índice pluviométrico (ORON & DeMALACH, 1987).

O reuso das águas residuárias municipais, apresenta-se como uma medida adequada para a conservação de água, principalmente em regiões com elevada escassez, ou em regiões que apresentam usos múltiplos e conflitantes entre eles. Reusar águas residuárias, significa principalmente, deixar de utilizar água de melhor qualidade como aquela destinada ao abastecimento para consumo humano, em usos que não requeiram esta qualidade. É o caso por exemplo de utilizar água potável para irrigação agrícola. Por outro lado, as diferentes publicações técnicas tem mostrado que a tendência atual do aproveitamento das águas residuárias, indicam sua importância como fonte alternativa de abastecimento.

As águas residuárias, estão formadas por 99,9 % de água e 0,1 % de outros materiais, entre os quais estão por exemplo: sólidos suspensos, coloides e sólidos dissolvidos. Nas regiões áridas e semi-áridas, os recursos hídricos são tão escassos que frequentemente ocorrem conflitos entre a demanda para uso doméstico, industrial e agrícola. Segundo MARA & CAIRNCROSS (1990) o conflito das demandas de água, geralmente pode ser resolvido somente com o reuso das águas residuárias para fins agrícola. As cidades deveriam usar primeiramente água potável, posteriormente e prévio tratamento adequado das águas residuárias municipais, estas podem ser usadas na irrigação agrícola. De acordo com estes autores, se não for seguida esta ordem de utilização, corre-se o risco de limitar seriamente o desenvolvimento urbano e agrícola, com os consequentes efeitos adversos no desenvolvimento econômico.

De acordo com MILLER (1990), reutilizar águas residuárias é uma atividade que remonta aos tempos dos imperios grego e romano, ou seja ha mais de 2.000 anos nas mais diversas formas, principalmente de forma indireta e não planejada, ou seja de forma aleatória e indiscriminada. Modernamente, o reuso deve ser encarado como um elemento importante dentro do planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, devendo haver um estudo minucioso sobre o processo de tratamento escolhido, objetivos a serem atingidos, fatores sociais e econômicos envolvidos e principalmente fatores de saúde pública.

Qualidade de água é um dos fatores tido como importante dentro de qualquer estudo de reuso, principalmente quando se pretende atingir mais de um objetivo com o aproveitamento das águas residuárias. A qualidade das águas de reuso, está em função das finalidades para as quais se quer aproveitá-las. Assim, por exemplo, pretendendo-se obter água para irrigação de hortaliças, a qualidade deverá ser diferente em relação à obtenção de água para uso industrial ou para descarga em vasos sanitários.

O estudo da qualidade das águas para reuso, leva em conta as suas características físicas, químicas e microbiológicas. Sua caracterização e classificação levam em conta os processos para tratamento de esgotos e para tratamento de água. Isto ocorre porque as águas residuárias municipais, necessitam inicialmente serem tratadas como esgoto e posteriormente, à medida que sua depuração ocorre, seu tratamento passa a ser parecido com o dispensado à água bruta natural destinada ao abastecimento potável.

Os cuidados a serem tomados com o reuso, estão voltados especialmente com a saúde pública e é neste aspecto, que reside grande parte do sucesso ou fracasso de qualquer programa de reuso. Existem parâmetros específicos na literatura especializada para os diferentes tipos de água de reuso, estes diferem daqueles relativos à água potável e ao esgoto doméstico. Esse fato evidentemente contribui para uma melhor aceitação deste recurso hídrico alternativo. Diversas regiões e países que estudam e implementam programas de reuso, tem seus próprios padrões de qualidade de água, uns mais restritos que outros. Algumas instituições como a Organização Mundial da Saúde (OMS), estabeleceram padrões que a maioria dos países em desenvolvimento, que tem programas de reuso, segue ou baseia-se neles. Exemplos de países que adotaram seus próprios padrões, baseados nas diretrizes da OMS, são o Sudão, a Jordânia e a Tunísia, países caracterizados como áridos, carentes de recursos hídricos e considerados países em desenvolvimento (HESPANHOL & PROST, 1994).

Um dos fatores que limita programas de reuso é o fator econômico, ou seja, a capacidade de um programa deste tipo, ter seu correspondente quadro financeiro aprovado e corretamente avaliado, principalmente pelos órgãos financeiros internacionais. Geralmente, os sistemas de reuso, tornam-se economicamente viáveis, nas regiões onde sua implementação pode resolver problemas de disposição final de efluentes (D'ANGELO, 1993). Quando se

aplica o método Custo-Benefício no sistema de avaliação de projetos, torna-se muito difícil caracterizar os benefícios inerentes a um programa deste tipo, pois os benefícios sociais não são facilmente medidos e adequadamente avaliados.

O grau de educação ambiental, orientado principalmente para a conservação da água, implica em medidas a serem tomadas desde as esferas governamentais até as salas de aula. É inaceitável que, no futuro, o homem não tenha uma consciência da importância de preservar e conservar os recursos naturais, principalmente a água que é vital.

É necessário despertar já para os problemas da escassez de água. Tomar medidas em todos os níveis para prevenir algo que, certamente algumas regiões do mundo estão passando, mas que muitas outras poderão vir a ter problemas com os diferentes usos da água e com sua escassez crescente.

1.2.- OBJETIVOS

O presente trabalho, tem como objetivo geral estudar a problemática da escassez de água, bem como, disseminar sua necessidade de conservação e suas possibilidades de reuso. Os objetivos mais específicos a serem alcançados pelo trabalho, são os seguintes:

- a).- Apresentar uma revisão bibliográfica atualizada, sobre o reuso das águas residuárias municipais tratadas;
- b).- Estudar os principais tipos de reuso e suas possibilidades de implementação;
- c).- Apresentar um processo de planejamento básico para elaboração de um estudo sobre reuso direto;
- d).- Elaborar um estudo de caso para uma região semi-árida com elevada escassez de água, incluindo aspectos como sua inventariação de recursos hídricos e a formulação da estratégia básica de reuso.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica apresentada neste trabalho, está principalmente baseada em publicações a partir de 1987, devido a que autores como LAVRADOR FILHO (1987), MANCUSO (1988 , 1992), SANTOS (1992) e BORN (1992) no Brasil, apresentaram ampla revisão da literatura especializada. Por outro lado, o assunto a ser estudado é relativamente novo e ainda tem pouca disseminação nos centros acadêmicos e de pesquisa, bem como na sociedade brasileira, principalmente nas regiões com escassos recursos hídricos. Assim, a revisão aqui apresentada, está indicada como uma continuação daquela apresentada pelos referidos autores, bem como uma forma de atualização no estudo do reuso e divulgação da sua importância.

2.1.- CARACTERÍSTICAS DO REUSO

O estudo do reuso das águas residuárias municipais compreendidas basicamente pelos esgotos domésticos, pode ser classificado de acordo com o tipo de sua interação com o meio ambiente e de acordo com a sua finalidade de uso. Num primeiro momento, há duas grandes divisões do reuso: reuso em forma direta e reuso em forma indireta. Posteriormente é possível uma orientação quanto à finalidade da sua utilização, ou seja reuso para fins não potáveis ou para fins potáveis. BORN (1992) indica que não é possível pensar em reuso, sem antes haver um atendimento dos serviços de saneamento básico, principalmente a coleta dos esgotos domésticos. Um diagrama básico da caracterização do reuso está indicado na Figura 2.1.

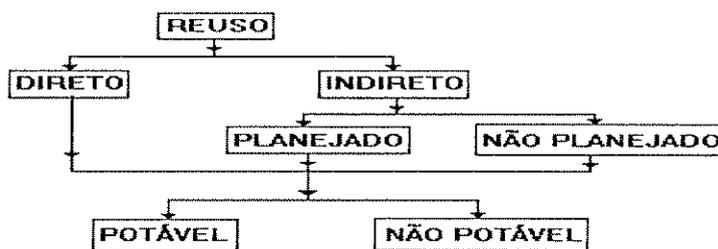


Figura 2.1.- Diagrama de caracterização básica para o reuso das águas residuárias municipais

2.1.1.-REUSO DIRETO

Caracterizado pela utilização direta do efluente tratado, isto quer dizer que o efluente não sofre nenhum processo de depuração no meio ambiente até o local do seu reuso. Reusar em forma direta, implica na utilização de tubulações, bombas ou outros mecanismos necessários para sua implementação (ASANO et al, 1992a). Na Figura 2.2 , está indicado o esquema de caracterização de um sistema de reuso direto, onde o lugar de disposição final do efluente tratado é o próprio local de reuso e, onde a forma de disposição final é o próprio tipo de reuso.

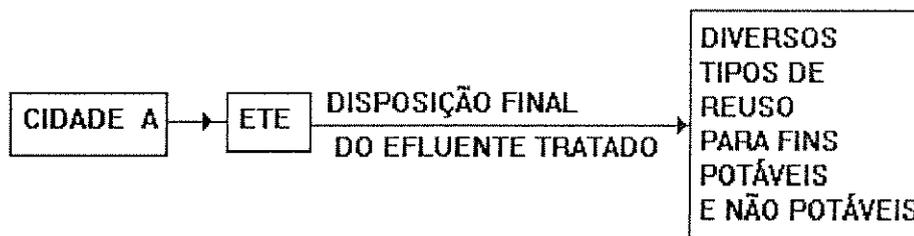


Figura 2.2.- Diagrama de caracterização básica do reuso direto das águas residuárias municipais tratadas

Quando se pensa em aproveitar águas residuárias tratadas, necessariamente há uma intenção por parte do homem em realizar tal atividade. Isto quer dizer que para se realizar um reuso deste tipo, deve-se pensar na sua forma de implementação, pensando nos objetivos a serem atingidos e nos benefícios esperados, ou seja, deve existir um planejamento prévio das atividades. LAVRADOR FILHO (1987), resume o reuso direto planejado, simplesmente como reuso direto. Porque se é direto, sempre é planejado, ou intencional. Não existe o reuso direto não planejado. Este autor pesquisou os diferentes tipos de reuso encontrados na literatura especializada e realizou uma adequação para a realidade brasileira. No presente trabalho, fica subentendido a referência ao reuso direto, como sendo o reuso direto planejado.

As aplicações do reuso direto podem ser as mais diversas, porém de acordo com a literatura especializada, aquelas destinadas ao setor industrial, são as que melhor oferecem condições práticas de implementação, particularmente nos casos de reciclagem das águas residuárias tratadas. Existem trabalhos de consultoria que apresentam estudo relativo à possibilidade de se implementar reuso direto para fins industriais na Região Metropolitana de São Paulo (REUSO, 1994).

Diversos autores dedicaram esforços para o estudo do reuso direto, como o caso de ODENDAAL (1991) que descreve estudos e trabalhos sobre reuso na África do Sul, por sua parte JOHNSON (1991), indica estudos e trabalhos sobre reuso no Estado da Flórida dos Estados Unidos da América (EUA).

Muitos autores classificam as finalidades do reuso direto em duas grandes áreas, uma para fins potáveis e a outra para fins não potáveis. Autores como ASANO (1991), COOPER (1991), SHELEF (1991), JOHNSON (1991) e muitos outros privilegiam o estudo do reuso para fins não potáveis. Existem por outro lado, autores como ROGERS & LAUER (1992) que relatam programa piloto de reuso para fins potáveis na cidade de Denver (EUA). ODENDAAL (1991), relata que na África do Sul, existem estudos voltados para fins potáveis, existindo inclusive normas e diretrizes para se realizar estudos em escala piloto, com capacidade de 4.500 metros cúbicos por dia.

2.1.2.- REUSO INDIRETO NÃO PLANEJADO

Ocorre com a participação do meio ambiente, ou seja quando geralmente as águas residuárias municipais não tratadas são descarregadas num curso de água superficial, onde ocorrem processos de diluição, dispersão e autodepuração, principalmente dos compostos biodegradáveis. Estes mesmos processos podem acontecer via infiltração e percolação no solo para o caso da recarga dos aquíferos (BOUWER, 1991a, 1991b).

A maioria dos casos de reuso indireto, ocorre em forma não planejada, pois as comunidades praticantes deste tipo de reuso, esperam que os processos de depuração das águas residuárias, ocorram de forma natural num curso de água ou no solo. As características de intervenção do meio ambiente, da falta de planejamento ou intenção em reusar e a esperança em que o tempo facilite a depuração das águas residuárias, fez do reuso indireto não planejado um dos mais praticados através dos tempos (MILLER, 1990).

Uma das melhores exemplificações deste tipo de reuso, pode-se dar através da seguinte explicação: uma comunidade qualquer capta água de um determinado rio, usando-a convenientemente tratada e depois a descarrega sem tratar no mesmo rio à jusante do ponto de captação. Posteriormente, à jusante da primeira comunidade, uma segunda comunidade capta novamente a água do mesmo rio e a utiliza para suas necessidades prévio tratamento numa Estação de Tratamento de Água (ETA). Em seguida descarrega suas águas residuárias no mesmo rio, desta maneira o processo é contínuo com a intervenção de outras comunidades ao longo desse rio. Isto mostra, que não houve nenhuma intenção por parte das respectivas comunidades em aproveitar as águas residuárias daquelas que estão localizadas à montante; não houve ação planejada para isto.

Durante o percurso do rio que abastece as várias comunidades envolvidas, ocorrem processos naturais de dispersão, diluição e autodepuração na massa líquida do rio, de tal maneira que a qualidade desta água fica pouco alterada, principalmente em relação aos poluentes biodegradáveis, favorecendo seu posterior reuso. Na Figura 2.3, está indicado o esquema de caracterização de um sistema de reuso indireto não planejado.

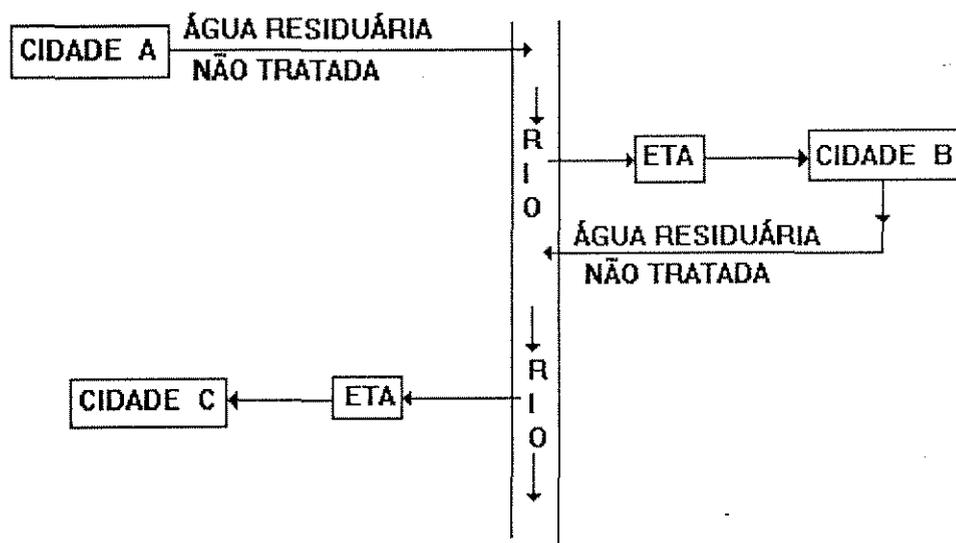


Figura 2.3.- Diagrama de caracterização básica do reuso indireto não planejado das águas residuárias municipais não tratadas, utilizando um curso de água superficial como meio ambiente depurador

2.1.3.- REUSO INDIRETO PLANEJADO

Normalmente ocorre quando se tem a intenção expressa de aproveitar o efluente tratado. Quando se elabora um plano para tal atividade, é necessário pensar nos objetivos a serem atingidos, nos custos envolvidos, nos riscos à saúde pública e nos benefícios esperados com esta atividade. Na maioria das vezes fica caracterizado com a intervenção de corpos receptores, tais como rios, lagoas, reservatórios e o solo. Após descarga no corpo receptor, o efluente é reaproveitado. Em certas regiões que apresentam características apropriadas, o aproveitamento pode ocorrer via recarga de aquíferos, neste caso os processos de diluição, dispersão e autodepuração ocorrem na chamada zona não saturada do aquífero, isto é na região que fica acima do nível máximo do lençol freático, posteriormente ocorre uma depuração complementar no próprio aquífero, isto é na região saturada ou que fica abaixo do nível do lençol freático (BOUWER, 1991a, 1991b, 1992).

A maioria dos estudos e programas de reuso, levantados na revisão bibliográfica, referem-se àqueles cujo principal tipo de reuso está destinado a usos não potáveis. Das várias opções de utilização não potável, as de maior consumo são o uso agrícola e a irrigação de áreas verdes. Em muitos países que tem regiões áridas e semi-áridas, de 70 % a 90 % da água consumida são usadas para irrigação (ASANO, 1991). A qualidade de água para usos não potáveis, pode variar desde aquela que contenha elevado teor de nutrientes até a água destinada para uso industrial o qual requer elevado grau de pureza, como na indústria eletrônica.

MANCUSO (1992) propõe a utilização de uma ETA localizada na bacia do rio Cotia , para a realização de ensaios e experiências que possibilitem o desenvolvimento da tecnologia do reuso potável indireto. Para lograr isto, seria utilizada uma mistura das águas do rio Cotia e o efluente da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Barueri. Este autor indica ainda, que a medida em que se disponha da tecnologia apropriada, a mistura das águas teria proporções cada vez menores em relação à água bruta do rio Cotia, atingindo gradativamente a utilização de 100 % do efluente do ETE para a produção de água de reuso. Desta maneira, estaria-se implementando um sistema de reuso potável direto.

O reuso indireto, ou seja o uso das águas provenientes dos corpos receptores que recebem descargas de águas residuárias tratadas ou não, continua ocorrendo no mundo inteiro e atualmente é o método mais comum de reusar os efluentes, não somente para irrigação ou outros usos não potáveis mas também para o abastecimento de água potável, desde que posteriormente sejam adequadamente tratadas numa ETA (MARA & CAIRNCROSS , 1990). Na Figura 2.4 , está indicado o esquema de caracterização de um sistema de reuso indireto planejado.

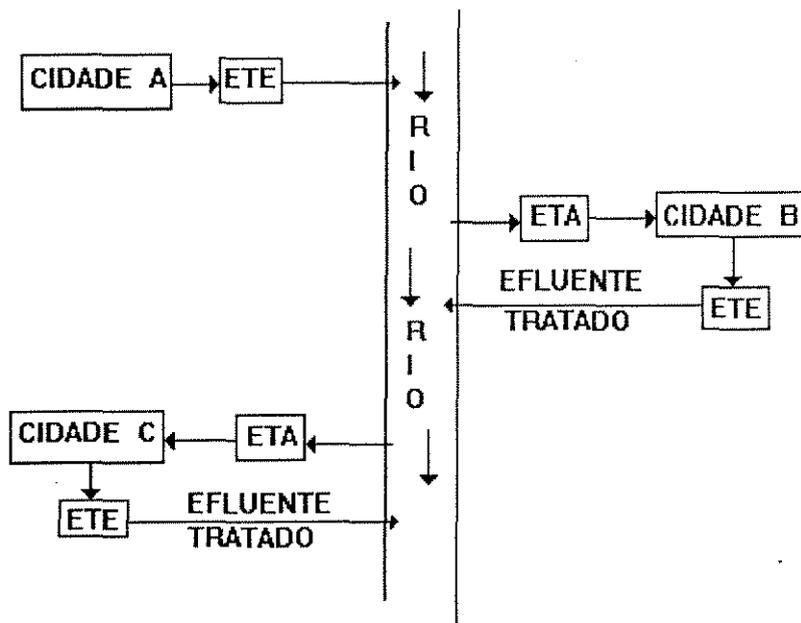


Figura 2.4.- Diagrama de caracterização básica do reuso indireto planejado das águas residuárias municipais tratadas

2.2.- TIPOS DE REUSO

A maioria dos usos de água pode ser satisfeita mediante seu reuso, no entanto, os maiores projetos de reuso são para fins de irrigação agrícola, industriais e municipais (ASANO, 1991). Para se ter uma ideia mais clara dos principais tipos de reusos possíveis é mostrado na Figura 2.5 , o diagrama geral para os principais tipos de reuso com suas diferentes divisões e sub-divisões.

Cada tipo de reuso tem sua própria característica em termos de qualidade e de riscos potenciais à saúde pública. De acordo com o tipo de reuso escolhido, será necessário o cumprimento de padrões de qualidade de água, não somente microbiológicos, mas também físicos e químicos. Assim, por exemplo, para reuso em irrigação agrícola a qualidade microbiológica, principalmente em termos de patógenos, será inferior em relação com um reuso para fins recreativos como banho público, devido ao contato direto do usuário com a água de reuso.

Um outro fator importante para a adoção de um tipo de reuso, é sem dúvida a interação que sua aplicação provoca com o meio ambiente e com a comunidade. De uma maneira geral é comum a comunidade aceitar melhor um tipo de reuso que não coloque em risco sua saúde. Por outro lado, quando se implementa um determinado tipo de reuso, há necessidade de se trabalhar muito o aspecto social, cultural e psicológico dos futuros beneficiários.

Os diferentes tipos de reuso indicados na Figura 2.5, são os mais comumente encontrados na literatura especializada. A escolha por um determinado tipo de reuso, dependerá muito das características próprias da região onde quer se implantar um programa ou projeto de reuso. Desta maneira, SHUVAL (1991) e SHELEF (1991) exemplificam que em Israel, o tipo de reuso escolhido foi preferentemente direcionado para a irrigação agrícola irrestrita, o que inclui as culturas de consumo cru.

A região Sul do Estado da Califórnia (EUA), escolheu preferencialmente o tipo de reuso municipal para a irrigação de suas áreas verdes públicas e privadas (ARBER, 1991). Entretanto, poderia ter acontecido que numa mesma região, ocorresse simultaneamente mais de um determinado tipo de reuso, claro que para isto ocorreria seria necessário elaborar projetos diferentes que atendessem objetivos diferentes, como o planejado para a cidade de Los Angeles no Estado da Califórnia (EUA), que contemplam segundo SHEIKH (1991) o reuso para irrigação de áreas verdes, reuso industrial e recarga artificial de aquíferos.

A escolha do tipo de reuso a ser adotado por determinada comunidade, depende também de fatores de aceitação social, da existência de legislação pertinente, do grau de conhecimento tecnológico necessário para sua futura implementação e do aspecto econômico. Geralmente, são as necessidades de água não satisfeitas as que geram a necessidade do reuso, entretanto devem ser analisados outros fatores para a determinação final do tipo de reuso a ser adotado.

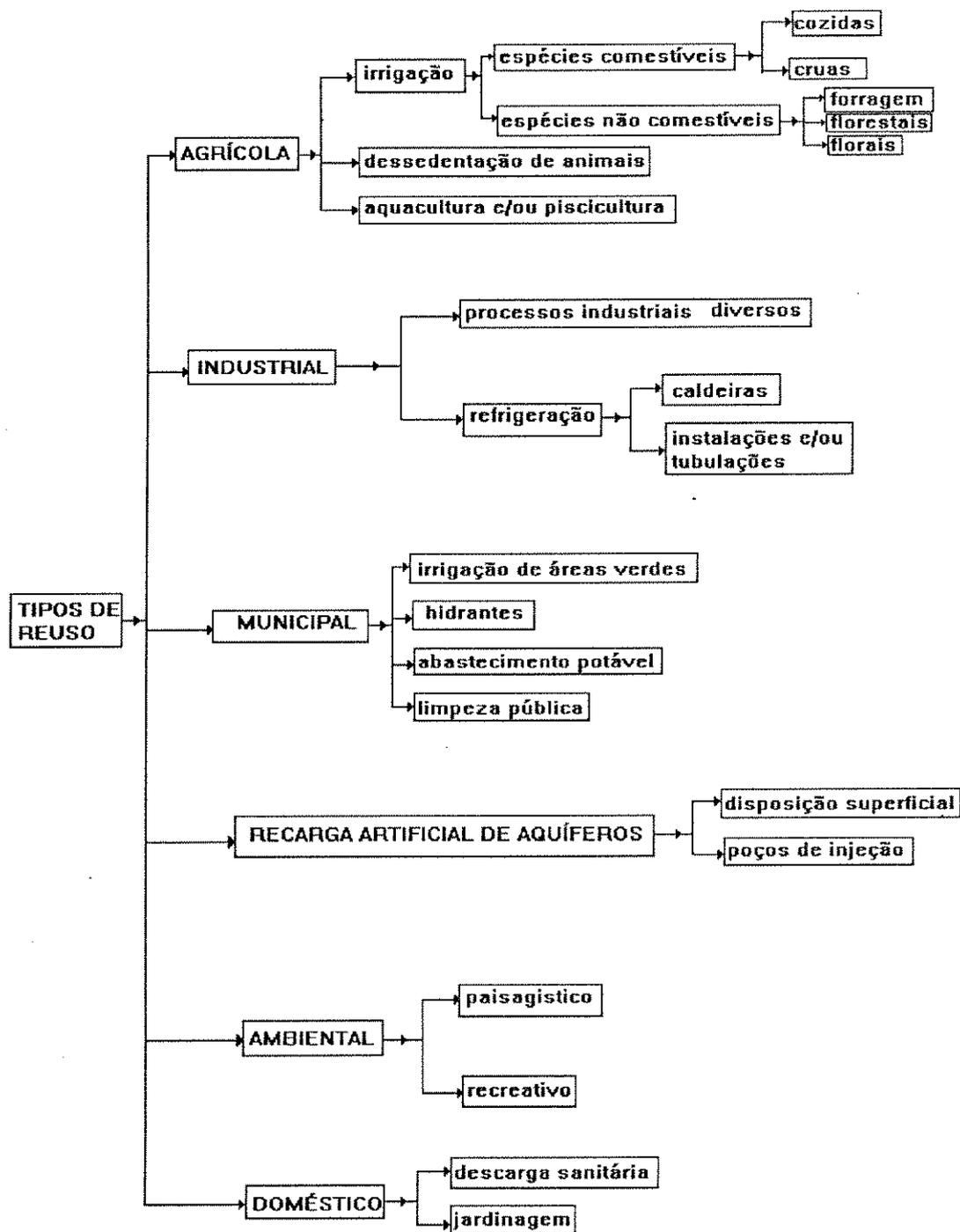


Figura 2.5.- Diagrama geral para caracterização dos principais tipos de reuso e suas diferentes sub-divisões

Dentro da variedade de opções de reuso levantadas na bibliografia, as mais comumente adotadas e aqueles que consomem maior volume de água, são a irrigação agrícola, a irrigação de áreas verdes públicas e privadas, refrigeração em indústrias e a recarga artificial de aquíferos. Existem também citações sobre outros tipos de reuso tais como a descarga em vasos sanitários, formação de lagos artificiais para fins recreativos e outros usos não potáveis.

2.2.1.- REUSO AGRÍCOLA

A adoção de um sistema de coleta das águas residuárias domésticas na metade do século XIX, inicialmente na Inglaterra e posteriormente em muitas cidades da Europa e dos Estados Unidos, favoreceu o reuso destas águas na irrigação agrícola como forma inicial de sua disposição final. De acordo com MARA & CAIRNCROSS (1990) esta forma de disposição final deu origem às chamadas “granjas de águas residuárias” e foram criadas na Inglaterra em 1865, nos Estados Unidos em 1871, na França em 1872, na Alemanha em 1876, na Índia em 1877, na Austrália em 1893 e no México em 1904. Na maioria destes países, o fator que originalmente impulsionou o reuso para irrigação agrícola, foi a necessidade de impedir a contaminação dos rios mais do que procurar incrementar a produção agrícola.

De acordo com BARTONE & ARLOSOROFF (1987) houve um grande incremento no reuso para irrigação agrícola nas duas últimas décadas. Segundo estes autores e conforme indicado no Quadro 2.1 o incremento do reuso agrícola, ocorreu especialmente em regiões áridas e semi-áridas de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Talvez por ser um dos mais antigos tipos de reuso, a irrigação agrícola com águas residuárias não tratadas ocorreu desde muito tempo atrás, porém na atualidade, este tipo de reuso também exige que se faça com águas residuárias tratadas. Acontece que as vezes o nível de tratamento exigido pelas diferentes culturas, não é necessariamente dos mais avançados, razão pela qual muitos países apenas dispensam um tratamento primário para obtenção de água de reuso destinada à irrigação agrícola.

Em países desenvolvidos, o nível de tratamento das águas residuárias geralmente atinge até o secundário, seguido na maioria das vezes de processos de desinfecção. Na maioria dos países em desenvolvimento e sempre que haja disponibilidade de terreno, o tratamento

preferencialmente utilizado é o sistema de lagoas de estabilização, pois além de atingir o nível secundário, resulta ser um dos mais eficientes na remoção de patogênicos.

Quadro 2.1.- Dados sobre irrigação com águas residuárias tratadas e não tratadas em países desenvolvidos e em desenvolvimento de diversas partes do mundo até 1987

Pais e cidade	Superfície irrigada (Ha.)
Africa do Sul , Johannesburgo	1.800
Alemanha , Braunschweig	3.000
outras cidades	2.500
Arábia Saudita , Riad	2.850
Argentina , Mendoza	3.700
Australia , Melbourne	10.000
Bahrein , Tubli	800
Chile , Santiago	16.000
China, todas as cidades	1.330.000
Estados Unidos, Chandler, Arizona	2.800
Bakersfield, California	2.250
Fresno, California	1.650
Santa Rosa, California	1.600
Lubbock , Texas	3.000
Muskegon , Michigan	2.200
Índia , Calcutá	12.500
todas as outras cidades	73.000
Israel , várias cidades	8.800
Kuwait , várias cidades (*)	12.000

Quadro 2.1.- Dados sobre irrigação com águas residuárias tratadas e não tratadas em países desenvolvidos e em desenvolvimento em diversas partes do mundo até 1987
(Continuação)

País e cidade	Superfície irrigada (Ha.)
México , Cidade do México	90.000
todas as outras cidades (*)	250.000
Perú , Lima (*)	6.800
Sudão , Jartún	2.800
Tunísia , Tunísia (*)	4.450
outras cidades (*)	2.900

(*) : Inclui ampliação já prevista do sistema de reuso

FONTE : BARTONE & ARLOSOROFF (1987)

MARA & CAIRNCROSS (1990) afirmam que o recente incremento no reuso para irrigação agrícola, deve-se à interação de fatores tais como:

- Escassez no abastecimento de água para irrigação agrícola ;
- Alto custo dos adubos artificiais;
- Demonstração de que os riscos para a saúde pública e os danos ao solo são mínimo, desde que se adotem medidas preventivas;
- Elevado custo das modernas instalações de tratamento das águas residuárias;
- Aceitação sócio-cultural da prática do reuso;
- Reconhecimento da sua utilidade pelos responsáveis do planejamento dos recursos hídricos.

De acordo com diversas publicações, a produção agrícola da maior parte das culturas aumenta com a utilização de águas residuárias para irrigação. Segundo SHENDE (1985) citado

por MARA & CAIRNCROSS (1990) na Índia por exemplo, foram realizadas várias experiências pelo Instituto Nacional de Pesquisas em Engenharia Ambiental de Nagpur. Estas experiências agrícolas, tem mostrado conforme indicado na Tabela 2.1 , que a irrigação de mediana intensidade com águas residuárias, permite obter uma maior produção do que a irrigação com água limpa acrescida de fertilizantes como Nitrogênio, Fósforo e Potásio (NPK).

Tabela 2.1.- Valores de produção agrícola utilizando águas residuárias e água limpa para irrigação no campo experimental de Nagpur, Índia

Tipo de água para irrigação	Nº de SAFRAS (em toneladas anuais por hectare)				
	Trigo	Feijão	Arroz	Batata	Algodão
	8 (*)	5	7	4	3
Águas residuárias não tratadas	3,34	0,90	2,97	23,11	2,56
Águas residuárias decantadas	3,45	0,87	2,94	20,78	2,30
Efluente de lagoa de oxidação	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
Água limpa + NPK	2,70	0,72	2,03	17,16	1,70

(*) : A produção média é calculada baseando-se no número mínimo de safras anuais

FONTE : MARA & CAIRNCROSS (1990)

Aquacultura significa “cultivar na água” e engloba a piscicultura ou cultivo dos peixes e o cultivo de várias plantas aquáticas. Na piscicultura, a criação de carpas e de tilápias tem sido as espécies mais comumente cultivadas e as que tem representado uma maior rentabilidade comercial. Na cultura de plantas aquáticas, o espinafre de água (*Ipomeea aquatica*) , a castanha da água (*Eleocharis duleis* e *Eleocharis tuberosa*) , o aguapé (*Eichhornia crassipes*) , o abrolho de água (da espécie *Trapa*), e o loto (*Nelumbo nueifera*) , tem sido as espécies mais cultivadas (MARA & CAIRNCROSS , 1990).

A fertilização dos reservatórios para aquacultura pode ser realizada com lodos provenientes de ETEs, por sedimentos dos tanques de biogas, por efluentes de fosa séptica e por adubos derivados das excretas. Os mais recentes avanços na aquacultura, são o cultivo e colheita intensivos de microalgas nos açudes e a criação de crustáceos valiosos como camarões e caranguejos.

Segundo STRAUSS (1991) a OMS através de um grupo técnico de especialistas e em colaboração com outras instituições como o Banco Mundial (BM), o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e a FAO, tem desenvolvido diretrizes para a reutilização de águas residuárias na agricultura e na aquacultura. Estas diretrizes pretendem indicar uma prática de reuso que minimize os riscos à saúde dos agricultores, consumidores e do público em geral, para isto foram considerados os seguintes fatores :

- Tratamento das águas residuárias ou dos dejetos;
- Restrição nos tipos de culturas;
- Escolha dos métodos de aplicação dos resíduos nas culturas;
- Controle da exposição humana em relação ao contato com os resíduos ou em relação ao controle com solos fertilizados com resíduos ou em relação ao contato com peixes das lagoas da aquacultura.

Segundo ORON & DeMALACH (1987), o reuso das águas residuárias tratadas por lagoas de estabilização é o mais recomendado para a irrigação agrícola, especialmente em regiões áridas com enorme déficit de água. Estes autores mencionam o estudo de caso da cidade de Beer-Sheva, Israel, onde as águas residuárias são tratadas em nível secundário por um sistema de lagoas de estabilização.

O sistema de tratamento é composto por 4 lagoas de sedimentação (das quais somente 2 funcionavam), 2 lagoas facultativas, 2 lagoas de maturação e uma última lagoa sendo utilizada como reservatório. O efluente tratado é bombeado do reservatório para a irrigação de diversas culturas, tais como algodão, alfafa, milho e trigo.

A irrigação é realizada durante o ano todo, mas sua principal função dentro do gerenciamento dos recursos hídricos, ocorre no verão, época de maior demanda nos meses de

abril até agosto. Por outro lado, segundo estes autores o efluente tratado, contém nutrientes que ajudam a reduzir o consumo de fertilizantes artificiais, representando assim uma economia para os agricultores.

O reuso das águas residuárias domésticas após tratamento, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, tem 3 impactos benéficos iniciais: diminuição do requerimento de mais água, economia para o usuário devido ao menor consumo de fertilizantes e minimização dos riscos de uma poluição ambiental. Ocorrendo um gerenciamento adequado, o efluente tratado pode ser reusado amplamente, oferecendo simultaneamente soluções para os problemas de escassez de água e satisfazendo as necessidades nutricionais das plantas que são irrigadas com este tipo de águas (ORON & DeMALACH, 1987). Por tudo isto, têm um alto valor na produtividade agrícola de diversas culturas e constituem uma alternativa eficiente como método de disposição final (WILSON et al. , 1988).

Antes de se pensar em realizar reuso para irrigação agrícola ou para irrigação de áreas verdes, seria conveniente levar em conta os estudos dos solos. A avaliação dos solos deve incluir algumas das suas características principais, tais como: material orgânico, textura, taxa de infiltração, taxa de percolação, topografia e geologia subterrânea.

De acordo com ARBER (1991) para conhecer melhor as características principais dos solos é conveniente realizar os seguintes estudos:

- qualidade e a quantidade de matéria orgânica que afeta a fertilidade do solo, bem como sua capacidade de retenção hidráulica;
- textura do solo ou tamanho das partículas e os seus efeitos na remoção de contaminantes do efluente utilizado;
- estrutura do solo que afete a sua permeabilidade;
- taxa de infiltração, que indica quanto de escoamento superficial pode ocorrer;
- topografia, que afeta o escoamento superficial;
- hidrogeologia, que estuda o movimento subterrâneo da água;
- camadas impermeáveis de argila, que podem impedir ou dificultar a percolação;
- áreas de fratura, que podem provocar com que as águas poluídas atinjam às águas subterrâneas antes da remoção dos poluentes ;

- O excesso de água no solo, que pode afetar sua estabilidade.

Ainda segundo este autor, as plantas podem ter um desenvolvimento adequado ou uma diminuição do seu crescimento, dependendo da presença de sais, metais e materiais orgânicos presentes na água utilizada para sua irrigação. Finalmente, este autor afirma que os compostos inorgânicos de Nitrogênio e Fósforo são necessários para todos os organismos vivos, entre eles as plantas, porém sua presença em altas concentrações, pode provocar seu crescimento excessivo, diminuindo a qualidade de seus frutos. Elementos químicos como boro, cloro ou sódio, podem ter efeitos tóxicos nas plantas quando presentes acima de concentrações suportadas pelo solo e pelas próprias plantas.

A remoção dos sais durante o processo de tratamento é cara e difícil, sendo necessária a implementação de técnicas de gerenciamento para o controle dos efeitos da salinidade nas plantas. Essas técnicas incluem a seleção de culturas que sejam tolerantes aos sais, aclimação das culturas ao meio salino, aumento do volume de água de irrigação para lavagem dos sais que ficam retidos nas raízes das plantas e o uso de um sistema de drenagem para a coleta e disposição deste excedente de água utilizado.

O "Irvine Ranch Water District" da cidade de Irvine no Estado da Califórnia (EUA), tem um dos programas de reuso agrícola mais bem sucedidos e melhor monitorados. PARSONS (1990) relata que o reuso para irrigação agrícola é realizado através de um sistema duplo de distribuição de água, pois a rede que distribui a água de reuso é diferente da rede para distribuição de água potável. Além da irrigação agrícola, o sistema de distribuição da água de reuso diferenciado, serve também para irrigação de áreas verdes e para reuso doméstico, tal como a descarga nos vasos sanitários. A água de reuso é utilizada não só para irrigar as culturas como pomares de laranjas e de abacates, mas também é utilizado para irrigação de culturas diferentes como milho, tomate, pimentão, repolho e couve.

HART (1990) indica que a irrigação agrícola com o efluente tratado numa estação piloto composta por 4 lagoas de estabilização, está sendo praticada na cidade de Antofagasta localizada no deserto mais árido do mundo, o deserto de Atacama no norte do Chile. Por outro lado, indica que na cidade próxima de Calama, não há nenhum projeto de reuso agrícola, razão

pela qual os agricultores desta cidade costumam quebrar a tubulação de esgoto bruto para aproveitar as águas residuárias na irrigação de suas lavouras. Finalmente, este autor ressalta que é necessário incrementar o número de estudos e projetos de reuso agrícola para poder mitigar parcialmente a demanda de água para irrigação nesta região desértica.

AZOV et al. (1991) descrevem um sistema de monitoramento da qualidade sanitária da água de reuso obtida a partir da exploração das águas subterrâneas que foram recarregadas com efluente doméstico tratado. A exploração do aquífero é realizada através de 52 poços localizados adequadamente na região do aquífero e, posteriormente a água é bombeada a mais de 100 quilômetros de distância para sua reutilização na irrigação agrícola da região Sul de Israel. Este sistema de reuso agrícola descrito pelos indicados autores, permitiu o aproveitamento de 75 milhões de metros cúbicos de água por ano já no seu primeiro ano de funcionamento, porém o sistema está dimensionado para aproveitar 135 milhões de metros cúbicos por ano. A qualidade de água é adequada inclusive para a irrigação de espécies para consumo cru.

OSBURN & BURKHEAD (1992), apresentam uma experiência realizada no Estado do Kansas (EUA) utilizando o efluente tratado da estação de tratamento de águas residuárias da cidade de Lawrence. A experiência teve por finalidade avaliar a possibilidade de se utilizar efluente tratado em irrigação e efetuar sua comparação com a utilização de água de chuva. Foram irrigados vegetais como pepino e berinjela, por serem os mais rentáveis para os agricultores.

Os métodos de irrigação utilizados foram a aspersão e o gotejamento, alternando-se na sua aplicação. Para a implementação do estudo, utilizou-se um terreno em escala experimental, adequando-o para as condições próprias do sistema de lavoura e os métodos de irrigação mais comuns. Segundo estes autores, a necessidade da realização desta experiência foi devido à crescente dificuldade do abastecimento de água para a agricultura originada pela super-exploração do aquífero Ogallala, pois a velocidade de sua exploração é maior que a sua capacidade de recarga. Segundo CROOK (1991) a irrigação de culturas é o maior uso destinado à água de reuso nos países em desenvolvimento, por outro lado, continua sendo também em muitos países desenvolvidos.

Segundo a WHO (1989) a primeira reunião de expertos em reuso de efluentes aconteceu em 1971 cujas conclusões foram publicadas em 1973. A partir desta data, as recomendações publicadas pela WHO, tem servido como diretrizes para sua utilização em diferentes partes do mundo. Posteriormente, em Julho de 1985, foi realizado um encontro de especialistas em meio ambiente e epidemiologistas na cidade de Engelberg, Suíça, afim de considerar os aspectos de saúde relacionados ao uso das águas residuárias e excretas na agricultura e na aquacultura.

MONTE & SOUSA (1992) apresentam resultados de uma experiência de irrigação agrícola realizada com o efluente secundario de uma lagoa facultativa , comparando-a com a irrigação realizada com água potável adicionada de fertilizantes comercializados normalmente. Os resultados obtidos, referem-se a 3 anos de estudos e avaliam as mudanças ocorridas nas plantas, devido às características químicas e microbiológicas da água de reuso utilizada.

Estes autores indicam também que a comparação entre a produtividade do solo irrigado com água de reuso com a produtividade do solo irrigado com água potável fertilizada, permitiu uma economia de fertilizantes como o Nitrogênio da ordem de 228 a 533 dolares por hectare cultivada em favor da irrigação com água de reuso. Finalmente, afirmam que não aconteceu nenhuma alteração significativa na composição física das plantas utilizadas nas experiências e que foram irrigadas com a água de reuso, sendo que foram utilizadas: soja, milho para forragem e girassol.

ARAR (1991) indica que o reuso para irrigação agrícola é praticado intensamente na região do Oriente Próximo (Near East Região). Alguns países como o Kuwait, Arabia Saudita, Líbia, Emiratos Arabes Unidos e a Tunizia praticam a modalidade de reuso direto. Outros países como a República Arabe do Iemem, Marrocos e a Síria, praticam o reuso direto não planejado ou não supervisionado. No Egito são praticados todas as formas de reuso para fins agrícolas. Na Jordânia pratica-se o reuso direto restrito e o reuso indireto. Finalmente, este autor afirma que a prática do reuso agrícola tem um elevado grau de aceitação social e política nos países desta região, considerando definitivamente a água de reuso como um recurso hídrico não convencional de grande aceitação social.

ORON et al. (1991) descrevem estudos realizados em campos de cultivos experimentais irrigados com águas de reuso comparando-os com sua irrigação com água natural. O método de irrigação utilizado foi o gotejamento superficial e o gotejamento sub-superficial, para os dois tipos de água utilizados. Após realizar avaliações comparativas, estes autores concluíram que ocorreu mínima contaminação dos frutos cultivados. Recomendam porém, que para períodos longos de irrigação se realizem previamente ensaios sobre a qualidade sanitária da água de reuso, sugerindo tratamento complementar através de filtração para melhorar a qualidade do efluente.

Segundo URGELLÉS (1994) foi desenvolvido em Cuba um programa computarizado para o análise da qualidade sanitária da água destinada à irrigação agrícola. Trata-se do sistema "Calidad de agua para riego" (CAR), que permite conhecer as características físico-químicas e microbiológicas das águas naturais, subterrâneas ou residuárias destinadas à irrigação agrícola. Este autor indica que CAR é um elemento de ajuda muito importante na hora da tomada de decisão sobre a irrigação a ser realizada. Finalmente, indica que CAR permite calcular coeficientes de qualidade tais como: Razão de Adsorção de Sódio (RAS), Carbonato de Sódio Residual (CSR), Porcentagem de Sódio Solúvel (PSS), Salinidade Efetiva (SE), Salinidade Potencial (SP), Porcentagem de Sódio Potencial (PSP), relação entre o Sódio, Cloretos e Sulfatos (Ka) e Sais Solúveis Totais (SST).

2.2.2.- REUSO INDUSTRIAL

As principais finalidades do reuso industrial, são para torres de resfriamento, alimentação de caldeiras, processos industriais e para proteção contra incêndio. Em países altamente industrializados como os Estados Unidos da América, aproximadamente 50 % da água natural utilizada é destinada ao consumo industrial e a maior parte desse consumo é como água de resfriamento (MOHORJY, 1989). Nos países em desenvolvimento, as principais atividades industriais, são frequentemente aquelas destinadas ao processamento de produtos primários, processos agro-industriais e para as indústrias pesadas como a siderúrgica, metalúrgica, petroquímica e a mineração. Indústrias como a siderurgia requerem abundantes quantidades de água, especialmente destinada para torres de resfriamento, refrigeração de

caldeiras e de tubulações. Muitas destas indústrias estão localizadas em áreas urbanas ou próximas delas, o que facilitaria a implementação de sistemas de reuso.

A qualidade de água para reuso industrial, geralmente requer padrões mais restritos em termos de suas características físicas e químicas, as mesmas que devem ser alcançadas nos diversos níveis de tratamento. Geralmente, não é possível atender a mais de um requerimento de qualidade de água industrial. Desta maneira, o nível de tratamento promovido, pode ser maior que o necessário para os usos normalmente destinados à água potável.

Quando há um mercado para águas de reuso de qualidades diferentes, torna-se importante determinar qual o tipo de reuso que consome maior volume de água e de melhor qualidade. Este tipo de reuso principal, pode ter um sistema de distribuição de água separado, pois certamente ele implicará em maiores custos não somente para seu tratamento, mas também para sua distribuição, podendo ser dimensionado então para atender exclusivamente aos seus usuários (ASANO & MILLS, 1990)

SANTOS (1992) propõe a implementação de um sistema de abastecimento industrial, com vazão de 12 metros cúbicos por segundo, utilizando como matéria prima, o efluente da represa Billings que abastece o polo industrial do município de Cubatão no Estado de São Paulo. Este autor sugere ainda que um sistema de reuso industrial para a cidade de São Paulo, poderia utilizar duas fontes distintas de abastecimento: o efluente do sistema de lavagem dos decantadores e filtros das ETAs da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) com vazão potencial de 5 metros cúbicos por segundo, ou os efluentes das ETEs Suzano e Barueri.

ZHANG & QIAN (1991) relatam a situação da China em relação à escassez de água e em relação às possibilidades de reutilização das águas residuárias. Uma das atividades que mais consome água na atualidade é a indústria, neste sentido, estes autores realizam comparação entre o consumo de água das indústrias chinesas e as indústrias de alguns países desenvolvidos.

Ambos autores, mencionam que a indústria siderúrgica chinesa consome de 70 a 100 metros cúbicos de água por tonelada de aço produzido, ao passo que nos países desenvolvidos o consumo é de 3 a 5 metros cúbicos somente. Na indústria petroquímica da China, o consumo para refinar uma tonelada de petróleo é de 5 a 6 metros cúbicos podendo chegar até 20, ao

passo que nos países desenvolvidos o consumo é de apenas 0,2 metros cúbicos. A indústria do papel e celulose da China consome de 400 a 500 metros cúbicos por tonelada produzida, já nos Estados Unidos da América este consumo varia de 50 a 200 metros cúbicos e no Japão é de apenas 150 metros cúbicos de água por tonelada produzida.

Desta maneira, estes autores afirmam que a economia no consumo de água para fins industriais, deve ser encarado com um dos objetivos a curto prazo da política nacional de recursos hídricos. Para tanto, propõem que se realizem programas e projetos de reuso industrial, utilizando águas residuárias domésticas e também os efluentes industriais, principalmente nas regiões semi-áridas do Nordeste do país.

TAY & CHUI (1991) relatam experiência para reuso industrial realizada em Singapura. Indicam que o efluente da ETE Ulu Pandan, com uma vazão de 45.000 metros cúbicos por dia e após tratamento avançado de pré-cloração, clarificação química, filtração rápida em camada de areia, aeração e pós-cloração na ETE industrial de Jurong, o efluente final é reusado nas indústrias da região. Este reuso industrial, consiste basicamente no abastecimento de água para o sistema de resfriamento de uma refinaria de petróleo, bem como água para mistura no processo de fabricação de concreto e para seu processo de cura, substituindo desta maneira a água potável utilizada nestes dois processos industriais.

Por outro lado, estes autores indicam que também se pratica reuso para descarga em vasos sanitários, na limpeza e refrigeração de residências e de indústrias. Ressaltam ainda que o reuso industrial, pode ser praticado em diversos processos industriais, tais como: manufatura de papel e celulose, de produtos têxteis, de materiais plásticos, de produtos químicos e na produção de aço.

2.2.3.- RECARGA DE AQUÍFEROS

Segundo LLURIA (1994) aquíferos são formações geológicas de suficiente permeabilidade e compostas principalmente por : areias, pedregulhos, arenitos, rochas fraturadas e calcáreos com ranhuras de infiltração ou outro tipo de estrutura, de tal maneira que permita transportar e armazenar quantidades determinadas de água no subsolo.

Inicialmente, o processo de recarga de aquíferos pode-se dar de forma natural e de forma artificial. Entende-se por recarga natural, o processo de infiltração/percolação no subsolo da água superficial proveniente da precipitação pluvial ou de cursos e massas de água, em lugares onde as condições hidrogeológicas assim o permitam, isto é, nas chamadas áreas ou zonas de recarga. A recarga natural ocorre sem a intervenção do homem.

Os aquíferos podem ser confinados ou não confinados. Os confinados são recarregados quando ocorrem movimentos geológicos que provocam o surgimento de áreas semi-permeáveis que facilitam a infiltração/percolação através da zona não saturada. Os não confinados são recarregados pelo processo da infiltração/percolação profunda das águas superficiais. No presente trabalho, será abordado apenas o processo de recarga artificial dos aquíferos subterrâneos com águas residuárias tratadas e não tratadas.

A recarga artificial ocorre com a intervenção do homem, incluindo-se os aspectos do planejamento, gerenciamento, projeto, operação, monitoramento e manutenção de sistemas de recarga. Existem duas formas de realizar uma recarga artificial: uma pela aplicação superficial através da inundação de uma determinada área: neste método, espera-se que a água depositada atravesse o subsolo graças aos processos de infiltração/percolação e atinja o aquífero. Outra maneira consiste na disposição em profundidade da água que alimentará o aquífero, através dos poços de recarga, nos quais é injetada água sob pressão.

A recarga superficial requer uma qualidade de água inferior à que é necessária para a recarga em profundidade, pois durante o processo de infiltração/percolação, ocorre o tratamento necessário para evitar a poluição do aquífero. A recarga em profundidade, requer uma qualidade de água ótima, pois a água é conduzida diretamente até o aquífero, não havendo tratamento no solo.

RATHNAU (1991) apresenta um dos maiores programas para a conservação e reserva de recursos hídricos. Trata-se do projeto "Granite Reef Underground Storage and Recovery Project" (GRUSP), localizado próximo da cidade de Phoenix no Estado do Arizona (EUA). Foi construída a barragem Granite Reef, com a finalidade de armazenar água e ajudar na recarga do aquífero. As fontes alimentadoras para a barragem são águas dos rios Salado, Verde e do rio Colorado. Por outro lado, também são utilizadas para a recarga o efluente

tratado das águas residuárias municipais da cidade de Phoenix e inclusive águas transferidas de outras bacias hidrográficas do Estado. A capacidade total estimada de reservação de água no aquífero e na barragem é de mais de 1,6 bilhão de metros cúbicos.

Segundo ASANO (1985) citado por CROOK et al. (1990) a recarga de aquíferos com água de reuso, tem várias finalidades, tais como: prevenir a intrusão da água salgada do mar dentro dos aquíferos de água doce em regiões litorâneas como do Estado da Califórnia (EUA), armazenamento para posterior utilização, controlar ou prevenir o adensamento dos solos para evitar recalque de regiões que apresentam super-exploração de aquíferos e, para aumentar a disponibilidade de água para fins potáveis e não potáveis. LLURIA (1994) acrescenta ainda alguns outros benefícios da recarga de aquíferos, tais como: manutenção da vazão em rios intermitentes, redução dos custos de bombeamento devido à manutenção do nível do lençol freático e o controle do movimento da pluma poluente nos aquíferos.

CROOK et al. (1990), publicaram um trabalho relativo à recarga de aquíferos no Estado da Califórnia (EUA) onde 3 agências estaduais como a “State Waters Resources Control Board” (SWRCB), o “Department of Health Services” (DOHS) e o “Department of Water Resources” (DWR), desenvolveram conjuntamente um documento intitulado “Guidelines for Groundwater Recharge with Reclaimed Municipal Wastewater”. Este documento, foi um regulamento preliminar às diretrizes utilizadas posteriormente a partir de 1991 pelo DOHS. As diretrizes incluem princípios sobre reuso da água, procedimentos permitidos e critérios para a recarga de aquíferos. Estes autores afirmam ainda que as diretrizes utilizadas pelo DOHS, tratam dos critérios a serem seguidos na recarga superficial e de profundidade. Também tratam no que diz respeito à confiabilidade no tratamento, qualidade de água, monitoramento, depuração, tempo de permanência no subsolo, distância ao ponto de captação e procedimentos operacionais.

BOUWER (1991a) explica a utilização do método “Soil Aquifer Treatment” (SAT), para realizar recarga de aquíferos localizados próximos da cidade de Phoenix no Estado do Arizona (EUA). A recarga do aquífero pelo SAT ocorre através da aplicação superficial da água residuária tratada em nível primário ou secundário ou ainda sem tratamento. No caso explicado por esse autor, o afluente ao sistema SAT, provém de tratamento em nível

secundário por lodos ativados seguidos de cloração, de uma ETE com capacidade para tratar 450.000 metros cúbicos por ano, juntamente com o efluente de outra ETE por lodos ativados seguido de cloração, com capacidade de 150.000 metros cúbicos por ano. São as duas maiores estações da cidade de Phoenix. O autor explica que já em 1967, foram realizadas experiências em duas áreas de recarga pequenas, posteriormente em 1975 foi implementada a estação demonstrativa em escala real, numa área de 48 hectares e com uma capacidade de tratamento e armazenamento de 50 milhões de metros cúbicos por ano.

Ainda segundo o indicado autor, o SAT bem planejado e gerenciado, pode oferecer um efluente de boa qualidade para os mais diversos usos, tal como a irrigação agrícola irrestrita, incluindo vegetais de consumo cru. O efluente obtido dos aquíferos recarregados, apresenta-se seguro em termos de saúde pública, cumpre com requerimentos agrícolas e estéticos, servindo ainda para outros usos como lagoas recreativas de contato primário. Para uso potável, este autor recomenda que se façam tratamentos complementares como adsorção com carvão ativado, osmose reversa e desinfecção, ressaltando ainda que tais processos são mais econômicos e mais efetivos com água proveniente de um SAT, do que com água proveniente de um sistema de tratamento convencional. Finalmente esse autor afirma que o SAT é um dos métodos mais eficientes de se obter água de reuso, porém sua implementação depende de fatores próprios da região e do local onde será realizado. Entre estes fatores principais, estão a disponibilidade de terreno e as condições hidrogeológicas favoráveis.

MASCIOPINTO et al. (1991) relatam a utilização de um sistema de “inteligência artificial” para a escolha e projeção de uma área ótima para a recarga artificial de aquíferos. O sistema consiste basicamente na aplicação de um programa tipo sistema especialista baseado em dois tipos de dados principais, são eles a “Quantity Artificial Recharge” (QUANAR) e a “Quality Artificial Recharge” (QUALAR). Estes autores afirmam que o sistema especialista utilizado é o XI PLUS, que é perfeitamente desenvolvido para um computador tipo “Personal Computer” (PC), com um sistema operativo capaz de se comunicar com ferramentas de software mais conhecidas como o LOTUS 1-2-3, por exemplo.

Este sistema especialista, serve para treinamento de engenheiros novatos na arte da recarga de aquíferos e também para auxiliar engenheiros mais experientes. O XI PLUS foi

utilizado com sucesso em dois estudos de caso com resultados ótimos. Os estudos de caso tratam respectivamente do projeto de recarga de El Paso no Estado do Texas (EUA) e do Dan Region Project, localicado próximo da cidade de Tel-Aviv, Israel.

BOUWER (1991b) explica a importância da recarga de aquíferos como forma de tratamento, utilizando a técnica do SAT e sua capacidade de armazenar água para utilização posterior, principalmente nas épocas de maior demanda e de estiagem. O indicado autor explica que no SAT, particularmente durante o processo de filtração/percolação na zona não saturada do solo, ocorre essencialmente remoção dos Sólidos Suspensos (SS), da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) , dos microrganismos , da maior parte dos metais e fosfatos e de um considerável percentual de Nitrogênio.

Diversos processos de remoção de DBO, Nitrogênio e dos Microorganismos, podem ocorrer de forma indefinida, enquanto que outros componentes como os metais e os fosfatos, podem ser acumulados no solo.

Ainda segundo o mencionado autor, a taxa de acumulação dos metais e fosfatos é muito lenta na região não saturada do solo, podendo levar décadas ou séculos até chegar no ponto em que comprometam o processo de recarga devido ao entopimento dos interstícios do solo, para chegar a este estágio, afirma que devem ocorrer consideráveis reduções na porosidade do solo, na condutividade hidráulica e na taxa de infiltração da água no solo. Por outro lado, as concentrações de metais são muito menores que as de fosfatos, quando ambos estão presentes nas águas residuárias, por isso os metais se acumulam no solo, porém em menor proporção que os fosfatos e isto ocorre geralmente nas suas camadas mais superficiais.

As taxas de infiltração hidráulica são mantidas quase constantes, através da alternância de períodos de recarga e períodos de descanso. Estes períodos podem variar de alguns dias a muitas semanas, dependendo das condições de qualidade da água para recarga, do clima e das características do solo da área de recarga. Finalmente, esse autor afirma que a utilização do SAT como forma de recarga e obtenção de água de reuso para ser potabilizada numa ETA, pode ter custos 40 % mais baixos do que seria necessário para produzir água potável a partir do efluente secundário de uma ETE convencional (processo de lodos ativados).

SHEIKH (1991) apresenta o planejamento para curto, médio e longo prazo para a cidade de Los Angeles no Estado da Califórnia (EUA). Entre os objetivos a serem atingidos com o reuso direto estão: satisfazer 40 % da demanda com água de reuso em 2.010 ou a curto prazo, 70 % em 2.050 ou a médio prazo e 80 % em 2.090 ou a longo prazo. Segundo o indicado autor, nas três etapas do plano, a recarga de aquíferos está presente de forma crescente, isto é, alcançando maiores índices de participação. Assim, para o curto prazo as medidas escolhidas são: elaboração de projetos de irrigação de áreas verdes, resfriamento industrial e de recarga de aquíferos. Para o médio prazo, recomenda-se uma intensa recarga de aquíferos no vale San Fernando e nas bacias costeiras da região central e ocidental do Estado. Finalmente, para o longo prazo, recomenda o reuso potável e/ou a recarga de aquíferos como sendo as melhores opções de reuso.

ASANO et al. (1992a) apresentam trabalho sobre a evolução dos requerimentos para o tratamento terciário no Estado da Califórnia (EUA). Neste trabalho, os mencionados autores indicam que o "Department of Health Services"(DHS) do Estado da Califórnia, elaborou uma série de regulamentos e critérios para a elaboração de projetos de recarga de aquíferos. Estes critérios estão servindo para orientar e controlar a qualidade de água não somente daquela que é utilizada na recarga, mas principalmente daquela que é obtida após a recarga.

A remoção dos vírus nas diversas operações de recarga, são designados como essenciais e devem ser alcançados de acordo com os diversos tipos e níveis de tratamento, com os métodos de recarga e com os tempos de retenção hidráulica antes de seu reuso. Com a aplicação das normas do DHS, espera-se uma remoção substancial dos vírus ou até a diminuição da sua concentração em valores da ordem de até 20 casas decimais, dependendo da combinação do tipo de tratamento e do tempo de transporte através da zona não saturada e ainda do tempo de sua permanência no aquífero.

Segundo esses autores, o propósito da regulamentação das taxas e valores da recarga é o controle da concentração de substâncias orgânicas na água extraída dos poços de abastecimento, localizados principalmente nas residências. Foi adotada a concentração de 1 mg/l de carbono orgânico total, como valor limite para medir a eficiência da capacidade de remoção e tratamento. Finalmente, esses autores afirmam, que as normas propostas pelo DHS

regulam as concentrações máximas de substâncias orgânicas que devem estar presentes na água de reuso extraída dos aquíferos, de acordo com o volume de água do aquífero.

POWELSON et al. (1993) realizaram experiências com recarga de aquíferos, utilizando águas residuárias domésticas tratadas em nível secundário e em nível terciário, com a finalidade de estudar o transporte e a remoção de diversos vírus presentes no afluente da recarga, durante sua infiltração/percolação no subsolo. Essas experiências objetivaram o controle da qualidade sanitária da água de reuso extraída dos aquíferos recarregados, afim de prever possíveis riscos à saúde dos usuários.

Para a realização das experiências, estes autores utilizaram duas bacias de recarga de 13 metros quadrados cada uma, localizadas no leito normalmente seco do rio Santa Cruz, próximo da cidade de Tucson no Estado do Arizona (EUA). Ambas áreas experimentais de recarga, apresentam profundidade de solo não saturado de 31 metros. Na profundidade de 4,5 metros foi formado o nível do lençol freático decorrente da infiltração/percolação. Esses autores concluíram que, à profundidade de 4,3 metros na área de recarga, ocorre a remoção de 37 % a 99,7 % dos vírus presentes na água residuária, ou seja 20 centímetros antes de alcançar o lençol freático originado pela recarga.

GRESH & HENSON (1993) explicam que na cidade de Hays no Estado do Kansas (EUA), chove 508 mm/ano e que o "Kansas Board of Agriculture's Division of Water Resources" (DWR) é a entidade que regulamenta a exploração dos recursos hídricos neste Estado. Os autores mencionados, afirmam que dois fatores levaram à implementação de um programa de reuso para recarga de aquíferos artificial via disposição superficial. O primeiro deles é a diminuição da capacidade do aquífero Big Creek para menos da metade da sua capacidade de armazenamento devido à poluição que o afeta; o segundo motivo é a diminuição da vazão do rio Smoky Hill, observada a partir da década dos 80.

Estes fatores forçaram o DWR a procurar por novas fontes de abastecimento, estudando a viabilidade da utilização das águas residuárias municipais tratadas para a recarga artificial dos aquíferos. Segundo estes autores, foram experimentados 3 métodos de recarga. O primeiro, através da disposição direta no aquífero Big Creek, o segundo também através da disposição direta no Big Creek, com a construção de mecanismos para retenção do fluxo ou

repressamento afim de facilitar sua recarga e o terceiro método, foi através da localização de áreas específicas para recarga.

WHITE & DORNBUSH (1988) relatam experiência realizada com aplicação de efluente tratado por lagoas de estabilização, com a finalidade de determinar as mudanças que ocorrem nos solos, principalmente naqueles que tem o lençol freático superficial. Para realização das experiências, ambos autores utilizaram a técnica de pequenas áreas de infiltração, aproximadamente 15 m X 46 m. As experiências realizaram-se para estudar a remoção de Nitrogênio e Fósforo (N e P) do efluente tratado em nível secundário, verificou-se que após 4 anos de ensaios, a metade da remoção de fosfato, ocorre nos primeiros 91 centímetros do solo e a outra metade é coletada por debaixo desta cota. As redes de drenagem instaladas nas áreas de infiltração, coletaram o líquido contendo a outra metade de fosfato.

ASANO (1993) descreve a regulamentação da recarga dos aquíferos para o Estado da Califórnia (EUA). Nela estão indicados os requisitos de tratamento dos efluentes e as condições de recarga para ter um controle na movimentação dos patogênicos, do Nitrogênio e das substâncias orgânicas presentes na água extraída dos aquíferos. Outro objetivo a ser alcançado pela legislação é o incentivo à elaboração e implementação de programas e projetos de recarga no Estado, haja visto que existem poucos projetos em operação e a capacidade de recarga dos aquíferos do Estado comporta volumes maiores. Este autor diz que por volta do ano 2.010, o Estado da Califórnia terá 39 milhões de habitantes e o déficit de abastecimento de água será de aproximadamente 1,7 bilhões de metros cúbicos por ano.

KANAREK et al. (1993) explicam o processo de recarga de aquíferos através do SAT para amenizar a escassez de água em Israel. Trata-se do "Dan Region Wastewater Reclamation Project", que engloba as operações de coleta, tratamento, recarga de aquíferos, e reuso para a maior região metropolitana de Israel, incluídas as cidades de Tel-Aviv, Jaffa e outros municípios vizinhos.

Este projeto serve a uma população estimada em 1,3 milhão de habitantes, com uma vazão média de águas residuárias municipais de 270.000 metros cúbicos por dia. Segundo estes autores, o projeto tem tido sucesso, consistindo basicamente na inundação intermitente das áreas de recarga, no controle da infiltração/percolação através da zona não saturada e da zona

saturada, bem como do monitoramento dos poços de abastecimento localizados nas proximidades da área de recarga.

Os indicados autores explicam que o projeto foi dividido em duas etapas: A primeira teve início em 1977, com uma capacidade de operação de 20 milhões de metros cúbicos por ano, onde o tratamento secundário é realizado por lagoas de estabilização do tipo facultativas com recirculação do efluente, coagulação com Magnésio, seguido de lagoas de polimento com adição parcial de Amônia e com recarbonatação natural. A segunda etapa de operação do projeto teve início em 1987, com uma capacidade de 80 milhões de metros cúbicos por ano. O tratamento é realizado por processo de lodos ativados seguido de nitrificação e desnitrificação.

A operação de recarga é realizada em duas áreas apropriadas, localizadas a 7 e 10 quilômetros respectivamente da estação de tratamento, ocupando uma área total de 42 hectares, onde cada uma delas se subdivide em pequenas áreas de 1,5 a 2 hectares. Existe uma rede de poços de abastecimento em volta das bacias de recarga, localizadas a distâncias que variam de 350 a 1.500 metros da área de recarga mais próxima.

Existe também uma rede de 32 poços de monitoramento entre as bacias de recarga e os poços de extração. Por outra parte, afirmam que em 4 anos de operação (1987 a 1990) foram recarregados 190 milhões de metros cúbicos e que o ciclo de recarga, consiste normalmente em 1 dia de inundação por 2 a 3 dias de interrupção ou de descanso, dependendo das condições aeróbias predominantes na zona saturada e no aquífero. Finalmente, estes autores indicam que a partir de 1989, grandes volumes de água de reuso foram extraídos dos poços e sua principal utilização foi para a irrigação agrícola em forma irrestrita.

Segundo MILLS (1993) o projeto Water Factory 21 (WF-21) projetado e construído pelo "Orange County Water District" (OCWD) no início dos anos 70 em Fountain Valley no Estado da Califórnia (EUA), constitui-se no primeiro projeto de reuso a obter aprovação da USEPA para recarregar 100 % da água residuária municipal tratada, via injeção nos poços. O indicado autor explica que o projeto foi concebido para impedir a intrusão da água salgada do Oceano Pacífico nos aquíferos costeiros de água doce da região, os quais tiveram seus níveis freáticos rebaixados em relação ao nível da água do mar provocando assim a intrusão de água salgada.

O WF-21, processa uma vazão de 438 litros por segundo do efluente secundário proveniente do "Orange County Sanitation Districts". A estação de tratamento proporciona tratamento avançado do efluente secundário, tal como clarificação química, recarbonatação, filtração em várias camadas, adsorção com carvão ativado granular e desmineralização por osmose reversa.

ARAOZ (1994) indica a implementação de um projeto de recarga artificial de aquíferos por disposição superficial numa área do Lima Golf Club no Peru. Este autor menciona que a vazão que está sendo recarregada é de aproximadamente 1.000 metros cúbicos por dia, numa área de 42 hectares. O efluente utilizado para a recarga, provém de um sistema de tratamento composto por : tratamento primário ou pré-tratamento de decantação simples, grelha e desarenador, tratamento secundário em 2 lagoas anaeróbias, uma de 11.000 metros quadrados e a outra de 500 metros quadrados, nesta última lagoa é adicionado Cloro como desinfectante. Finalmente indica que todo o sistema de tratamento foi projetado para uma vazão de 20 l/s e que o lençol freático está localizado a 60 metros de profundidade, não havendo portanto grandes riscos de sua contaminação.

2.2.4.- REUSO MUNICIPAL

Segundo ARBER (1991) nos Estados Unidos da América do Norte o uso corrente de águas residuárias municipais tratadas, é destinada à irrigação de áreas verdes, predominantemente nos Estados do Arizona, Califórnia, Colorado, Flórida e Texas. O mencionado autor destaca que a irrigação com água de reuso, está plenamente aceite como um método de conservar as fontes de água doce para abastecimento, sendo que em algumas regiões, 70 % a 85 % da água de reuso são utilizadas para irrigação agrícola e de áreas verdes, públicas e privadas.

O reuso municipal é um dos que consome a maior porcentagem da água tratada, principalmente nas estações de tratamento localizadas em áreas urbanas. A irrigação de áreas verdes municipais, públicas, privadas e residenciais, tem finalidade mais importante. De acordo com JOHNSON (1991) entre os vários programas de reuso implementados nos Estados Unidos da América do Norte há dois que merecem especial destaque, principalmente pelo porte

e pelo sucesso que tiveram a partir da sua implementação em 1977. Tratam-se do programa da cidade de Irvine no Estado da Califórnia, gerenciada e operada pelo “Irvine Ranch Water District” e do programa da cidade de Saint Petersburg no Estado da Flórida. Ambas cidades possuem os maiores volumes de água de reuso destinadas à irrigação de áreas verdes.

Segundo o mencionado autor, uma residência típica na cidade de Saint Petersburg possui uma área verde de 650 metros quadrados em média, área que é ocupada principalmente por grama e por plantas ornamentais, as quais consomem aproximadamente 110 metros cúbicos mensais de água para sua irrigação, durante os períodos secos da primavera. Este elevado consumo, aliado a uma produção média de 23 metros cúbicos de águas residuárias por mês e por residência, provoca a necessidade do aporte de 5 residências para satisfazer as necessidades de apenas uma delas. Este déficit na oferta, provoca conseqüentemente o desabastecimento de grande parte das residências da cidade, cujos proprietários reclamam pelo atendimento das suas necessidades de irrigação.

Segundo a DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA (1992) a vazão de água de reuso utilizada no México até 1992 alcançou aos 216.000 metros cúbicos por dia. O tipo de reuso de maior implementação tem sido o reuso municipal, principalmente para a irrigação de áreas verdes públicas e também para enchimento de lagos recreativos públicos. Por outro lado, existem projetos de outros tipos de reuso municipal tais como a lavagem de carros em instalações comerciais apropriadas para esta atividade.

2.2.5.- REUSO DOMÉSTICO

O reuso doméstico está relacionado com o aproveitamento das águas residuárias residenciais. São as águas provenientes dos usos domésticos como banho e higiene pessoal, lavado de pratos e acessórios de cozinha, das pias e da lavanderia, enfim são as águas residuárias domésticas que apresentem pouca matéria orgânica. Seu reuso pode-se dar para unidades residenciais uni-familiares ou multi-familiares como é o caso dos prédios de apartamentos.

De acordo com a USEPA (1979) citada por GRISHAM & FLEMING (1989), de 10 % a 17 % do volume de água potável destinado ao consumo doméstico não retorna ao sistema coletor das águas residuárias. Por outro lado, aproximadamente 50 % do volume de água destinado ao consumo doméstico é consumido na parte externa da residência, isto é, principalmente na irrigação dos jardins e na lavagem dos carros.

O potencial para reuso doméstico está fortemente concentrado na atividade destinada para a descarga nos vasos sanitários, pois ela sozinha consome 45 % da água potável dentro da residência. Desta maneira, se se pratica o reuso doméstico para a descarga nos vasos sanitários, estaria-se conservando quase a metade da água potável consumida numa residência. Esta atividade doméstica seria perfeitamente atendida por uma água de reuso doméstico que tenha um tratamento adequado para esta finalidade.

Um dos exemplos mais didático e famoso citado na literatura especializada é o caso do projeto chamado CASA DEL ÁGUA, localizado na cidade de Tucson no Estado do Arizona (EUA). Segundo FOSTER et al. (1988) o projeto de conservação de água residencial e seu uso doméstico, foi elaborado a partir da implementação da lei de gerenciamento das águas subterrâneas de 1980 (Groundwater Management Act) e sua aplicação visava equacionar os problemas de recursos hídricos das cidades de Tucson e Phoenix, principalmente. Estas cidades, bem como a maioria desse Estado, apresentam problemas com o abastecimento de água que provém, em grande parte, de aquíferos subterrâneos. Estes autores explicam que o protótipo de residência unifamiliar escolhido para o projeto consiste de uma casa com tres dormitórios, dois banheiros e demais ambientes complementares, salientando-se a inclusão de dispositivos para baixo consumo de água e instalações para o reuso na residência.

Ainda de acordo com estes autores, o projeto teve início em Novembro de 1985 e foi desenvolvido com a finalidade de alcançar dois objetivos básicos:

- Prover um programa educativo que possibilite o acesso do público para uma visita a esta casa equipada com tecnologia avançada em termos de conservação de água. Desta maneira, o público pode aprender mais sobre os problemas de abastecimento de água da cidade de Tucson;
- Pesquisar um sistema totalmente integrado de conservação de água, baseado na análise do

protótipo, seu desempenho operacional, a praticidade para o usuário, riscos à saúde e na percepção do grau de segurança do sistema para o público.

Em regiões onde há escassez de água, existe uma cultura formada por hábitos de grande consumo de água, sendo necessário tomar medidas para equacionar o problema entre oferta e demanda. As possíveis soluções para a resolução deste problema, não devem ser impostas com caráter político, técnico ou econômico somente. Pelo contrário, elas devem estar baseadas no conjunto das considerações que tem a ver com a problemática da escassez de água. Assim, é necessário levar em conta, aspectos como a oferta de todos os recursos hídricos disponíveis na região, incluindo neles as águas residuárias, os diferentes aspectos de consumo por parte da população, incluindo os hábitos culturais, aspectos ambientais como a poluição hídrica pela descarga de efluentes não tratados, aspectos sócio-econômicos como a relação custo/benefício decorrente da obtenção ou falta de água e aspectos tecnológicos e de implementação. A consideração desta gama de fatores, serve para que a população sinta realmente a problemática da escassez de água, e assim possa contribuir de alguma maneira na sua solução.

De COOK et al. (1988) apresentam trabalho relativo a uma das muitas áreas pesquisadas com a implementação do projeto CASA DEL ÁGUA. O trabalho destes autores, relata a confecção de um catálogo ou índice de medição do grau de conservação de água. Trata-se do manual chamado W-INDEX, o mesmo que possibilita a medição de acordo com o valor obtido no catálogo, o grau de incorporação de medidas conservacionistas nas residências pesquisadas e avaliadas.

KARPISCAK et al. (1991) descrevem detalhadamente os objetivos, a tecnologia e as medidas que foram necessárias para implementar dois projetos de conservação de água no Estado do Arizona (EUA). O primeiro deles é o projeto CASA DEL ÁGUA, localizado na cidade de Tucson e o segundo deles é o projeto DESERT HOUSE, localizado na cidade de Phoenix. Estes autores, referem-se ao DESERT HOUSE como uma casa protótipo que serve ao mesmo tempo como centro de pesquisas e centro demonstrativo para o público, ressaltando que esta casa é visitada anualmente por 180.000 pessoas.

Estes autores afirmam que entre os objetivos do projeto, está o de demonstrar o uso eficiente da água dentro de uma residência unifamiliar. Afirmam ainda que nesta casa logrou-se uma redução de 41 % no consumo de água em relação ao consumo médio da cidade de Phenix, pois o consumo médio reduziu-se de 681 l/hab.dia para 405 l/hab.dia.

KIYA & AYA (1991) descrevem a política governamental no Japão em relação à minimização dos problemas decorrentes da escassez de água. Indicam que uma das formas encontradas de diminuir o consumo, foi a implementação de projetos de reuso doméstico em grandes edifícios e centros esportivos do país. Este tipo de reuso, geralmente está ligado ao aproveitamento da água de chuva conjuntamente com o efluente tratado nos edifícios. Por outro lado, indicam também que este tipo de política adotada, tem sido exitosa em termos da obtenção de água de reuso com qualidade adequada para atender seus objetivos propostos, porém não tem atendido satisfatoriamente em termos de quantidade de água reusada.

Os referidos autores, indicam também que até 1989 o Japão tinha 844 sistemas de reuso doméstico com uma vazão total de 113.000 metros cúbicos por dia, o qual é muito pouco comparada com o total de água potável consumida de 39.500.000 metros cúbicos por dia. Indicam também que uma vantagem adicional de se praticar o reuso doméstico, consiste na economia de se investir em ampliações de antigas redes coletoras de esgotos, as mesmas que não suportariam as vazões atuais que aumentaram além do previsto graças ao rápido desenvolvimento sócio-econômico da população.

Finalmente, citam como exemplos de reuso doméstico os praticados no Estádio Nacional de Sumô , bem como no Tokio Dome que é o maior estádio de Beisbol do país, nestes dois complexos esportivos, a água de reuso é utilizada para a descarga nos vasos sanitários e na irrigação das suas áreas verdes.

Segundo URASE et al. (1994) a ultrafiltração é usada como parte dos sistemas de tratamento com muito sucesso no Japão, especialmente para a obtenção de água de reuso doméstico. Este processo unitário é utilizado especificamente nos grandes edifícios multifamiliares.

2.2.6.- REUSO AMBIENTAL E RECREATIVO

O rápido crescimento econômico e demográfico das regiões urbanas, principalmente naquelas altamente industrializadas, provoca que cada vez maior número de habitantes destes centros urbanos, tenham que experimentar ao mesmo tempo problemas como falta de água e desequilíbrio emocional ou “stress” provocado pela agitação da vida urbana.

Para se tentar amenizar de certa forma os problemas de desequilíbrio emocional e fazer com que a vida nas grandes cidades seja mais humana, surgem em maior número principalmente nos países desenvolvidos, os parques aquáticos artificiais, com finalidades ambientais e recreativas. Este tipo de parques, estão sendo construídas em sua maioria com água de reuso, especialmente tratada e planejada para estas finalidades.

KURIBAYASHI (1991) indica a construção de parques artificiais com água de reuso. Estes parques são chamados “seseragi” no Japão. Na cidade de Kawasaki, localizada na altamente industrializada região metropolitana de Tóquio, foi construído um parque aquático artificial. O “seseragi” foi construído no leito seco do rio Egawa e para sua construção foi utilizado o efluente tratado da ETE Todoroki. Anteriormente à sua realização, foram realizados uma série de testes e ensaios em escala experimental no centro de tratamento de esgotos da cidade de Kase.

Estes ensaios se efetuaram em pequenas construções ou modelos experimentais, formando parte do projeto “Kawasaki Aqua-promenade”. Os principais requisitos em termos de qualidade de água do projeto, previam a manutenção e obtenção de fatores que não afetassem a estética da massa líquida, e também previam a obtenção de fatores que protegessem à saúde pública bem como fatores que permitissem a existência da vida aquática na parque aquático artificial.

Durante a fase de testes e ensaios, foram utilizados 4 tipos de efluentes tratados: o proveniente do processo convencional de lodos ativados, o proveniente do processo de remoção biológica do fósforo, o proveniente do processo de remoção biológica do fósforo seguido de cloração (adição de hipoclorito de sódio) e o proveniente do processo de remoção biológica do fósforo seguido de ozonização. Dos quatro tipos de efluentes utilizados, o que teve maior aceitação para satisfazer os requisitos de qualidade de água propostos pelo projeto,

foi o efluente do processo de remoção biológica do fosfato seguido de ozonização. A consideração conjunta dos tres objetivos propostos em função do método de desinfecção, foi vital para a obtenção do meio ambiente aquático adequado.

Este autor destaca que atualmente a eutrofização de corpos de água, tais como rios, lagos e mares, provoca problemas ambientais e por isso a redução dos nutrientes deve ser prioritário no tratamento das águas residuárias municipais. O efluente tratado, pode ser usado como um recurso hídrico alternativo para a formação de corpos de água artificiais. Nestas situações, a redução de nutrientes tais como o fosfato, são necessários para a manutenção da qualidade do meio ambiente.

LANSDELL & CARBONELL (1991) relatam um projeto de reuso para fins ambientais elaborado para a região do Lago Valencia na Venezuela. Este projeto foi desenvolvido devido aos problemas ambientais que esta região vinha sofrendo. Entre os principais problemas estão a redução do nível de água do lago, comprometendo desta maneira todo o ecossistema provocando o risco de sua total eutrofização. Estes problemas originaram-se de acordo com estes autores, devido a um intenso processo de desmatamento e a uma super-exploração dos aquíferos da região.

O projeto do Lago Valencia, prevê o tratamento e reaproveitamento de uma vazão de 9,5 metros cúbicos por segundo das águas residuárias provenientes das cidades de Valencia e Maracay. Os principais objetivos deste projeto de recuperação ambiental , que teve sua aprovação de financiamento pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) em 1988, são os seguintes:

- Tratamento dos resíduos domésticos e industriais;
- Controle do nível de água do Lago Valencia;
- Reuso do efluente tratado na irrigação agrícola;
- Clausura dos poços de exploração de água para irrigação;
- Recarga dos aquíferos para seu posterior uso como fonte de abastecimento urbano;
- Dessalinização dos aquíferos;
- Reuso urbano direto;
- Redução dos requerimentos de fertilizantes artificiais.

TAKAHASHI (1991) descreve as diretrizes para a prática do reuso ambiental e recreativo no Japão. Este tipo de diretrizes está dividido em duas linhas diferentes: As “Basic Guidelines” onde estão indicados valores numéricos *para Coliformes totais*, DBO, SS, Turbidez e Cor. Por outro lado, estão as “Guidelines depending on Type of Use”, as mesmas que especificam índices de qualidade específicos, tais como para o Fósforo total e Nitrogênio total para cada tipo de reuso.

O indicado autor, relata também dois casos de reuso ambiental e recreativo. O primeiro deles refere-se ao reaproveitamento na cidade de Tokio de uma vazão de 27.670 metros cúbicos por dia do efluente da ETE Tamagawa Jouryu. Este projeto de reuso, reestabelece o fluxo hidráulico do córrego Nobidome, o mesmo que abastecia antigamente à cidade de Tokio. Indica também que uma vez recuperado ambientalmente o córrego, tem até peixes como a Carpa na sua biota.. O segundo projeto de reuso ambiental, refere-se ao enchimento dos fosos que circundam o castelo de Osaka. Este projeto reaproveita uma vazão de 3.500 metros cúbicos por dia do efluente da ETE Nakahama. Indica ainda que a capacidade de armazenamento destes fosos é de 915.000 metros cúbicos, cujo enchimento contribui para melhorar o aspecto visual do castelo de Osaka, que é um dos mais importantes do Japão.

No México o reuso ambiental e recreativo, está sendo praticado basicamente na manutenção do nível de água dos lagos e canais recreativos existentes no país (DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRAÚLICA, 1992).

OHGAKI & SATO (1991) indicam que o Japão é um dos países que tem desenvolvido uma tecnologia própria para a prática do reuso ambiental e recreativo. Indicam ainda que no país existem diretrizes adequadas para sua prática segura e planejada. Finalmente, estes autores ressaltam que até 1991 a vazão destinada ao reuso ambiental era de 43.200 metros cúbicos por dia, principalmente na recuperação ambiental de antigos córregos de água em regiões urbanizadas e para a formação de fosas e espelhos de água com fines paisagísticos e recreativos.

2.3.- TECNOLOGIA DO REUSO

BURGER et al. (1989) realizaram estudos comparativos em relação à qualidade de água do efluente para fins de reuso potável. Para isto, tomaram como fonte de comparação as estações de tratamento de Windhoek na Namíbia e a de Cape Flats na África do Sul. Estes autores indicam através do diagrama de fluxo do processo de tratamento indicados na Figura 2.6 e na Figura 2.7 respectivamente, a diferença que existe no processo de desinfecção. Esta diferença está claramente indicada, pois a estação de Cape Flats utiliza cloração ao "break point" seguido de ozonização, enquanto que a estação de Windhoek utiliza somente cloração ao "break point".

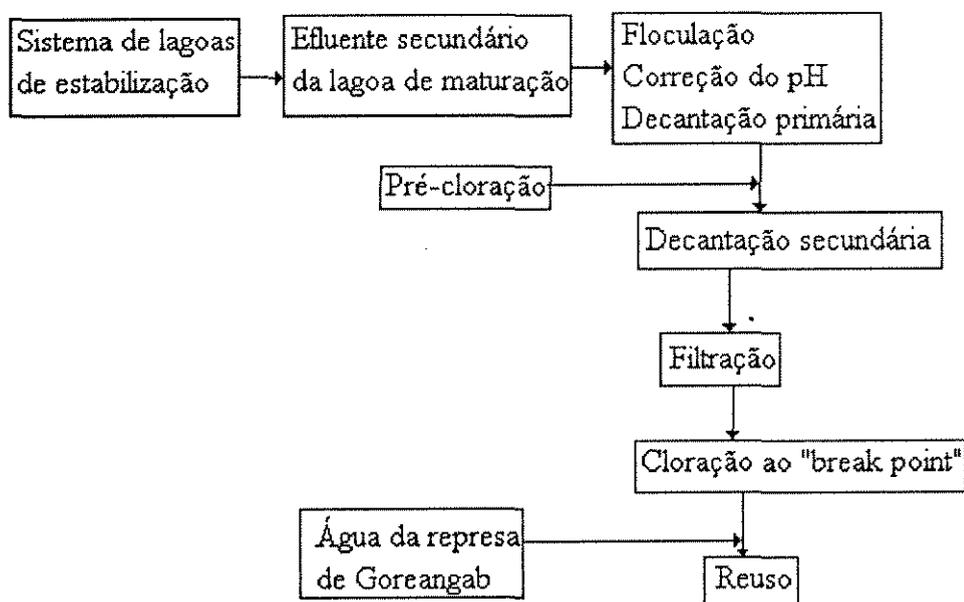


Figura 2.6.- Diagrama de fluxo do sistema de tratamento da estação de tratamento de Windhoek na Namíbia

Fonte :Adaptado de BURGER et al. (1989)

De acordo com os autores indicados, pode-se esperar que a qualidade de água do efluente para reuso da estação de Windhoek, seja inferior que o efluente da estação de Cape Flats. Isto está diretamente relacionado ao tipo de processo tecnológico utilizado em ambas

estações de tratamento, ou seja que o processo de ozonização como desinfecção, é um tratamento mais avançado que o da simples cloração ao "break point" e portanto oferece maior poder desinfectante.

O processo da desinfecção ao "break point" é uma opção mais econômica em relação ao da ozonização, oferecendo boa ação desinfectante em relação aos microrganismos patogênicos, tais como bactérias, vírus e helmintos. De acordo com a maioria das referências bibliográficas, as estações de tratamento projetadas para o reuso de seus efluentes, tem na desinfecção um dos requisitos mais importantes no seu sistema de tratamento.

A desinfecção é um processo que é utilizado na produção de água de reuso para diversas finalidades. Sua aplicação abrange, desde a irrigação agrícola até a recarga artificial de aquíferos. Na maioria dos tipos de reuso, é muito importante a eliminação de microrganismos patogênicos, devido ao perigo que representam à saúde pública.

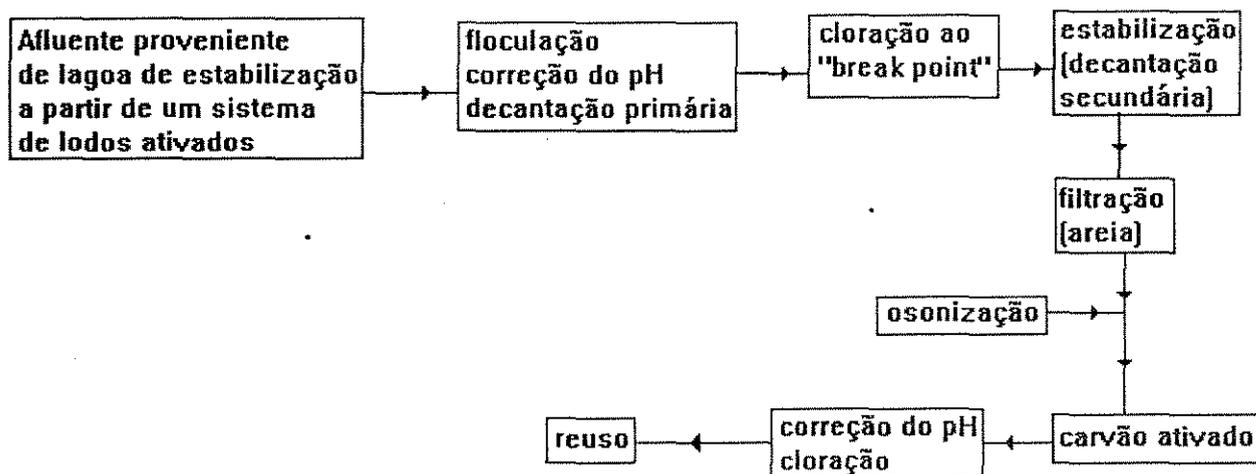


Figura 2.7.- Diagrama de fluxo da sistema de tratamento da Estação de Tratamento de da cidade de Cape Flats na África do Sul

Fonte : Adaptado de BURGER et al. (1989)

Analizando os dois diagramas de fluxo, pode-se ver a diferença tecnológica no processo de tratamento, com a estação de Cape Flats mostrando um processo de tratamento mais avançado devido à ozonização. Ainda segundo esses autores, o efluente de Cape Flats será

utilizado para fins potáveis em forma direta e portanto precisa de um processo de desinfecção mais avançado, por sua vez o efluente de Windhoek também será utilizado para fins potáveis, porém sendo misturado com água do reservatório de Goreangab, desta maneira, espera-se que a mistura de ambos líquidos favoreça a qualidade final do efluente.

A região sul do Estado da Califórnia (EUA), apresenta um dos programas de reuso para fins agrícolas mais interessantes e mais desenvolvidos que a literatura especializada trata. Trata-se do sistema de reuso do “Irvine Ranch Water District” (IRWD) que incorporou tecnologia nova no processo de gerenciamento da água para irrigação. De acordo com PARSONS (1990) o IRWD, implantou um sistema de dupla distribuição que vinha sendo estudado desde os anos 60, constituindo-se assim num dos pioneiros da utilização desta tecnologia de irrigação e distribuição da água de reuso.

O sistema de irrigação adotado pelo IRWD é composto de uma rede de dutos e tubulações que distribui água para os usuários. O sistema central de distribuição foi concebido como parte integrante de um plano maior de irrigação, que determinou as vazões e pressões adequadas e necessárias para todos os usos futuros. Isto foi feito com a finalidade de minimizar problemas com o crescimento da demanda e com a mudança dos usos por parte dos agricultores.

ARBER (1991) indica que a tecnologia de tratamento das águas residuárias para seu reuso, varia em forma crescente e de acordo com o grau de contato humano que se espera que ocorra com elas. Desta maneira, o mencionado autor sugere que, a medida que o homem utiliza e interage com a água de reuso, torna-se necessário um tratamento tecnológico mais avançado. Para exemplificar sua posição, este autor descreve quatro níveis de tratamento indicados na Figura 2.8 .

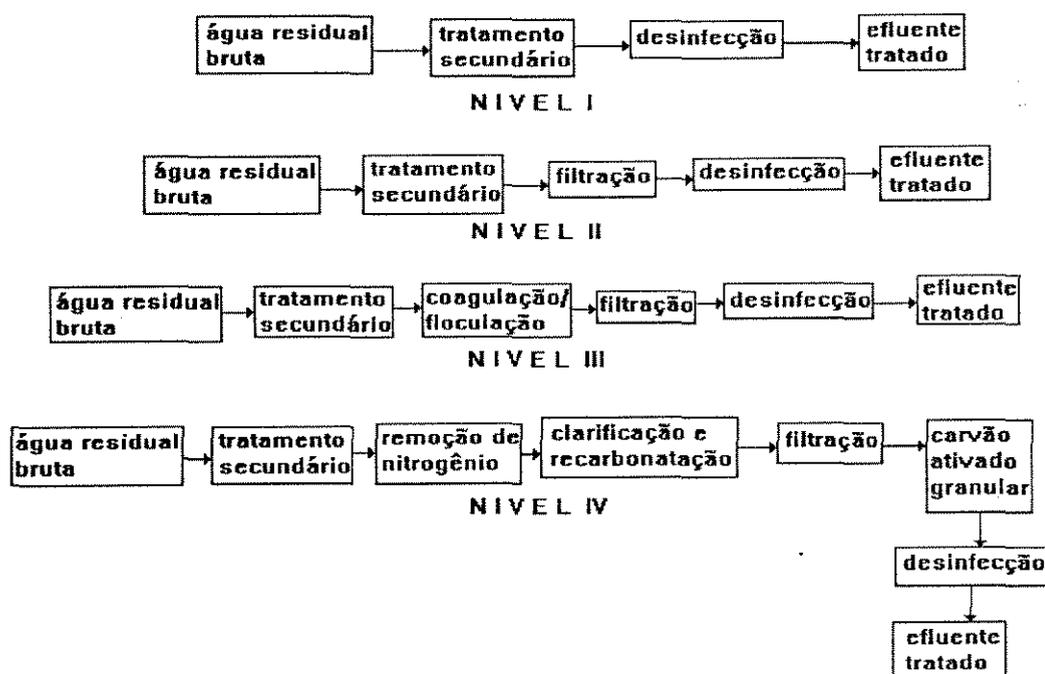


Figura 2.8.- Diferentes níveis de tratamento para o reúso planejado

Fonte :Adaptado de ARBER (1991)

HAMANN & McEWEN (1991) indicam os diferentes processos unitários e suas respectivas capacidades de remoção de contaminantes. O processo que tem maior capacidade de remoção de contaminantes, é a desmineralização, realizada através das membranas e cujo maior exemplo de aplicação é a osmose reversa. Os indicados autores afirmam que a água de reúso para fins potáveis, requer maior número de processos unitários que sirvam de barreira para os diversos tipos de poluentes, em comparação aos processos utilizados numa estação de tratamento que não tenha por objetivo produzir água para reúso potável.

A maior exigência deve-se fundamentalmente ao fato que a água residuária doméstica, geralmente tem uma pior qualidade de água em comparação com a água natural superficial ou subterrânea. Os processos unitários citados por esses autores, são geralmente implementados em estações que produzem efluente para reúso potável, ainda que de forma indireta. Os processos incluem o tratamento biológico com ou sem remoção de nitrogênio, coagulação ou

clarificação com dois estágios de recarbonatação, filtração em meio granular, carvão ativado granular, desmineralização (tratamento de membrana), remoção por arraste com ar, filtração rápida e desinfecção.

BRISAUD et al. (1991) descrevem o processo utilizado para se implementar um projeto de reuso na França. O efluente proveniente de uma ETE composta por lagoas de estabilização da cidade praiana de Le Grau du Roi, localizada na costa francesa do Mar Mediterraneo, está sendo reusado para irrigação de campos agrícolas de espécies forrageiras para alimentação de animais e para a irrigação de áreas verdes recreativas.

Estes autores indicam que diariamente é reusada uma vazão de 5.000 metros cúbicos. A tecnologia utilizada para se obter esta água de reuso, consiste na filtração do efluente secundário do sistema de lagoas de estabilização. O processo de infiltração/percolação ocorre numa camada de areia disposta em profundidades de 1,5 a 2,0 metros, após este processo são coletados e bombeados para sua utilização.

LAUER et al. (1991) indicam estudos e pesquisas realizados por quase duas décadas no centro experimental para produção de água de reuso potável da cidade de Denver no Estado do Colorado (EUA). Durante mais de 10 anos a estação vem trabalhando com uma vazão de projeto de 44 litros por segundo. A partir de 1985 e como parte de um projeto de 5 anos de duração, foram realizados vários ensaios e pesquisas com os objetivos de estabelecer uma produção segura de água potável, demonstrar a viabilidade do processo adotado, obter aceitação por parte das agências fiscalizadoras, ganhar a aceitação do público e prover-se de dados para sua implantação em larga escala. Na Figura 2.9 está indicado o esquema original na época de sua implantação em 1985.

A estação experimental de tratamento de Denver, teve sua origem como uma necessidade de se procurar uma nova fonte de abastecimento de água no futuro. Os responsáveis pela implementação deste projeto, esperam que através dos processos avançados de tratamento de águas residuárias e de um contínuo monitoramento e avaliação da produção da estação, torne-se possível a obtenção de água de qualidade potável.

De acordo com ROGERS & LAUER (1992), a qualidade de água do efluente da estação experimental de Denver é similar à da rede de distribuição de água potável da cidade.

Isto indica que é possível obter água potável a partir do tratamento adequado das águas residuárias municipais.

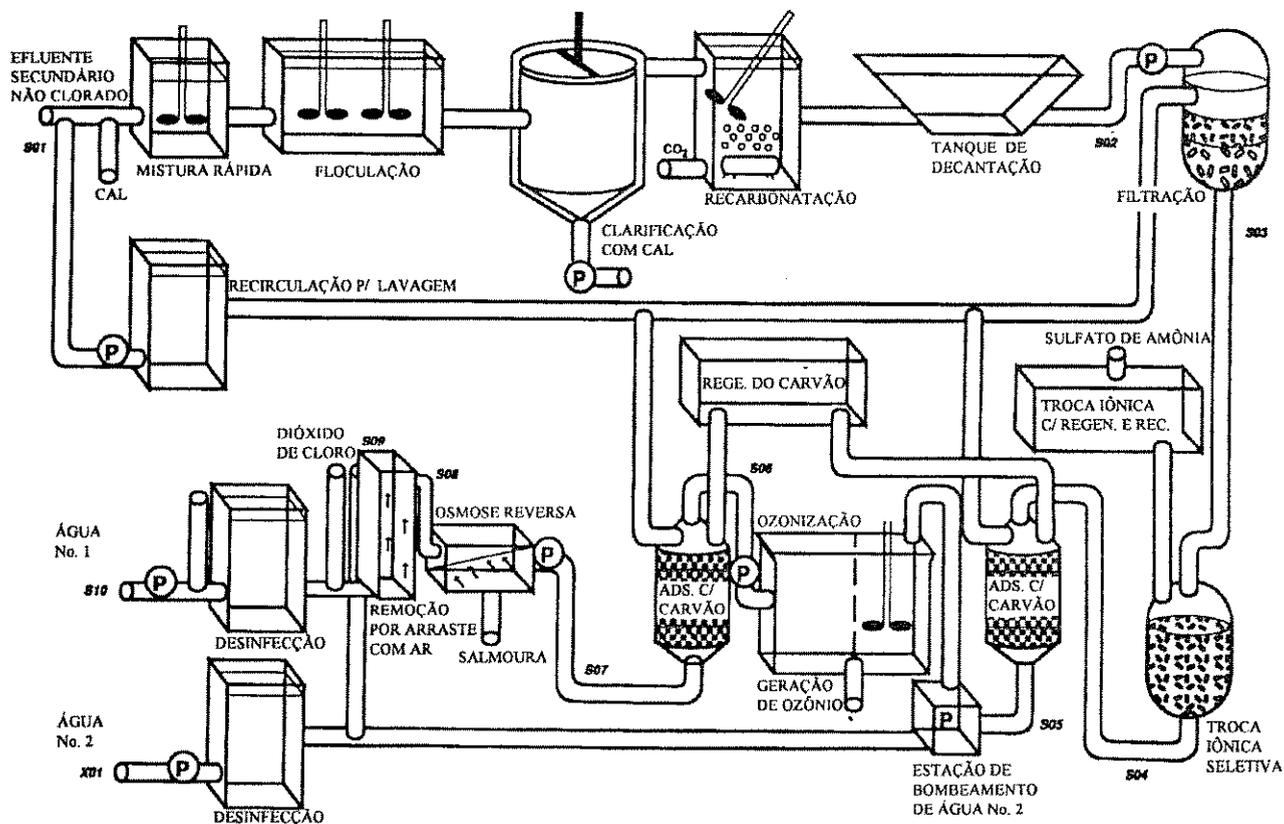


Figura 2.9.- Processo de tratamento obtenção de água de reuso de qualidade potável na estação experimental de Denver (EUA)

Fonte: Adaptado de LAUER et al. (1991)

LAUER et al. (1991), afirmam que após mais de dois anos de funcionamento da estação experimental, foi realizado um encontro técnico entre proeminentes cientistas, engenheiros sanitaristas, políticos, economistas, sociólogos, planejadores, advogados, médicos e representantes oficiais dos órgãos federais, estaduais e municipais, juntamente com representantes das agências fiscalizadoras locais. Foram elaboradas algumas conclusões e recomendações aos responsáveis pela estação experimental, visando atingir com a maior

segurança possível os objetivos do projeto, principalmente aqueles relativos aos efeitos na saúde. Desta maneira, recomendou-se a inclusão do processo de ultrafiltração no sistema de tratamento, para ver se era possível sua substituição em lugar das unidades de osmose reversa.

Conforme indicado na Figura 2.10 , também foi adicionado o processo de radiação ultravioleta no sistema de tratamento, procurando com isto criar mais uma barreira à passagem dos poluentes, produzindo assim uma água mais pura do ponto de vista potável. Assim, o processo completo de tratamento inclui: clarificação em pH alto, recarbonatação, filtração, radiação ultravioleta, adsorção com carvão ativado, osmose reversa, remoção com ar , ozonização e cloraminação. Os ensaios para ver a possibilidade da ultrafiltração vir a substituir à osmose reversa, foram realizados numa estação piloto com uma vazão de 9,5 litros por minuto. Toda esta série de processos, funcionando como barreiras para reter os contaminantes, pode parecer exagerada, mas certamente foi adequada para a obtenção dos objetivos propostos.

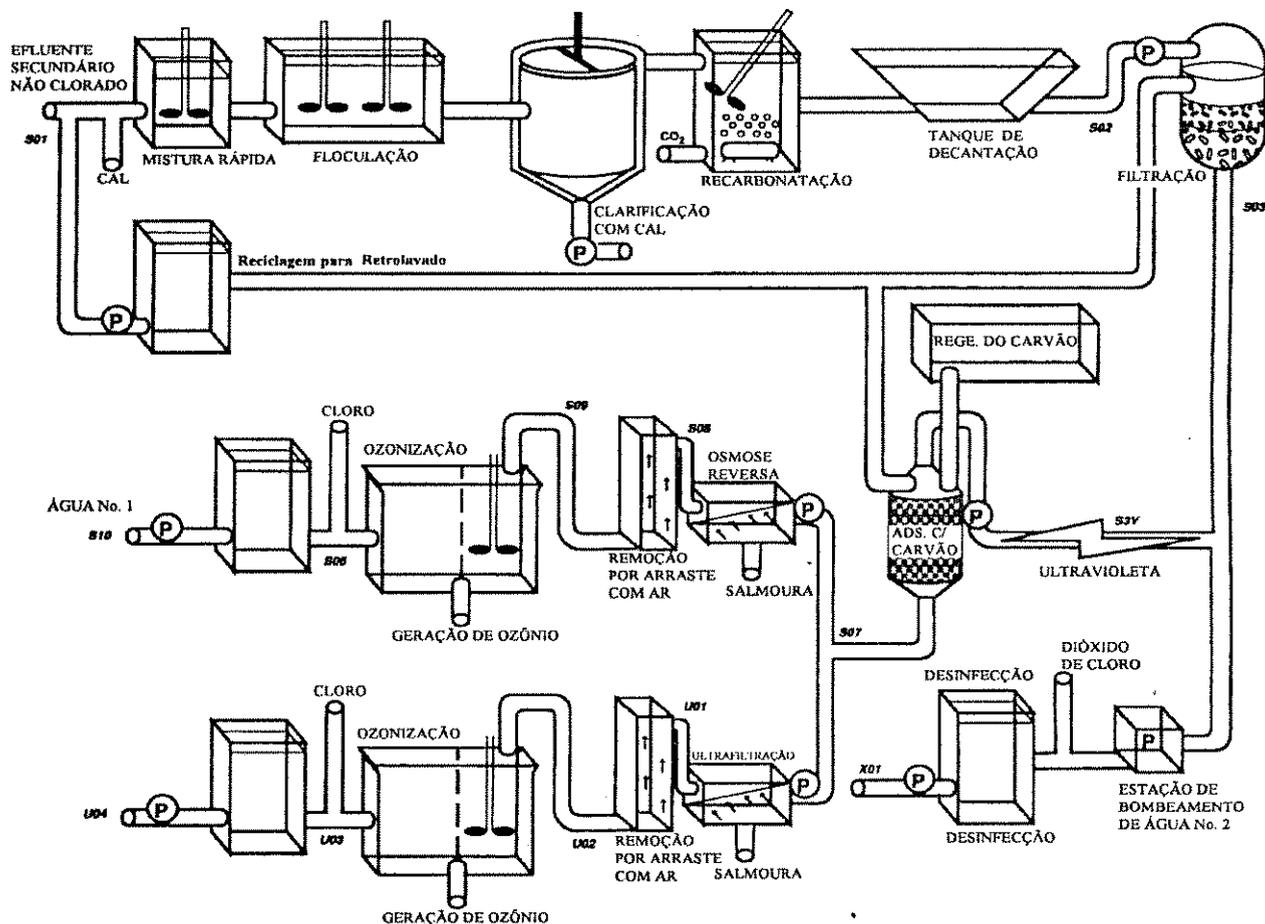


Figura 2.10.- Processo de tratamento para obtenção de água de reuso de qualidade potável incluídos os processos da ultrafiltração e da radiação ultravioleta, afim de se estudar os efeitos na saúde pública dos consumidores deste tipo de água produzida na estação experimental de Denver (EUA)

Fonte : LAUER et al. (1991)

NEWNHAM (1993) indica o sistema de rede dupla de distribuição de água para a cidade de Altamonte Springs no Estado da Flórida (EUA). Nesta cidade foi construída uma rede somente para a distribuição da água de reuso, sendo a distribuição da água potável realizada pela rede convencional da cidade. Este autor explica que o projeto APRICOT, foi desenvolvido para o reaproveitamento das águas residuárias municipais tratadas da cidade de Altamonte Springs, visando sua utilização para vários usos não potáveis.

Por outro lado, o mencionado autor afirma que a vazão média de consumo de água de reuso na cidade é de 219 l/s, porém chega a ter picos de consumo de até 570 l/s, principalmente nas épocas mais secas e quentes do ano e ao longo de vários dias. Esta demanda adicional de água de reuso é abastecida pela utilização de efluentes tratados em outras ETEs integrantes de um amplo programa de reuso da cidade.

BARTONE (1991) relaciona as diferentes tecnologias utilizadas principalmente nos países em desenvolvimento para a implementação de projetos de reuso, como forma de sua participação dentro de um novo conceito de gerenciamento dos recursos hídricos. Recomenda que as tecnologias de baixo custo, tais como as lagoas de estabilização, são as mais indicadas para os países em desenvolvimento, principalmente pela sua alta capacidade de remoção de patogênicos.

Este autor ressalta também a importância de se praticar o reuso para irrigação agrícola, particularmente devido aos benefícios que traz em termos de aporte de nutrientes para o solo e para as plantas. Este aporte de nutrientes representa uma economia para os agricultores, os mesmos que evitam de gastos com a compra de fertilizantes que geralmente são importados nos países em desenvolvimento.

STREIT (1986) citado por BARTONE (1991) afirma que o valor dos fertilizantes existentes nas águas residuárias municipais, está estimado em 5 centavos de dolar americano por cada metro cúbico. Desta maneira, a economia no gasto com nutrientes torna-se significativa, pois os agricultores dos países em desenvolvimento geralmente carecem de suficientes recursos econômicos para praticar uma agricultura rentável.

MARA & PEARSON (1992) apresentam uma modificação para o tradicional sistema israelense de armazenamento de água de reuso num único reservatório. Os referidos autores, sugerem a tecnologia de se utilizar vários reservatórios em série, afim de se lograr um efluente de melhor qualidade sanitária. Para a implementação desta tecnologia de armazenamento e depuração, sugerem um ciclo composto por 3 estagios, sendo eles: enchimento, repouso e utilização.

Estes autores, indicam também que o número de reservatórios e o dimensionamento do ciclo de trabalho depende de fatores como a duração do período de irrigação. Por outro lado,

apresentam sugestão de projeto para ciclos de funcionamento de 12, 6 e 4 meses. Finalmente, afirmam que a implementação desta tecnologia de reservação da água de reuso, permite uma diminuição do número de coliformes fecais para menos de 1000 NMP/100 ml, atendendo portanto às diretrizes da OMS para a irrigação irrestrita com água de reuso.

GHOST et al. (1994) indicam que o tratamento terciário ou avançado é um dos requerimentos mais importantes para a prática do reuso, pois este tipo de tratamento, geralmente inclui os processos de coagulação química do efluente secundário de uma ETE, seguida pela floculação, filtração e desinfecção. Estes autores chamam a atenção em particular para o processo da coagulação química, indicando que para isto há 4 tipos de coagulação, razão pela qual é justificado sua aplicação, pois o efluente secundário da ETE, tem grande quantidade de partículas em suspensão e de partículas coloidais que provocam sua cor e sua turbidez. Finalmente, os indicados autores afirmam que é recomendável a realização de estudos e a eficiente aplicação dos conceitos da coagulação utilizada na produção de água potável, principalmente as dosagens químicas necessárias para uma posterior filtração eficiente da água de reuso.

2.4.- ASPECTOS DE SAÚDE PÚBLICA E QUALIDADE DA ÁGUA

Conhecer as características do efluente é essencial para a avaliação das possibilidades de seu reuso. As características da qualidade sanitária das águas residuárias podem ser classificadas em físicas, químicas e microbiológicas.

A concentração de sólidos suspensos é um dos mais importantes parâmetros de qualidade física. Na agricultura por exemplo, os sólidos suspensos são importantes na capacidade de produção agrícola, porque em altas concentrações, podem provocar a obstrução dos poros do solo, reduzindo desta maneira sua permeabilidade e capacidade de retenção de água (WILSON et al. , 1988).

As propriedades químicas das águas residuárias, podem ser divididas em duas categorias: matéria orgânica e matéria inorgânica. A matéria orgânica é composta principalmente por proteínas, carboidratos, óleos e graxas bem como por outros compostos orgânicos presentes em pequenas quantidades tais como: fenóis, surfactantes e resíduos de

químicos agrícolas, os mesmos que não provocam efeitos imediatos no solo e na vegetação, podendo porém provocar efeitos de poluição da água do lençol freático posteriormente.

A DBO é o mais importante parâmetro na avaliação do grau de poluição orgânica (WILSON et al. , 1988). Os compostos inorgânicos apresentam nutrientes como o Nitrogênio, Fósforo e Potásio, estes elementos junto com outros mais, podem ser tóxicos para as plantas dependendo da sua concentração, alguns exemplos de elementos tóxicos são o Boro, a Prata, o Níquel e o Zinco. A concentração de sólidos totais dissolvidos é o parâmetro característico para se medir a qualidade química do efluente (WILSON et al. , 1988).

As propriedades microbiológicas das águas residuárias, são determinadas pela presença ou não de microrganismos como bactérias, vírus e parasitos. O patogênico predominantemente encontrado é a bactéria *Salmonella*, que provoca febre entérica, septicemias e gastroenteritis aguda, podendo provocar inclusive a morte.

Os vírus mais importantes são os enterovirus como os da polio, , os abenovirus e o virus da hepatite A. O mais perigoso dos parasitos é a protozoa *Entamoeba Histolytica*, que é responsável pela dissintéria amoebica e pela hepatite amoebica. A forma mais comum de se verificar a presença de microrganismos no efluente é o ensaio de Coliformes Totais e de Coliformes Fecais (WILSON et al. , 1988).

Para que ocorra a destruição dos agentes patogênicos, a desinfecção é o ponto crítico no processo de tratamento das águas residuárias municipais. O processo de desinfecção normalmente utilizado, consiste na injeção de solução de Cloro no efluente após o tratamento secundário. A eficiência da desinfecção é medida em termos da concentração residual do indicador dos microrganismos, geralmente a bactéria Coliforme Total ou Coliforme Fecal. O número de microrganismos remanescentes é expressado em termos do Número Mais Provável de microrganismos por 100 mililitros de água (NMP/100 ml).

JOHNSON (1991) indica as medidas de qualidade de água que foram implementadas num dos maiores exemplos de reuso. Trata-se do programa de reuso da cidade de Saint Petersburg no Estado da Flórida (EUA). A água de reuso do sistema, está destinada quase que exclusivamente para irrigação de áreas verdes municipais e privadas, desde sua implementação em 1977.

O “Florida Public Health Agency” é o órgão encarregado de fiscalizar e monitorar a qualidade de água do sistema. Em 1987, quando o Estado da Flórida ainda não tinha definido os critérios para águas de reuso, a agência encarregada junto com o município de Saint Petersburg, promoveram um painel de especialistas sobre o tema, com a finalidade de avaliar, revisar e recomendar critérios de saúde pública e aspectos do funcionamento do sistema.

Segundo o indicado autor, como fruto desse painel de especialistas surgiu um documento conhecido por “White Paper” intitulado como “Urban Water Reuse in the City of Saint Petersburg: Water Quality and Public Health Considerations”. Este documento apresenta uma série de conclusões e recomendações sobre os aspectos de saúde pública, bem como sobre os processos operacionais do sistema e sobre as instalações destinadas a fornecer água de reuso para a comunidade.

Nos países em desenvolvimento, especialmente naqueles que apresentam regiões áridas e semi-áridas, o manejo dos escassos recursos hídricos torna-se uma questão de prioridade nacional, podendo chegar a comprometer seu próprio desenvolvimento tanto no campo agrícola quanto no campo industrial e até no abastecimento para seus habitantes.

MARA & CAIRNCROSS (1990) apresentam diretrizes para a prática do reuso sem riscos à saúde. Estas diretrizes, estão voltadas especialmente para a irrigação agrícola. Por outro lado, estes autores também apresentam dados sobre a supervivência de agentes patogênicos tais como os indicados no Quadro 2.2 , bem como dados sobre as normas de qualidade microbiológica praticadas na irrigação agrícola em alguns países em desenvolvimento conforme indicados no Quadro 2.3 .

Quadro 2.2.- Tempos de sobrevivência de alguns agentes patogênicos presentes nos dejetos humanos tanto no solo e nas plantas a uma temperatura de 20°C a 30°C

Agente patogênico	Tempo de sobrevivência (dias)	
	No solo	Nas plantas
VIRUS		
Enterovirus (*)	< 100 porém normal < 20	<60porém normal < 15
BACTERIAS		
Coliformes fecais	< 70 porém normal < 30	< 30 porém normal < 15
<i>Salmonella spp</i>	< 70 porém normal < 20	< 30 porém normal < 15
<i>Vibrio cholerae</i>	< 20 porém normal < 10	< 5 porém normal < 2
PROTOZOOS		
quistes de <i>Entamoeba histolytica</i>	< 20 porém normal < 10	< 10 porém normal < 2
HELMINTOS		
ovos de <i>Ascaris lumbricoides</i>	muitos meses	< 60 porém normal < 30
larvas de Anquilostoma	< 90 porém normal < 30	< 30 porém normal < 10
ovos de <i>Taenia saginata</i>	muitos meses	< 60 porém normal < 30
ovos de <i>Trichuris trichiura</i>	muitos meses	< 60 porém normal < 30

(*) : Inclui polivírus, vírus Echo e vírus Coxsackie

FONTE: Adaptado de MARA & CAIRNCROSS (1990)

Quadro 2.3.- Exemplos de normas microbiológicas vigentes em alguns países em desenvolvimento para as águas residuárias utilizadas na irrigação de culturas

País	Irrigação restrita	Irrigação irrestrita
Omã	Máximo 23 CT/100 ml (*) Média < 2,2 CT/100 ml	Não se permite a irrigação de Somente irrigação de áreas verdes
Kuwait	Menos de 10.000 CT/100 ml	< de 100 CT/100 ml Não se aplica no caso de verduras para saladas ou frescas
Arabia Saudita	Se permite o uso do efluente secundário para forragem, culturas em sequeiro, verduras para consumo e irrigação de jardins	< de 2,2 CT/100 ml < de 50 CF/100 ml (**)
Tunizia	Arvores frutais, forragem e verduras de consumo cozido - tratamento secundário (mais cloração) - ausência de Vibrio Cholerae e Salmonellas	Não é permitido a irrigação de verduras de consumo cru
México	Para áreas recreativas: < de 10.000 CT/100 ml < de 2.000 CF/100 ml	Para verduras de consumo cru e frutos com possível contato com o solo: <1.000 CT/100 ml
Perú	Tratamento específico para cada tipo de reuso	Não se irrigam as culturas que tem frutos próximo do solo e aquelas raízes e os tuberculos que possam ser consumidos crus

(*) : Coliformes totais

(**) : Coliformes fecais

FONTE : Adaptado de MARA & CAIRNCROSS (1990)

Algumas instituições de caráter internacional como a OMS, elaboraram diretrizes de qualidade de água de reuso para ser utilizada na irrigação agrícola. Estas normas internacionais entretanto, não são muito praticadas pelos países desenvolvidos, pois estes geralmente têm normas mais rigorosas. Por outro lado, os países em desenvolvimento na sua grande maioria,

tem adotado as normas e diretrizes da OMS, ou pelo menos basearam-se nelas para a elaboração das suas próprias normas e diretrizes. No Quadro 2.4, estão indicadas as diretrizes de qualidade microbiológica recomendadas pela OMS para a utilização das águas residuárias na irrigação agrícola.

Quadro 2.4.- Diretrizes de qualidade microbiológica recomendadas pela OMS para a utilização das águas residuárias na agricultura e na aquicultura (a)

Categoria	Condições de reuso	Grupo exposto	Nematodos intestinais (b) (c) (1)	Coli. fecais (2) (c)	Tratamento esperado para alcançar os
A	Irrigação de culturas que são consumidas cruas campos esportivos e parques públicos (d)	Trabalhadores Consumidores Público	≤ 1	≤1000 (d)	lagoas de estabilização ou tratamento equivalente
B	Irrigação de cereais culturas para industrialização, pastagens e arvores frutais (e)	Trabalhadores	≤ 1	Não há	retenção de 8 a 10 dias em lagoa de estabilização ou remoção equivalente de helmintos e coli. fecais
C	Irrigação localizada das culturas da categoria B, desde que não ocorra exposição do público e dos agricultores	Nenhum	Não aplicável	Não aplicável	É necessário realizar um pré-tratamento para o tipo de irrigação escolhido, porém não inferior à decantação primária

(1) : Média aritmética do No. de ovos

(2) : Média geométrica do No./100 ml)

(a) : Em casos específicos, fatores epidemiológicos, sócio-culturais e ambientais locais devem ser considerados para a

respectiva modificação destas diretrizes

(b) : *Ascaris*, *Trichuris* e anquilostomas

(c) : Durante os períodos de irrigação

(d) : São necessárias diretrizes mais restritas (≤ 200 coli.fecal/100 ml) para áreas verdes públicas como as de hotéis

com as quais o público esteja em contato direto

(e) : A irrigação deve parar 2 semanas antes da colheita e não deve-se coletar frutas caídas no solo

FONTE: Adaptado de WHO (1989)

MARA & CAIRNCROSS (1990) indicam também alguns exemplos de países que têm sistemas de tratamento por lagoas de estabilização com tempo de retenção hidráulica maior a 25 dias, que apresentam efluentes de boa qualidade microbiológica, particularmente referida aos Coliformes fecais conforme indicados no Quadro 2.5 .

Quadro 2.5.- Relação de alguns países que apresentam sistemas de tratamento por lagoas de estabilização com tempo de retenção hidráulica maior a 25 dias e que obtém efluentes de boa qualidade microbiológica referente aos coliformes fecais

Sistema de tratamento efluente	Nº de lagoas em série	Qualidade do efluente (CF/100 ml)
Australia (Melbourne)	8 - 11	100
Brasil (Campina Grande) (b)	5	30
França (Cogolin)	3	100
Jordânia (Amman)	9	30
Perú (Lima)	5	100
Tunízia (Tunis)	4	200

(a) : CF= Coliformes totais

(b) : Centro Experimental para o Tratamento Biológico de Águas residuárias (EXTRABES)

FONTE : Adaptado de MARA & CAIRNCROSS (1990)

LAUER (1991) indica os ensaios realizados na estação piloto para obtenção de água de reuso de qualidade potável, localizada na cidade de Denver no Estado do Colorado (EUA). Indica também que a qualidade sanitária da água produzida está de acordo com os padrões de potabilidade exigidos pelo "National Drinking Water Standards", sendo sua qualidade mínima igual ou superior à qualidade da água potável correntemente oferecida à população de Denver.

Segundo LAUER et al. (1991), os efeitos sobre a saúde, foram estudados e avaliados pelo comitê de representantes autorizados do projeto de Denver. O tratamento final realizado para coletar resultados em relação ao fator saúde, tem os seguintes processos: clarificação com cal (pH=11,0), recarbonatação (pH=7,7), filtração, desinfecção com ultravioleta, adsorção com carvão ativado (42 minutos de tempo de contato no leito ativo), osmose reversa, remoção por

arraste com ar, ozonização e cloraminação como desinfetante residual. Os resultados obtidos, foram comparados com os valores para água potável de Denver. Na Tabela 2.2 estão indicados os valores de redução dos parâmetros microbiológicos. Nota-se que a bactéria heterotrófica (m-HPC) é a mais difícil de remover, especialmente quando ela está hospedada em ambientes que não sofreram alteração devido à radiação ultravioleta.

Tabela 2.2.- Redução dos parâmetros microbiológicos em porcentagem (%)

Processo	m-HPC (bactéria heterotrófica)	Coliformes Totais	Colifagos
-Clarificação com Cal	74	99,9	98,7
-Radiação Ultravioleta	99,2	99,8	99,9
-Ozono	99,1	ND (*)	ND
-Cloraminas	99,7	ND	ND
-total acumulada	99,99999	> 99,999998	> 99,99999

Obs. (*) :Não Detetado

FONTE: Adaptado de LAUER et al. (1991)

LAUER et al. (1991), indicam a utilização de barreiras sequenciais na estação experimental. As barreiras nada mais são do que processos unitários que realizam trabalho de remoção dos poluentes. Na Quadro 2.6, estão indicadas as barreiras que foram utilizadas e os poluentes que foram retidos por elas.

As diferentes barreiras utilizadas servem para melhorar a depuração final do efluente. Desta maneira, a medida que se quer remover componentes que normalmente não conseguem ser removidos pelos processos unitários de uma estação de tratamento de água convencional, torna-se necessário a utilização de processos avançados de tratamento. Entre estes processos, estão a radiação ultravioleta, a osmose reversa, a ozonização e a remoção por arraste com ar.

Quadro 2.6.- Grupo de poluentes removidos e barreiras utilizadas no sistema de tratamento para obtenção de água de reuso de qualidade potável na estação experimental de Denver (EUA)

Poluentes removidos	Barreiras utilizadas
Vírus e Bacterias	5 Barreiras : Clarificação com Cal, a pH alto Radiação Ultravioleta Osmose Reversa Ozonização Cloraminação
Protozoários	4 Barreiras : Clarificação com Cal, a pH alto Filtração Osmose Reversa Ozonização
Metais, compostos Inorgânicos e elementos radioativos	3 Barreiras : Clarificação com Cal, a pH alto Adsorção com Carvão Ativado Osmose reversa
Compostos Orgânicos	4 Barreiras : Clarificação com Cal, a pH alto Adsorção com Carvão Ativado Osmose Reversa Remoção por arraste com Ar

FONTE : Adaptado de LAUER et al. (1991)

Este autor afirma por outro lado que foi escolhido o padrão de qualidade da água potável de Denver, devido a que ela é obtida a partir da captação em mananciais montanhosos e protegidos que outorgam uma boa qualidade à água bruta.

TAY & CHUI (1991) apresentam tabela com as principais características de qualidade de água para reuso industrial na China. Estes valores estão indicados na Tabela 2.3 .

Tabela 2.3.- Características das águas residuárias para reuso industrial na China

Parâmetro	Efluente secundário	Água de reuso	
		variação	média
Cor (HU)	35	15 - 25	20
Turbidez (JTU)	13,5	1 - 2	1,5
DBO ₅	17	2 - 4	2,7
OD	2,7	5 - 6	5,8
NH ₃ -N	32,1	15 - 25	20
Sólidos Suspensos	20	2 - 5	3
Sólidos Totais	505	260 - 900	415
Cloretos	80	95 - 390	221
Dureza total	133	80 - 190	126
PO ₄ ⁻³ total	3,9	1 - 3	1,7
Detergente LAS (surfactante)	0,2	0,1 - 0,3	0,12
Alcalinidade	182	130 - 165	140
Cloro	---	2,5 - 2,9	2,8
Coliformes totais NMP/100 ml	3,5 x 10 ⁴	nada	nada
Coliformes fecais NMP/100 ml	4,2 x 10 ²	nada	nada

OBS. : Todos os valores numéricos estão em mg/l exceto aqueles indicados de forma específica

FONTE: Adaptado de TAY & CHUI (1991)

MONTE & SOUSA (1992) apresentam resultados de experiências realizadas durante 3 anos com a prática da irrigação agrícola com água de reuso proveniente de um sistema composto por lagoas facultativas. Nas Tabelas 2.4 e 2.5 estão indicados os valores obtidos em termos de qualidade química e microbiológica da água respectivamente.

Tabela 2.4.- Qualidade química da água residuária tratada utilizada para irrigação durante 3 anos

Parâmetro	Unidades	Média anual			Média total
		ano 1	ano 2	ano 3	
pH		8,28	7,9	8,1	8,2 (a)
DBO	mg/l	67,4	105	50,9	44,2 (b)
DQO	mg/l	85,0	128,0	88,3	92,6 (c)
STS	mg/l	26,6	69,7	33,5	36,2 (b)
STD	mg/l	ND	1.190,5	1123,6	1136,4 (a)
Condutividade	dS/m	1.491	1.600	1.483	1.503 (a)
Ca	mg/l	74,8	79,7	71,2	74,0 (a)
Mg	mg/l	31,2	31,4	33,4	32,2 (a)
K	mg/l	32,4	39,5	41,6	36,8 (d)
Na	mg/l	149,0	145,5	133,6	142,5 (d)
Cl	mg/l	150,3	240,6	183,0	166,9 (c)
SO4	mg/l	101,4	102,5	104,9	103,0 (a)
Dureza	mg/l (CaCO3)	31,6	32,7	32,0	31,9 (a)
Alcalinidade	mg/l (CaCO3)	387,0	396,7	347,4	372,1 (a)
RAS					3,48 (d)
B	mg/l	1,74	ND	1,35	1,53 (e)
N orgânico	mg/l de N	7,27	6,85	22,37	13,4 (a)

Tabela 2.4.- Qualidade química da água residuária tratada utilizada para irrigação durante 3 anos em Portugal (Continuação)

Parâmetro	Unidades	Média anual			Média total
		ano 1	ano 2	ano 3	
N-NH4	mg/l de N	22,6	18,9	12,4	17,9 (a)
N-NH2	mg/l de N	0,68	0,27	ND	0,59 (f)
N-NH3	mg/l de N	0,83	0,42	2,51	1,38 (a)
P total	mg/l de P	18,93	24,56	6,49	12,71 (b)

ND: Não determinado

(a): média de 22 valores

(b): média de 17 valores

(c): média de 21 valores

(d): média de 15 valores

(e): média de 15 valores

(f): média de 13 valores

FONTE: Adaptado de MONTE & SOUSA (1992)

Tabela 2.5.- Qualidade microbiológica da água residuária tratada e utilizada para irrigação durante 3 anos

Patogênico indicativo	Média geométrica		
	ano 1 (a)	ano 2	ano 3
Coliformes fecais	$4,6 \times 10^4$	$9,0 \times 10^3$ (b)	$1,7 \times 10^3$ (e)
<i>Echerichia coli</i>	$4,4 \times 10^4$	ND	$5,0 \times 10^2$ (f)
FS	$9,9 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$ (c)	$2,0 \times 10^2$ (f)
Salmonella	ND	9,9 (d)	0,0 (g)
Ovos de Helminetos	ND	ND	0,0 (h)

(a): resultados em NMP/100 ml como média de 7 amostras

(b) , (c) e (d) : resultados em número de germes/100 ml como média de 11, 7 e 2 amostras respectivamente

(e), (f) e (g): resultados em NMP/100 ml como média de 14, 13 e 6 amostras respectivamente

(h): número de ovos/l como média de 6 amostras

ND: Não detectado

FONTE: Adaptado de MONTE & SOUSA (1992)

GUR & AL SALEM (1992) apresentam a experiência de um país árabe de características áridas, tal como é o caso da Jordânia no Oriente Médio. Nesse país , a prática do reuso para fins de irrigação agrícola direta e indireta e a recarga de aquíferos para uso potável e não potável, tem contribuído na conservação de mais de 23 % dos recursos hídricos subterrâneos existentes. Espera-se que sua contínua e crescente prática, possa chegar a satisfazer 50 % do déficit de água previsto para o ano 2.000. Também espera-se que se o total de cobertura na coleta das águas residuárias municipais chegar a 71 % em 2.015, então as estações de tratamento terão uma capacidade de produzir água de reuso de cerca de 100

milhões de metros cúbicos por ano. Este valor é cerca de 2/3 do total da água subterrânea explorada no país.

Segundo os autores, a estação de tratamento de Al Samra, através do processo das lagoas de estabilização, produziu cerca de 81 % de todo o efluente para reuso utilizado no país em 1989. Para se ter uma ideia da qualidade de água do efluente produzido nesta estação, estão indicados nas Quadros 2.7, 2.8 e 2.9 estão os principais parâmetros analisados em comparação ao recomendados pela FAO e pela OMS.

Quadro 2.7.- Qualidade média anual em relação aos parâmetros gerais do efluente tratado no complexo de lagoas de estabilizaçã de Al Samra entre Fevereiro de 1989 a Fevereiro de 1990 e as concentrações máximas para irrigação recomendadas pela FAO de 1985

Parâmetros gerais	Concentração	Concentração máxima recomendada para irrigação
DBOs	106 mg/l	-----
DBOs (filtrada)	46 mg/l	-----
DQO	333 mg/l	-----
SST	160 mg/l	-----
pH	7,4 - 8,2	6,5 - 8,
Nitrogênio total	97 mg/l	-----
Fosforo total	16 mg/l	-----
Sólidos Dissolvidos Totais	1.054 mg/l	2.000 mg/l
RAS (Razão de Absorção de Sódio)	4 mg/l	- -----
Cloreto	316 mg/l	355 mg/l
Boro	0,96 mg/l	3,0 mg/l
M BAS (detergentes)	19,2 mg/l	-----

FONTE: Adaptado de GUR & AL SALEM (1992)

Quadro 2.8.- Qualidade média anual em relação aos metais presentes do efluente do complexo de lagoas de Al Samra entre Fevereiro de 1989 a Fevereiro de 1990 e as concentrações máximas recomendadas pela FAO de 1985

II Metais Presentes	Concentração	Concentração máxima recomendada para irrigação pela FAO de 1985
Alumínio	< 0,1 mg/l	5,0 mg/l
Arsénico	0,003 mg/l	0,1 mg/l
Cadmio	0,004 mg/l	0,01 mg/l
Cobalto	< 0,1 mg/l	0,05 mg/l
Cobre	0,015 mg/l	0,2 mg/l
Mercurio	0,0005 mg/l	-----
Zinco	0,023 mg/l	2,0 mg/l
Chumbo	0,03 mg/l	5,0 mg/l
Cromo	0,003 mg/l	-----

FONTE: Adaptado de GUR & AL SALEM (1992)

Quadro 2.9.- Qualidade média anual em relação aos patogênicos do efluente do complexo de lagoas de estabilização de Al Samra entre Fevereiro de 1989 a Fevereiro de 1990 e as concentrações máximas recomendadas pela OMS

Parâmetro	Concentração	valores limites para irrigação irrestrita
Coliformes Totais	4.700 NMP/100 ml	-----
Coliformes Fecais	820 NMP/100 ml	< 1.000 NMP/100 ml
Ovos de Nematodos	0	< 1,0/litro

FONTE : Adaptado de GUR & AL SALEM (1992)

Fazendo uma análise dos valores da Quadros 2.7, 2.8 e 2.9 , estes autores concluem que apesar de praticamente todos os valores estarem dentro dos limites recomendados pela FAO e pela OMS, deve-se tomar muito cuidado na utilização irrestrita de um efluente com esta qualidade sanitária. Assim, recomendam ainda que o efluente de Al Samra seja submetido a uma diluição prévia ou a um futuro tratamento, para não haver restrições à sua utilização para irrigar cultivos de consumo cru, e particularmente com o método de irrigação a ser empregado.

ASANO et al. (1992b) realizaram estudos de análise de risco, utilizando modelos matemáticos infectológicos, afim de avaliar o “Wastewater Reclamation Criteria” do Estado da Califórnia (EUA). Para a implementação desse estudo, estes autores utilizaram dados do monitoramento sobre os vírus entericos, levantados junto a 10 ETEs, durante o período de 1975 a 1989. A avaliação à exposição dos vírus, incluiu a coleta de amostras em águas de reuso que foram utilizados para a irrigação de culturas comestíveis, irrigação de campos de golfe e para a formação de parques aquáticos recreativos.

Segundo SHACKER & KOBYLINSKI (1994) nos Estados Unidos da America, o reuso está-se tornando uma forma prática de atender aos rigorosos requerimentos de qualidade de água estipulados pelo “National Pollutant Discharge Elimination System” (NPDES). O

reuso nas regiões áridas contribui para a conservação dos recursos hídricos para usos nobres. Regiões abundantes em recursos hídricos, estão implementando programas de reuso, muitos dos quais objetivando o reuso total do efluente tratado, facilitando assim a obtenção dos padrões do NPDES.

A descarga de efluentes tratados em grandes rios como o Mississippi ou o rio Ohio, com grande capacidade de diluição, provavelmente não apresentará problemas de qualidade de água por ocasião da análise da água destes rios. Entretanto, a descarga em rios com vazões pequenas ou em rios intermitentes, certamente apresenta problemas de qualidade de água, dado que sua capacidade de diluição é muito menor, correndo o risco de não atender aos padrões do NPDES. Anteriormente, o NPDES exigia concentrações expressadas em partes por milhão (ppm), atualmente as concentrações exigidas estão expressas em partes por bilhão (ppb) e alguns parâmetros, estão inclusive sendo exigidos em partes por trilhão (ppt) tais como as concentrações de Mercurio, Prata e Tolueno. Alguns dos padrões de qualidade de água exigidas pelo NPDES para a descarga em cursos de água, são mais estritos do que os padrões para água de consumo humano dos Estados Unidos. Na Tabela 2.6 estão incluídos ambos tipos de padrões de qualidade de água.

Tabela 2.6.- Comparação entre padrões selecionados de qualidade de água para consumo humano e para qualidade de água em cursos de água nos Estados Unidos da América

Contaminante	Padrões de qualidade de água para consumo humano ($\mu\text{g/l}$)	Padrões de qualidade de água para cursos de água ($\mu\text{g/l}$) (*)
Chumbo	15	3,2
Cobre	1.300	12
Mercurio	2	0,012
Prata	50	0,12
Zinc (**)	5.000	110
PCBs	0,5	0,014
Benzeno	5	5.300
Tolueno	1.000	0,013
Endrin	2	0,0023
Cianeto	200	5,2

* Critério de qualidade de água a nível federal (critérios locais podem ser ainda mais restritos, alguns limites dos metais estão em função da dureza)

** Nível máximo do contaminante secundário

FONTE: SHACKER & KOBYLINSKI (1994)

URASE et al. (1994) afirmam que no reuso das águas residuárias e na produção de água potável para consumo humano é muito importante a capacidade de remoção dos vírus. Nos Estados Unidos da América por exemplo, são necessários 99,99 % de redução de vírus para declarar apta para consumo humano, a água produzida numa ETA, porém quando se trata de produzir água para reuso, a capacidade de remoção de vírus do processo de tratamento, deverá ser ainda maior, pois as águas residuárias contem maior quantidade de vírus do que as

águas naturais. A partir daí, a capacidade de remoção de vírus através do processo de ultrafiltração por membranas sem necessidade de desinfecção, ser uma grande vantagem frente a outros processos de remoção de vírus.

De acordo com a WHO (1989) após a reunião de especialistas realizada em 1985 em Engelberg na Suíça, concluiu-se que as diretrizes existentes até esse momento sobre o reuso das águas residuárias, tinha sido insatisfatório, principalmente porque algumas das diretrizes, eram injustificadamente restritivas e não levavam em conta a enorme variedade de patógenos que poderiam ser transmitidos através da prática do reuso. Desta maneira, a saúde pública não estava adequadamente resguardada, especialmente em relação à ocorrência de infecções por helmintos.

Em Junho de 1987, realizou-se uma reunião de expertos em reuso e saúde pública na cidade de Adelboden, Suíça. Esta reunião teve o patrocínio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da OMS. A reunião teve por finalidade principal, revisar e orientar o reuso das águas residuárias e dos dejetos na agricultura e na aquicultura. As conclusões e recomendações desta reunião de expertos, teve por objetivo principal encorajar e impulsionar os governos dos diferentes países para a prática do reuso, porém levando em conta os riscos da saúde dos trabalhadores e dos consumidores. Os participantes da reunião de Adelboden, estiveram completamente de acordo com a validade das diretrizes e recomendações da reunião de Engelberg de 1985, então decidiram que elas servem perfeitamente como base para a prevenção dos riscos da saúde pública, bem como a necessidade de sua consideração na elaboração de qualquer programa de reuso.

OHGAKI & SATO (1991) apresentam os critérios de qualidade de água para reuso adotados no Japão, os mesmos que estão incluídos no manual de reuso. No Quadro 2.10 estão indicados os principais critérios de qualidade para reusos em descarga de vasos sanitários, irrigação de áreas verdes e reuso ambiental e recreativo.

Quadro 2.10.- Critérios de qualidade de água para água de reuso adotados no Japão

	Parâmetro	Descarga em vaso sanitário	Irrigação de áreas verdes	Ornamental e recreativo
Critério	Coliformes totais (NMP/ml)	<10	não detetável	não detetável
	Cloro residual (mg/l)	retido (*)	< 0,4	-----
Diretrizes	Aparência	não agressiva	não agressiva	não agressiva
	Turbidez (unidades)	-----	-----	< 10
	DBO (mg/l)	-----	-----	< 10
	Odor	não agressivo	não agressivo	não agressivo
	pH	5,8 - 8,6	5,8 - 8,6	5,8 - 8,6

(*) : Retido no último tanque de armazenamento da linha de distribuição de água

FONTE: Adaptado de OGHAKI & SATO (1991)

Estes autores por outro lado, apresentam também os parâmetros de qualidade de água específicos para o reuso recreativo e ambiental, salientando desta maneira a importância desta prática no Japão. Na Tabela 2.7, estão indicados os principais parâmetros de qualidade de água para este tipo de reuso.

Tabela 2.7.- Diretrizes de qualidade da água de reuso para ser aproveitamento ambiental e recreativo

Parâmetro	Reuso ornamental e paisagístico	Reuso recreacional de contato direto
Coliformes totais	< 1.000 NMP/100 ml	< 50 NMP/100 ml
DBO	< 10 mg/l	< 3 mg/l
pH	5,8 - 8,6	5,8 - 8,6
Turbidez	< 10 unidades	< 5 unidades
Odor	não agressivo	não agressivo
Cor	< 40 unidades	< 10 unidades

FONTE: Adaptado de OHGAKI & SATO (1991)

BARTONE (1991) recomenda a utilização de sistemas de tratamento compostos por lagoas de estabilização, pois afirma que eles são capazes de uma elevada remoção de patogênicos após 25 dias de retenção hidráulica. Entretanto, indica que estes sistemas de tratamento devem estar bem dimensionados para serem eficientes, entre cujos fatores importantes cita sua disposição em série, seu fluxo hidráulico e seu número adequado de unidades. Cita como um exemplo bem sucedido o sistema de lagoas de estabilização de San Juan em Lima no Perú. Este sistema de lagoas peruano, funciona em 5 unidades dispostas em serie, sendo capazes de remover mais de 99,99 % de *Coliformes fecais* e de *Salmonellas*.

Segundo a WHO (1989) a reutilização das águas residuárias e das excretas humanas em atividades como a irrigação agrícola, representam riscos à saúde pública quando não são tomadas medidas de prevenção e de mitigação destes riscos. Neste sentido, esta organização internacional propõe um esquema bastante interessante de identificação dos diversos fatores que intervêm num sistema de reuso sem grandes riscos à saúde do homem. Para isto e conforme indicado na Figura 2.11 , estão identificadas os principais níveis de tratamento, barreiras utilizadas, tipos de restrição, bem como os diversos níveis de contaminação que

podem ocorrer com o reuso. Indica também o grau do risco à saúde do trabalhador e do consumidor bem como algumas medidas de controle do nível de contaminação por elementos patogênicos.

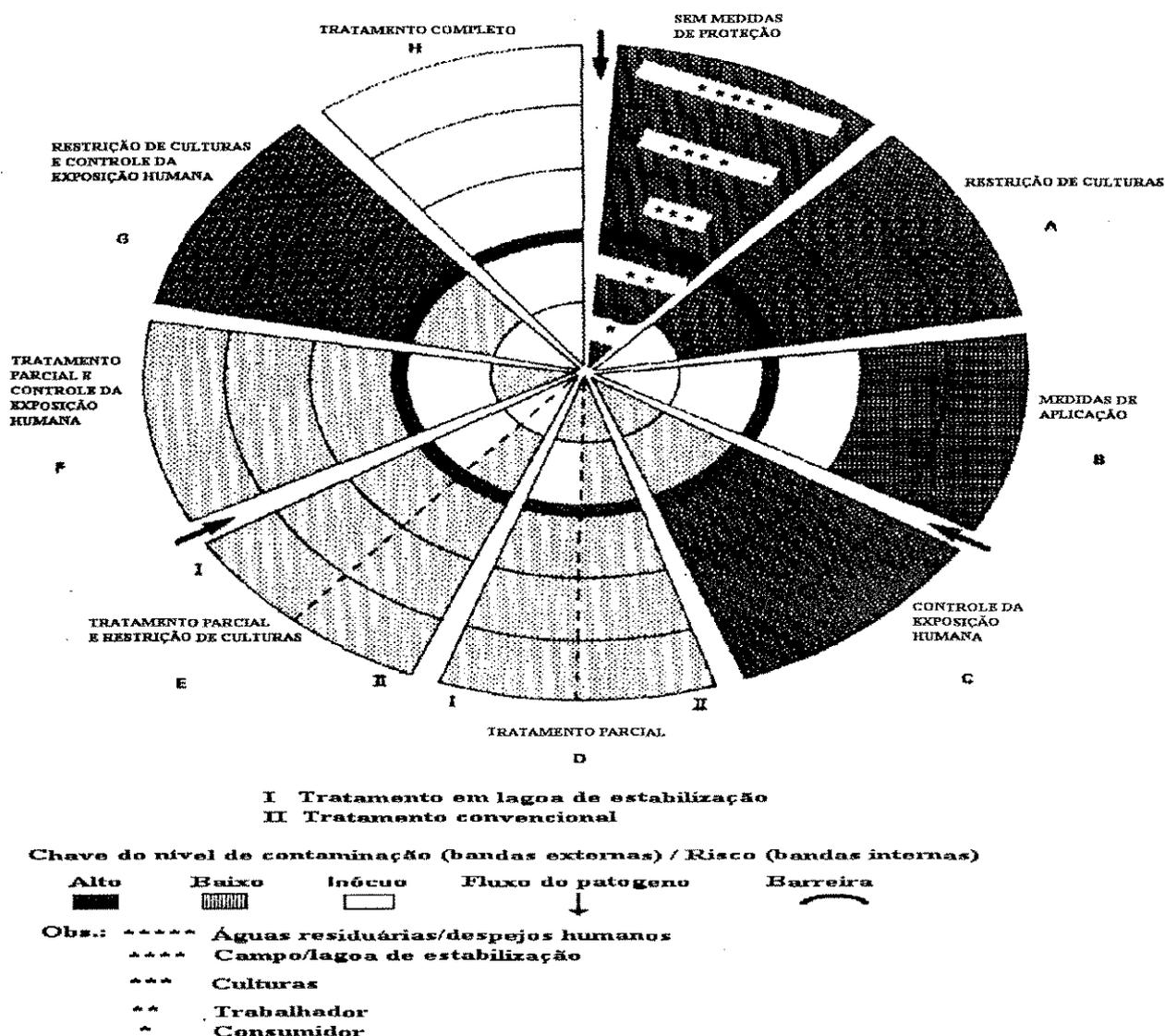


Figura 2.11.- Esquema indicativo dos diversos fatores que afetam um sistema de reuso para irrigação agrícola, bem como os níveis de contaminação que podem ocorrer

FONTE: WHO (1989)

2.5.- ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

WILSON et al. (1988) indicam as principais considerações econômicas em caso de se utilizar diretamente água de reuso para irrigação agrícola. Estes autores ressaltam o valor econômico do efluente para os agricultores de áreas próximas a zonas urbanas, devido principalmente à economia na compra de fertilizantes como Nitrogênio, Potássio e Fósforo, bem como ao incremento da produção agrícola. Por outro lado, citam o papel que pode ter essa prática na questão ambiental, como a regeneração dos solos devido ao aporte de nutrientes e disposição eficiente do efluente. As considerações econômicas, tem um papel muito importante no gerenciamento dos recursos hídricos, particularmente em áreas onde se analisam os custos dos recursos hídricos em termos da sua obtenção, tratamento e distribuição.

ASANO & MILLS (1990) realizaram estudos para a determinação do tamanho ótimo de um projeto de reuso. Tais estudos levam em conta os aspectos de Custo e Benefício, próprios de uma análise econômica de projetos. Estes autores indicam ainda, que nem sempre a taxa de custo/benefício com valor mínimo corresponde ao tamanho ótimo de um projeto, pois pode acontecer que haja taxas de custo/benefício com valor maior que 1, que representem um tamanho ótimo de projeto. Sabe-se que a relação custo/benefício com valor mínimo igual a 1, representa a igualdade entre ambos e representa o ponto de equilíbrio de qualquer projeto.

Na elaboração de reuso planejado, o estudo econômico do programa ou projeto a ser implementado, deve ser realizado com muito detalhe e deve levar em conta muitos fatores. Entre os principais fatores a serem estudados durante o estudo econômico estão: estudo do custo/efetividade; estudo do custo/benefício, análise financeira da sua viabilidade, e a realização de uma pesquisa de mercado. Assim, será mais fácil entender e avaliar a viabilidade de um determinado projeto de reuso direto.

MILLIKEN (1990) mostra a importância do aspecto econômico na elaboração de programas e projetos de reuso, principalmente os aspectos que determinam sua viabilidade. Para realçar o significado dos fatores econômicos no estudo do reuso planejado, o autor elaborou as seguintes hipóteses:

- O rápido incremento dos custos de obtenção de novas fontes de abastecimento de água

na maioria das áreas metropolitanas, não somente naquelas conhecidamente escassas de recursos hídricos;

- A estabilização dos custos de produção da água de reuso e sua crescente competitividade com outros tipos de fontes de abastecimento de água;
- A limitação muito séria nas fontes de abastecimento de água e sua redução em volumes consideráveis como fontes tradicionais de abastecimento;
- O crescente impacto causado pelas regulamentações de qualidade de água, que tem elevado cada vez mais os custos da disposição final das águas residuárias sem tratamento, fazendo com que a diferença de custos entre a descarga "in natura" e o seu tratamento para reuso seja cada vez mais levado em conta, na hora de decidir pela implementação de um projeto.

BURGESS (1991) indica que geralmente nas regiões áridas e semi-áridas, a produção de água de qualidade potável é mais cara do que em regiões com farta disponibilidade hídrica. Neste sentido, sugere que a prática do reuso, pode contribuir para diminuir estes custos de produção, principalmente quando se compara os custos de obtenção de água de reuso em relação com os custos de obtenção de água potável para usos que não requeiram esta qualidade.

Este autor apresenta os resultados de um estudo sobre a comparação de custos entre um sistema de abastecimento com prática de reuso e o mesmo sistema sem prática de reuso. Desta maneira, o efluente tratado em lagoas de estabilização da cidade de Tennant Creek na Região Norte da Austrália é utilizado para a irrigação agrícola de espécies hortícolas, as mesmas que eram irrigadas anteriormente com água potável da rede da cidade obtida a partir da exploração de águas subterrâneas da região. Os dados para o estudo comparativo são os seguintes:

- Oferta de água disponível = 1,86 milhões de metros cúbicos por ano
- Demanda de água para a irrigação de espécies hortícolas = 0,36 milhões de metros cúbicos por ano
- Oferta total da água de reuso = 0,48 milhões de metros cúbicos por ano
- Custos de capital do projeto de reuso = zero dólares

- Custos de Operação e Manutenção (O&M) = zero dólares
- Tarifa da água de reuso = 0,10 dólares por metro cúbico
- Tarifa da água potável da rede municipal = 0,34 dólares por metro cúbico
- População incluída no projeto = 3.500 pessoas.

Finalmente, este autor afirma que o benefício financeiro para toda a comunidade com a implementação do sistema de reuso é da ordem de 0,91 milhões de dólares por ano, ou aproximadamente 260 dólares/habitante ano.

LEJANO et al. (1992) apresentam estudo baseado na aplicação do método Custo x Benefício para avaliação da viabilidade de implementação de projetos de reuso, especificamente no caso de inclusão de várias agências de saneamento básico ao mesmo tempo. Este estudo foi realizado na região da Grande Los Angeles no Estado da Califórnia (EUA).

Estes autores indicam que uma das questões chave para a viabilidade de um projeto de reuso que englobe a participação de várias agências, consiste na distribuição equitativa dos custos do projeto entre as agências participantes. Ressaltam ainda que a aplicação do método Custo x Benefício, permite uma correta e quantitativa distribuição e transferência dos recursos financeiros do projeto. Por outro lado, este método de avaliação permite uma distribuição também equitativa dos benefícios a serem obtidos com a implementação do projeto de reuso nesta região.

Segundo FORERO (1993) a viabilidade econômica de um projeto de reuso pode ser avaliada através do método Benefício/Custo (B/C). desta maneira, este autor afirma que quando a taxa B/C é maior a 1, pode-se afirmar que o projeto é economicamente viável. Por outro lado, indica que fatores como a tecnologia de tratamento utilizada tem grande influência nesta taxa de avaliação econômica. Isto deve-se fundamentalmente aos custos que engloba a alta tecnologia utilizada, portanto, este autor recomenda que se utilizam sempre que as condições assim o permitam, utilizar tecnologias de baixo custo, tais como as lagoas de estabilização. Finalmente, este autor indica que não é fácil identificar os benefícios de um projeto de reuso, pois normalmente são identificados apenas os benefícios como a taxa interna

de retorno e não se levam em conta benefícios como a diminuição dos custos de internação por doenças de veiculação hídrica por exemplo.

Segundo SHACKER & KOBYLINSKI (1994) o reuso dos efluentes das estações de tratamento, esta-se tornando cada vez mais num importante componente da estrutura do controle dos custos de tratamento e como forma de alcançar os requerimentos de qualidade de água estipulados pelas agências de controle ambiental como a USEPA nos Estados Unidos da América. Desta maneira, o tratamento das águas residuárias destinadas para seu reuso, pode ser mais econômico do que seu tratamento apenas para descarga num curso de água qualquer, já que os padrões de qualidade exigidos para descarga são mais restritos do que para o consumo humano, por exemplo, no caso das indústrias, o efluente tratado que elas devem descarregar nos rios, deve ser de maior qualidade do que a água que elas utilizam para seus processos de produção em alguns casos.

2.6.- EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ACEITAÇÃO SOCIAL

Segundo AHLSTROM (1990) em 1988 a “Americam Water Works Association” (AWWA) elaborou um estudo em caráter nacional nos Estados Unidos da América, para saber quais são os principais empecilhos para a implementação de um maior número de programas e projetos de reuso. Da participação de 188 especialistas em projetos de reuso já implementados, chegou-se à conclusão de que os principais obstáculos são: o custo efetivo dos projetos, a disseminação da informação e grau de educação da comunidade e finalmente a qualidade da água e aspectos de saúde pública.

Este autor indica que a aceitação da comunidade para implementação de um projeto de reuso, passa pela educação ambiental dessa comunidade, ou seja, que a companhia ou órgão que visa implementar o projeto, deve levar a cabo um programa paralelo de educação e informação sobre o mesmo. A informação sobre os alcances do projeto, em termos dos custos, benefícios, meio ambiente e, principalmente os benefícios sociais para a comunidade, são importantes para mostrar a viabilidade de se implementar um projeto de reuso.

Na disseminação das informações, devem ser priorizadas questões chave para o sucesso de qualquer projeto de reuso, entre as mais importantes que devem ser informadas à

comunidade estão: a necessidade de se dispor de fontes adicionais de abastecimento de água e seus custos decorrentes, os impactos ambientais do reuso em função do desenvolvimento de novas fontes superficiais de abastecimento, a efetividade da aplicação da tecnologia do reuso para um tipo de reuso previamente selecionado, bem como as salvaguardas incorporadas no processo de tratamento e do reuso. Visitas a instalações que estejam praticando reuso com sucesso, são a melhor maneira de vencer possíveis atitudes negativas da comunidade.

Finalmente é interessante que projetos de reuso, além de satisfazer demandas de água, visem também a conservação dos recursos hídricos existentes, superficiais ou subterrâneos e que tragam benefícios ao meio ambiente, pois desta maneira estarão melhor orientados para sua aceitação pela comunidade.

AHMAD (1991) apresenta resultados de um estudo realizado na cidade de Doha capital do Qatar. O estudo consistiu na aplicação de um questionário para 100 pessoas. Entre as questões formuladas estão a avaliação do público em relação com: método de abastecimento de água à população, quantidade e qualidade da água potável ofertada, uso de filtros nas residências, aspectos positivos e negativos do alto custo da produção de água, aspectos positivos da prática do reuso no Qatar e em outros países, bem como seu significado e prejuízo para a sociedade.

O autor mencionado, afirma que o índice de respostas ao questionário aplicado foi baixo, pois somente 50 % dos entrevistados responderam ao mesmo. Isto acredita ele, deve-se a fatores religiosos e psicológicos do sistema social vigente no país. Estes fatores estariam refletidos basicamente ao significado das águas residuárias pela religião do país e numa estrutura social machista, onde a mulher tem participação mínima em questões públicas, tais como as formuladas no questionário.

Por outro lado, este autor relata uma experiência realizada com professores e engenheiros afim de distinguir aspectos físicos de amostras contendo água residuária bruta, água de reuso e água potável. O pessoal participante desta experiência não conseguiu distinguir diferenças físicas como cor e turbidez entre a água de reuso e a água potável. Finalmente, recomenda que sejam realizados no país programas de educação ambiental voltadas para a questão dos recursos hídricos, incluindo a prática do reuso, bem como sugere que a mulher

possa participar mais ativamente em questões de interesse público. Conclui indicando que o Qatar pratica reuso somente para irrigação de áreas verdes nos canteiros das estradas e na irrigação de áreas verdes destinadas ao plantio de forragem para alimentação de animais.

JOHNSON (1991) destaca que o programa de reuso da cidade de Saint Petersburg no Estado da Flórida (EUA), tem tamanha aceitação social na irrigação de áreas verdes municipais e privadas, que não consegue satisfazer a demanda da população, principalmente nos meses mais secos.

Este autor afirma que o programa teve início em 1977, e que sua aceitação social foi sendo incrementada no decorrer do tempo, chegando a ser considerada como uma prática normal e rotineira pelos habitantes da cidade. Este programa, pode ser considerado devido ao seu sucesso, um dos melhores exemplos de reuso planejado, e pode servir de modelo para outros programas em diferentes lugares. Ainda segundo o mencionado autor, o sistema implementado, utiliza rede dupla de distribuição, isto quer dizer que além da rede convencional de distribuição de água potável à comunidade, foi necessário construir uma rede paralela para a distribuição da água de reuso, a mesma que se distingue pela cor diferente de seus componentes.

Desta maneira tornou-se tão bem sucedido e popular, o programa e sistema de distribuição da água de reuso, já que em 1990 pelo menos 76.000 metros cúbicos de água de reuso por dia, foram utilizados para fins de irrigação por 7.000 consumidores. Espera-se que no ano 2.000, a cidade de Saint Petersburg tenha a capacidade de servir aproximadamente 12.000 consumidores, com uma área de irrigação de 3.600 hectares.

BRUVOLD (1992) relata estudo realizado para avaliar o grau de importância da participação da comunidade no desenvolvimento de um plano para elaborar o projeto e a construção de um sistema de tratamento e reuso para a região da Grande San Diego no Estado da Califórnia (EUA). Os resultados apresentados pelo referido autor, correspondem a estudos realizados em 1989, 1990 e 1991.

Este autor indica que a maioria dos modelos de avaliação do envolvimento do público em questões de planejamento ambiental, estão descritas em três etapas: O público se envolve com a equipe técnica de planejamento desde o início do processo, o público se envolve numa

etapa intermediária do processo, geralmente após a equipe técnica ter elaborado uma lista resumida das principais alternativas desenvolvidas e finalmente quando o público se envolve na etapa final do processo, apenas como uma forma de ratificar a alternativa escolhida pela equipe técnica de planejamento.

O estudo relatado por esse autor, trata do envolvimento do público numa etapa intermediária do processo de planejamento. Saliencia que a participação do público nesta etapa, justifica-se pela avaliação positiva dada às principais alternativas selecionadas pela equipe técnica, demonstrando desta maneira que houve uma harmonização de ideias e sugestões, principalmente quando as alternativas foram reduzidas a umas poucas, partindo-se de uma lista original bastante extensa.

HAMANN & McEWEN (1991) recomendam que se realize um amplo trabalho com a comunidade, e particularmente com os consumidores, sobre a importância da educação e da informação em relação aos programas e projetos de reuso, principalmente tratando-se de usos potáveis. Os autores consideram que a aceitação pública é geralmente o elemento mais essencial na determinação do sucesso ou fracasso de um projeto de reuso para fins potáveis, particularmente devido ao fato de que muitas das agências responsáveis pelos projetos de reuso, tem políticas sociais erradas, que fazem com que o público não esteja disposto a dar apoio ao projeto, pois seus sentimentos não foram devidamente preparados e informados.

Um projeto de reuso para fins potáveis pode ser tecnicamente viável, suas medidas de saúde pública podem estar avaliadas pelos modernos procedimentos científicos e a agência reguladora aceitar sua implementação, porém nada disso terá efeito prático e o projeto não sairá do papel, se não houver um engajamento do público e, principalmente se não tiver sua aceitação social.

Certamente, um dos programas de reuso mais bem sucedidos de que trata a literatura especializada é o existente na cidade de Irvine no Estado da Califórnia (EUA). Trata-se do programa do "Irvine Ranch Water District" (IRWD) implementado a partir de 1977 e em funcionamento até o presente.

Baseado no sucesso alcançado pelo programa, WEGNER-GWIDT (1991), elaborou um trabalho explicando os motivos do sucesso, oferecendo as recomendações e procedimentos

para se lograr êxito em programas de reuso, antes, durante e depois de sua implementação. Recomenda basicamente, a elaboração de um programa planejado de comunicação que possa ajudar a atingir os objetivos técnicos, obter suporte e aceitação por parte do público. O mencionado autor baseou-se na importância que tem o destinatário final do programa, ou seja o público consumidor e a comunidade como um todo para elaborar suas recomendações, principalmente quando se trata de certos grupos interessados como por exemplo os ambientalistas, o governo e a mídia. Neste sentido, recomenda a elaboração de 3 programas de comunicação com o público: programa de relacionamento com a comunidade, programa educativo para a comunidade e programa de relacionamento com a mídia.

Entre as medidas de um programa de relacionamento com o público, podem estar as relacionadas com dar a conhecer como é a instituição por dentro, isto quer dizer mostrar externamente como ela é gerenciada, do que que ela se ocupa e quais são os planos para o futuro. Para lograr a implementação destas medidas de comunicação, é necessário a criação de um comitê representativo autorizado pela comunidade. Este comitê será o encarregado de manter o elo entre a instituição e a comunidade.

Os membros deste comitê podem ser pessoas comuns, representâtes dos grupos de interesse público, representâtes dos órgãos públicos e representâtes de grupos com interesses econômicos específicos com o programa de reuso. Devem ser realizados "Workshops", palestras abertas ao público, e excursões individuais ou em grupos ao local da futura implementação, devem ser apresentados diapositivas ou vídeos sobre o programa e seu alcance.

Os programas de educação da comunidade, devem ter como objetivos principais a maior conscientização do público em relação aos recursos naturais, como a água por exemplo, sua importância e sua escassez e como eles devem ser corretamente utilizados. Por outra lado, a conscientização do público deve alcançar aos temas ambientais, principalmente naquelas atividades ou usos em que o homem danifica seu próprio meio ambiente.

Os programas educativos devem ter base nas escolas, em seus vários níveis de ensino, particularmente no ensino básico, pois nesta idade escolar é que as pessoas aprendem mais facilmente hábitos, costumes e tendências para o futuro. Os professores tem um papel

importante na implementação dos programas educativos, sendo responsáveis pela transmissão dos conceitos e conhecimentos sobre meio ambiente e recursos naturais como a água.

Algumas medidas são importantes no sucesso de um programa educativo, tais como o conhecimento do sistema educativo, a qualidade do currículo escolar e fundamentalmente a forma e o que deve ser feito e explicado aos educandos. O professor deve saber transmitir-lhes de acordo com seu grau de conhecimento e seu tipo de cultura.

Para se conseguir uma correta formação de recursos humanos é necessário que os professores tenham treinamento adicional, afim de poderem participar juntamente com os alunos em eventos educativos, e no desenvolvimento de programas de relacionamento público com a participação das escolas. As escolas deveriam estar mais voltadas para a interação com a sociedade, principalmente as de caráter público, pois afinal é a sociedade que sustenta este tipo de escola.

Com relação ao tipo de relacionamento com a mídia e com a imprensa em particular, os programas educativos devem ter objetivos básicos muito claros. Devem estar em harmonia com os objetivos do projeto de reuso, sendo necessário dispor de políticas de aproximação, levando em conta o respeito mútuo que deve existir entre os meios de comunicação, a comunidade e a instituição que visa implementar um projeto de reuso.

É necessário determinar previamente o que se conhece sobre os meios de informação, qual é sua função informativa e sobretudo, ter uma adequada avaliação sobre seu valor como meio de comunicação e seu grande alcance social perante a comunidade.

2.7.- ASPECTOS LEGAIS, INSTITUCIONAIS E NORMATIVOS

São aspectos relacionados com instituições de caráter internacional, nacional, regional e local. Geralmente são atribuições que estão nas mãos de órgãos públicos, portanto, pode-se ter o caso de certa localidade apresentar normas e padrões diferentes de qualidade de água em relação a outra localidade do mesmo país.

Uma instituição como a OMS, elabora os padrões de qualidade de água para reuso, visando sua regulamentação e o supervisionamento nos diferentes países que adotaram suas normas e padrões. Por outro lado, a Organização Panamericana da Saúde (OPS) é a instituição que regulamenta todas as diretrizes e normas da OMS para todos os países do continente americano. Os padrões e normas de qualidade de água para reuso e de saúde pública da OMS, estão voltados principalmente para sua utilização pelos chamados países em desenvolvimento, por serem eles carentes de recursos humanos, financeiros e tecnológicos. Toda aplicação das normas e padrões da OMS, visa ajudar a melhorar a qualidade de vida dos habitantes dos países em desenvolvimento.

Na literatura especializada, há vários exemplos de países que já dispõem de leis, regulamentos, normas e padrões de qualidade de água para o reuso, inseridas dentro do planejamento dos recursos hídricos. Por outro lado, os países desenvolvidos estão adiantados em relação à elaboração de legislação, normas, regulamentos e padrões sobre os vários aspectos do reuso. Os casos mais importantes e representativos, encontram-se em Estados como a Califórnia, Arizona, Colorado, Florida, Texas e Kansas nos Estados Unidos da América. Também há exemplos em países como Israel, África do Sul, Austrália, Japão e vários países da Europa. Entre os países em desenvolvimento, os casos mais notórios são os do México, Perú, China e a maioria dos países árabes e do Golfo Pérsico.

KIYA & AYA (1990) indicam que a "Japan National Land Agency", tem publicado um relatório detalhado sobre a situação dos recursos hídricos no país. O relatório realiza um balanço entre a oferta e a demanda de água, ressaltando que uma forma de minimizar a demanda, está na implementação de projetos de reuso doméstico. Finalmente, estes autores afirmam que o relatório salienta a implementação de legislação adequada para o reuso

doméstico, sendo destacadas as cidades de Tokio que adota uma legislação a partir de 1974 e seguidamente a cidade de Fukuoka que implementou sua legislação própria a partir de 1978.

Segundo CROOK & BASTIAN (1992) a USEPA, publicou em 1980 o manual "Guidelines for Water Reuse". Este manual foi desenvolvido pela USEPA e a USAID, como uma forma inicial de mitigar parte da demanda por água potável. O manual tem por objetivos ajudar nas questões principais, tais como: entender e avaliar as oportunidades de tratamento e reuso, oferecer subsídios para realizar estudos de custo/benefício para as alternativas de reuso e ajudar no planejamento e na implementação de sistemas de reuso.

O manual da USEPA, está direcionado para 6 categorias principais de reuso: urbano, industrial, irrigação agrícola, ambiental e recreativo, recarga artificial de aquíferos e para incrementar o abastecimento de água potável. Até Março de 1992, 18 estados tinham adotado regulamentos para reuso, outros 18 estados tinham desenvolvido diretrizes ou parâmetros de projeto e os 14 estados restantes não tinham regulamentos e diretrizes formais, porém muitos dos casos de reuso nestes estados, tem sido implementados caso a caso.

Segundo YORK & CROOK (1990) o Estado da Flórida (EUA) foi um dos que mais se preocuparam por oferecer as condições legais e institucionais para a realização de programas e projetos de reuso. Estes autores afirmam que o maior impulso para o desenvolvimento do reuso no Estado, teve início no começo dos anos 80. As regulamentações estão contidas no manual intitulado "Land Application of Domestic Wastewater Effluent in Florida", o mesmo que contém requerimentos detalhados sobre projeto e operação de sistemas de aplicação em solos com taxa lenta e rápida de infiltração, campos de adsorção, sistemas de fluxo superficiais e outros sistemas de aplicação no solo.

O Estado da Florida em 1987 através do "Department of Environmental Regulation", elaborou um programa ambicioso de reuso. Para facilitar e encorajar a prática do reuso, foram criadas três leis : Chapter 17-6, Florida Administrative Code (FAC) "Wastewater Facilities" , Chapter 17-40 ,FAC "Water Policy" e a Chapter 17-610 ,FAC "Reuse of Reclaimed Water and Land Application". Os autores afirmam, que o inventário chamado "1990 Reuse Inventory", identificou cerca de 200 projetos de reuso na Flórida, estes projetos utilizam aproximadamente mais de 1,2 milhões de metros cúbicos por dia para vários usos benéficos.

YORK & CROOK (1990) indicam que em 1989 o "Department of Environmental Regulation", revisou a lei 17-302, FAC "Surface Water Quality Standars" e a lei 17-4, FAC "Permits", para inclui-las numa politica anti-degradacionista. Esta politica rocomenda que qualquer ampliação ou nova descarga em águas superficiais, seja descontaminada em beneficio do interesse público. As solicitações de novas descargas superficiais de água, devem demonstrar que o reuso doméstico da água não é econômicamente nem tecnologicamente viável.

Os autores indicam que a lei Chapter 17-610, FAC, foi revisada em 1990, regulamentando a distância mínima para ocorrer uma descarga num curso de água superficial. Por outro lado, a utilização de água de reuso para sua utilização em descarga de vaso sanitário e no combate a incêndio, foi extendida a moteis, hotéis, predios de apartamentos e outras unidades residenciais, onde os moradores não tenham aceso direto ao sistema de coleta das águas residuárias.

O "Florida Department of Environmental Regulation" , promoveu um forte programa de reuso, cuja meta era atingir 40 % do total consumido no Estado a partir de dados básicos de 1987. As recentes leis , regulamentos e procedimentos tecnológicos, estão contribuindo decisivamente para alcançar índices mais elevados de reuso, principalmente a partir do programa de reuso implementado em 1989. As medidas legais tomadas pelo Estado, contribuirão para sedimentar a política anti-degradacionista e conservacionista dos recursos hídricos.

HAUSER (1994) indica que atualmente Israel utiliza 125 milhões de metros cúbicos de água de reuso por dia para irrigação agrícola. Por outro lado, este autor afirma que segundo o "Israel Institute of Technology" (Technion), o pais possui a mais alta taxa de reuso das águas residuárias municipais do mundo, alcançando a 65 % do total produzido nos municipios israelenses. Este autor afirma ainda que as pesquisas do Technion, estão voltadas para aspectos chaves da tecnologia de tratamento microbiológico e químico. Entre as questões chaves, estão a utilização de dióxido de Cloro (ClO_2) e da peroxidação como forma de desinfecção da água. Ao mesmo tempo, esta tecnologia de tratamento aliada aos avanços nas pesquisas para os sistemas de irrigação por gotejamento, tem sido desenvolvidos para sua comercialização no mercado externo.

Segundo SHACKER & KOBYLINSKI (1994) a USEPA a começou a regulamentar a qualidade de água na década dos 70. Em 1987 a USEPA, publicou o Gold Book, baseado no documento “Quality Criteria for Water 1986”, onde eram indicadas todas as concentrações limites permitidas. A USEPA, incentivou vários Estados a desenvolverem suas próprias normas, ao mesmo tempo em que a “National Pollutant Discharge Elimination System” (NPDES) incluiu valores numéricos para metais e compostos orgânicos tóxicos entre seus requerimentos, porém poucos Estados tinham elaborado suas próprias normas até o fim da década dos 80.

Em 1991, a legislação oficial incorporou os padrões de qualidade de água para os cursos de água, dentro do “Clean Water Act” (lei do 19 de Novembro de 1991), provocando com que os Estados desenvolvam programas de proteção à qualidade de água dos cursos de água, atendendo como mínimo aos padrões nacionalmente exigidos pela USEPA. Não foi determinado prazo nenhum para a regulamentação destes programas pelos Estados, porém tinham a possibilidade de se guiarem pelos padrões estabelecidos no Gold Book.

Segundo CROOK (1991) o Estado da Califórnia nos Estados Unidos da América, foi um dos primeiros a regulamentar o reuso, pois já em 1918 possuía regulamentos que ao longo do tempo foram sendo ampliados e divulgados, servindo inclusive de referência para outros estados e inclusive para outros países, tal como aconteceu com o “Wastewater Reclamation Criteria” lançado em 1978. Os criterios para regulamentação do reuso, incluem os padrões de qualidade de água, os requerimentos dos processos de tratamento, requerimentos operacionais e requerimentos de eficiência do tratamento.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho, levou em conta dois aspectos de pesquisa claramente identificados. Uma primeira parte do trabalho está baseada numa revisão bibliográfica atualizada sobre o assunto na literatura especializada, correspondendo assim à parte teórica. A outra parte do trabalho, foi desenvolvida como trabalho de campo, de forma a dar condições básicas para a elaboração de um estudo de caso.

3.1.- PARTE TEÓRICA

Consistiu numa revisão bibliográfica sobre o tema pesquisado, abrangendo fontes diferentes para sua realização. Para desenvolver esta parte do trabalho, foram utilizados preferentemente publicações a partir de 1987, pois foi a partir deste ano que se tem elaborado estudos específicos sobre reuso no Brasil.

A maior parte da revisão bibliográfica, foi realizada através da pesquisa em publicações de periódicos e anais de simpósios e congressos. Também foram utilizadas publicações de instituições regionais e internacionais, como , a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (CEPIS).

Para a elaboração do trabalho referente ao Estudo de Caso, foram utilizadas publicações de instituições regionais e locais. Entre as instituições que mais aportaram com dados estão o Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Cochabamba (SEMAPA), a Empresa Misicuni (EM), a Universidad Mayor de San Simon (UMSS) e a Corporación Regional de Desarrollo de Cochabamba (CORDECO).

No Brasil, por ser um país abundante em recursos hídricos na maior parte de sua extensão geográfica, há poucos trabalhos publicados sobre o tema do presente trabalho, nem mesmo na região semi-árida do Nordeste Brasileiro, apresenta grande número de publicações sobre o tema. Entretanto, recentemente foi elaborado um trabalho sobre conservação de água

para esta região como parte do projeto ARIDAS que tem objetivos de implementar um sistema de desenvolvimento sustentável para o Nordeste Brasileiro (MOTA & SOUZA , 1995).

Por outro lado, existem estudos de consultoria, dissertações de mestrado e teses de doutorado que estudaram o tema, particularmente voltados para a problemática do abastecimento de água para a Região Metropolitana de São Paulo e para a Baixada Santista, ambos localizados no Estado de São Paulo.

3.2.- PARTE PRÁTICA

Para elaborar os capítulos referentes ao estudo de caso, foi escolhido uma área localizada no Departamento de Cochabamba na república da Bolívia, que está localizada no sub-continente da América do Sul, conforme indicados na Figura 3.1 .

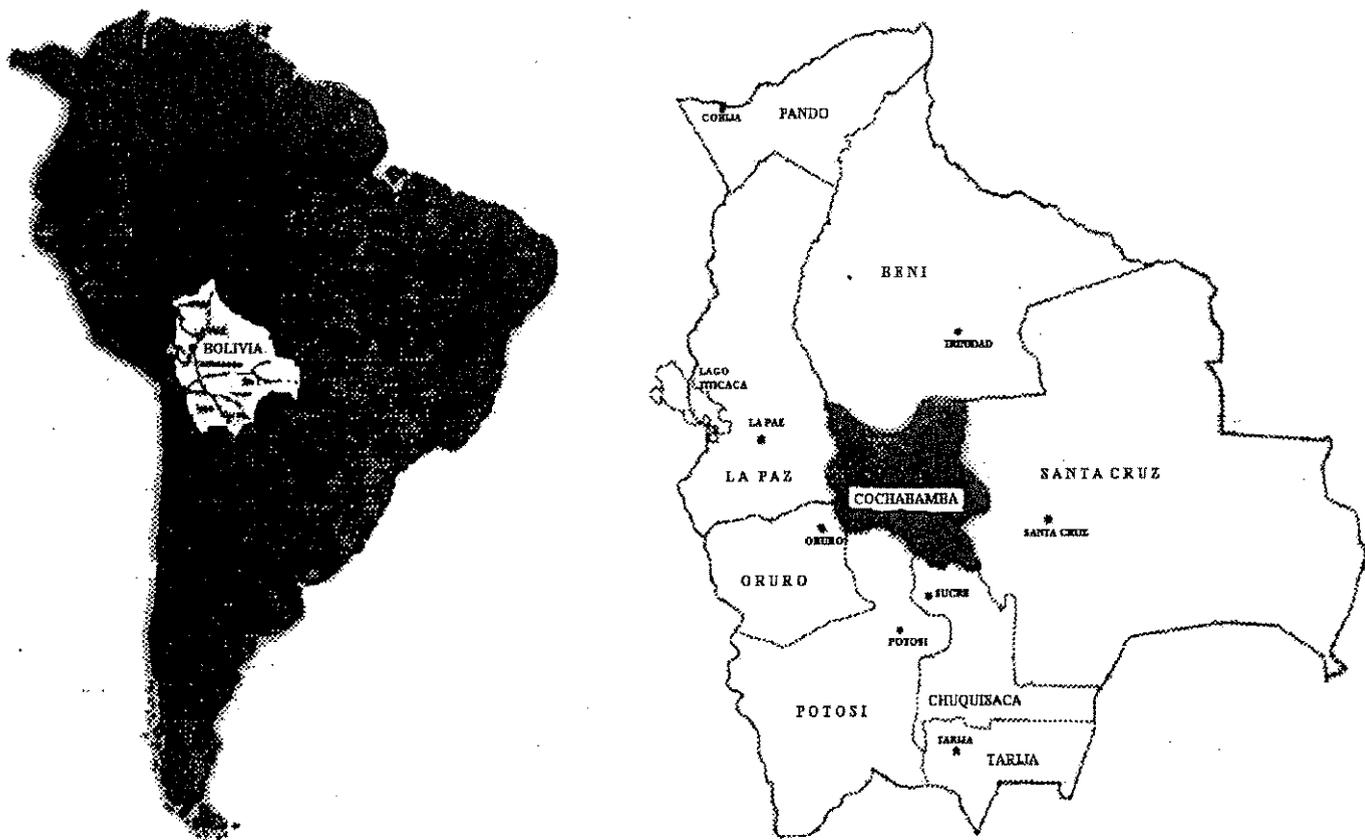


Figura 3.1.- Localização geográfica do Departamento de Cochabamba e da república da Bolívia no sub-continente da América do Sul

O Departamento de Cochabamba, por sua vez, está dividido em vários “Distritos de Desarrollo Rural” ou DDRs, desta maneira, estão localizadas as principais áreas de desenvolvimento agrícola no Departamento. A cidade de Cochabamba é a capital do Departamento do mesmo nome e está localizada dentro do DDR do Valle Central, conforme indicada na Figura 3.2. Encontra-se localizada a uma altitude de aproximadamente 2.560 metros acima do nível do mar, num vale semi-fechado pela cordilheira do Tunari.

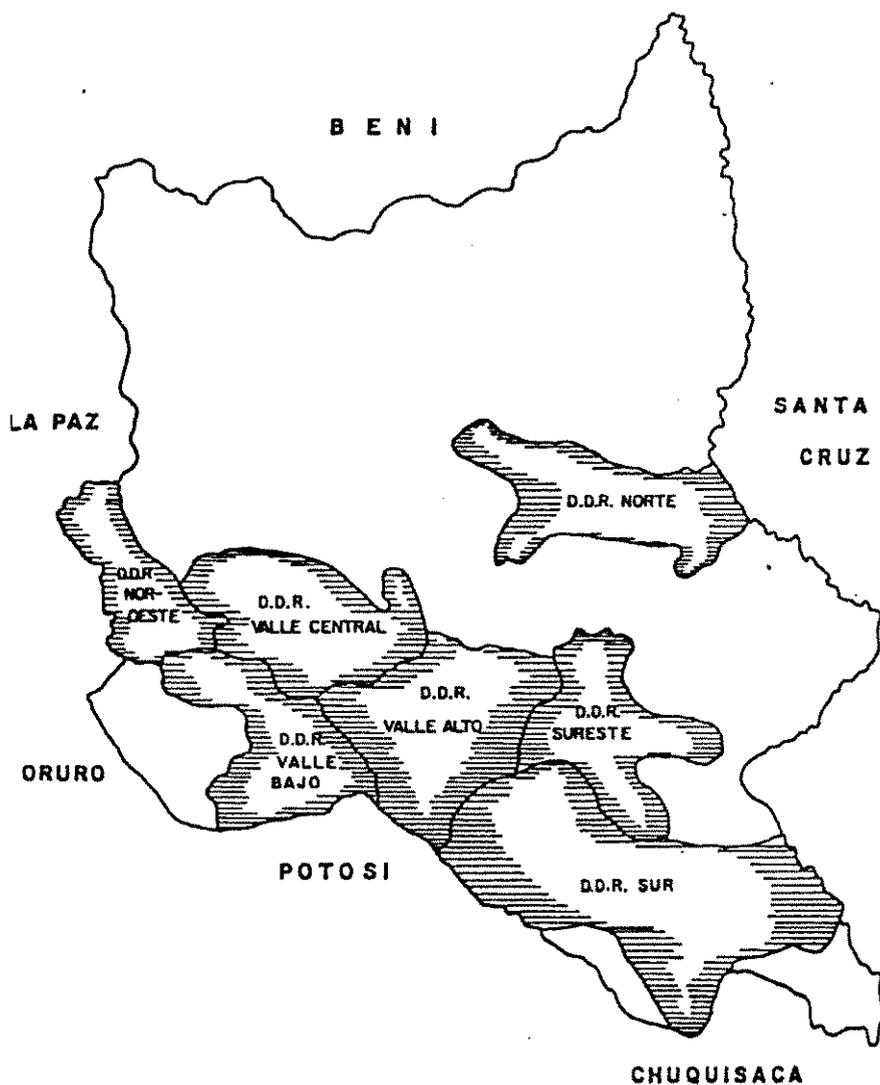


Figura 3.2.- Localização geográfica do Valle Central dentro do Departamento de Cochabamba

O denominado “Valle Central” ou também conhecido por vale de Cochabamba, reúne condições muito favoráveis para o desenvolvimento da produção agrícola, devido a possuir um

clima adequado, incidência de luminosidade favorável, e dispor de solos adequados para a agricultura (NOSA, 1993).

Nos últimos anos, o vale de Cochabamba vem sendo afetado por uma prolongada estiagem, devido principalmente à diminuição da precipitação pluvial, provocando desta maneira uma diminuição na produção de alimentos para a população urbana e rural. A superfície agrícola alcança a 28.050 hectares, divididas em 3 zonas: zona Central, zona Vinto, e zona Sacaba. O presente estudo de caso ficou referido para a zona Central, pois é nesta região que está mais precisamente localizada a cidade de Cochabamba.

Foram utilizados os dados obtidos perante as instituições regionais e locais, propiciando desta maneira, uma base teórica sobre o conhecimento da região escolhida. O alcance dos capítulos sobre o estudo de caso, estiveram em função da quantidade e da qualidade dos dados que foram obtidos, sem pretender abranger questões que não tenham sido possíveis de ser estudadas por não se contar com dados suficientes para isto.

O trabalho de campo foi desenvolvido inicialmente com um levantamento de dados sobre a problemática da região, posteriormente e através da aplicação de um questionário relativo ao tema do trabalho, foi realizado o levantamento de opiniões. O questionário foi dirigido preferencialmente a especialistas sobre o tema, a instituições ligadas à problemática da água e à sociedade civil organizada, particularmente para os possíveis usuários de um programa de reuso regional. O questionário que foi utilizado, está baseado nos princípios de aplicação do Método Delphi, modificado (SANTOS, 1995). Na Figura 3.3 está indicado o fluxograma do método utilizado no trabalho.

O intuito da aplicação do questionário, foi a obtenção das diferentes opiniões e pontos de vista dos participantes, levando em conta não somente o aspecto tecnológico sobre o tema mas também, aspectos sócio-culturais, ambientais, econômicos e de saúde pública.

Por outro lado, foram realizados contatos pessoais com os agricultores e moradores da região, particularmente com aqueles localizados nas imediações da ETE Alba Rancho, procurando conhecer de perto a realidade na qual se insere o trabalho sobre o estudo de caso. Também foram realizadas conversas informais com os agricultores da região afim de conhecer seu posicionamento em relação a uma futura implementação de um projeto de reuso.

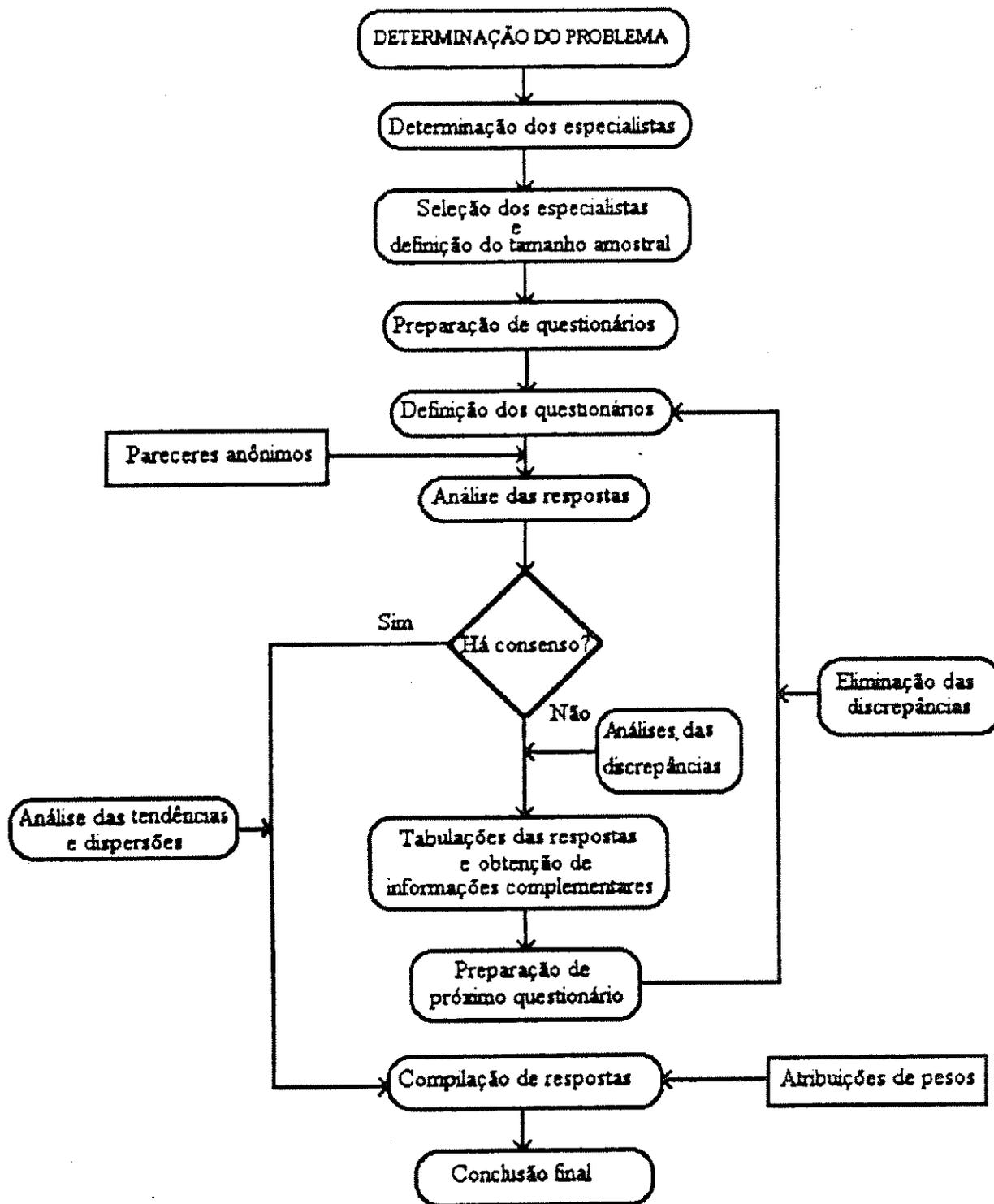


Figura 3.3.- Fluxograma das etapas de implementação de um questionário tipo Delphi, modificado

FONTE : SANTOS (1995)

Em relação à obtenção de dados sobre a qualidade sanitária do efluente final da ETE Alba Rancho, foram realizados ensaios físicos, químicos e microbiológicos. Foram coletadas algumas amostras simples e pontuais do mesmo local, isto é, no ponto de descarga do efluente final. As amostras foram analisadas em laboratórios diferentes.

Uma parte das amostras foi analisada nos laboratórios da própria ETE Alba Rancho, o trabalho foi realizado junto aos profissionais de SEMAPA. A outra parte das amostras, foi analisada nos laboratórios do Programa de Aguas, da Universidad Mayor de San Simon (UMSS), laboratório que está considerado como referência regional, dada a grande procura por seus serviços por diferentes instituições e pesquisadores locais. O trabalho foi realizado pela equipe de especialistas deste laboratório.

Foram realizados os principais ensaios, tais como de DBO, DQO, SST, pH, Óleos e Graxas, Metais Pesados, Coliformes Fecais e outros mais. Todas as análises laboratoriais foram realizados de acordo com as diretrizes do STANDARD METHODS (1989).

As analisadas realizadas tiveram a finalidade de outorgar subsídio mínimo para o conhecimento da qualidade do efluente, não pretendendo em momento algum, oferecer condições e dados para uma avaliação estatística mais profunda, ou um conhecimento detalhado sobre a eficiência do tratamento das águas residuárias. Os ensaios contribuíram para complementar os dados fornecidos pela literatura regional.

A intenção de se utilizar dois laboratórios diferentes na análise das amostras, foi a obtenção de dados diferentes, que futuramente possibilitassem uma comparação entre eles e outorgassem elementos de análise para relacioná-los com os da literatura regional sobre qualidade do efluente.

Para a realização do estudo de caso indicados nos capítulos 4 e 5 deste trabalho, foi adotado o processo de planejamento elaborado por HERNÁNDEZ (1992). Este processo de planejamento adotado para o estudo de caso que engloba o reuso direto, está composto basicamente das seguintes etapas:

- Introdução;
- Determinação do objetivo geral e dos objetivos específicos;
- Inventariação dos recursos naturais água e solo;

- Elaboração de um diagnóstico preliminar;
- Formulação da estratégia básica.

Por outro lado, na elaboração do processo de planejamento para o reuso direto no estudo de caso, foi utilizado um modelo de balanço dos recursos hídricos proposto por MOHORJY (1989). Este modelo foi utilizado na etapa da formulação da estratégia básica. Entretanto, para a formulação da proposta de reuso para o Valle Central, foi realizada uma adequação deste modelo esquemático à realidade desta região. Na Figura 3.4 está indicado o modelo esquemático adotado.

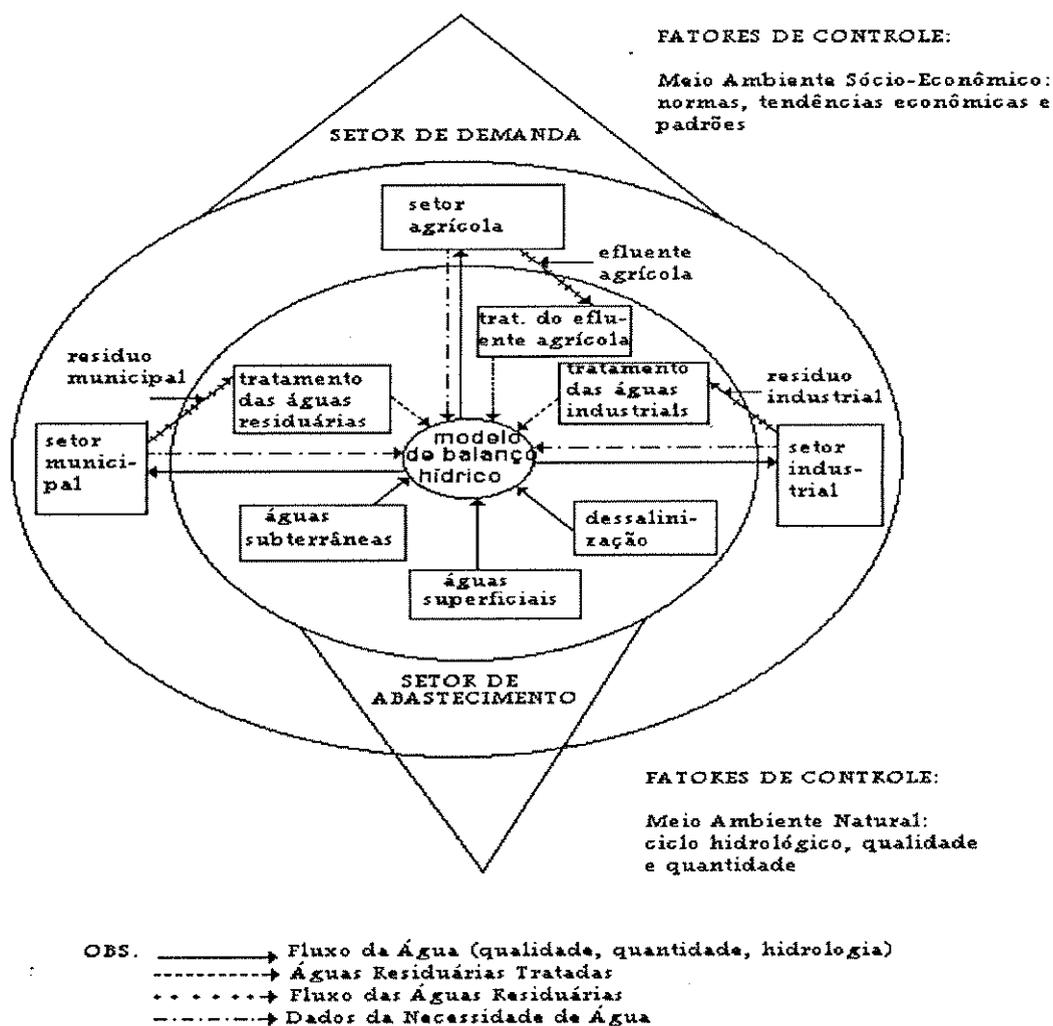


Figura 3.4.- Modelo esquemático para elaboração do balanço dos recursos hídricos

FONTE: MOHORJY (1989)

Este tipo de recurso metodológico, pode ajudar no estabelecimento de medidas práticas e ajudar a contornar conflitos no processo de planejamento. Nestas condições de planejamento, pode-se dar o somatório de estudos que levem em conta, a relação existente entre o sistema hidrológico e a relação das necessidades de água por parte dos usuários. Os sistemas componentes do estudo são, os tipos de recursos hídricos disponíveis, os tipos de usos da água e as unidades de tratamento de águas residuárias implantadas.

Este modelo pode ser utilizado para a elaboração do balanço hídrico entre as fontes hidrologicas e os consumidores de água identificados. Os componentes do sistema de abastecimento de água, estão constituídos pelas águas superficiais, águas subterrâneas e águas dessalinizáveis, bem como pela demanda dos principais consumidores de água, como prefeituras (municipal), indústrias e agricultores, conjuntamente com as estações de tratamento de água e de águas residuárias. O modelo também pode ser utilizado para a determinação do balanço hídrico a qualquer momento ou ainda em diferentes momentos.

CAPÍTULO 4

ESTUDO DE CASO

4.1.- INTRODUÇÃO

Para realizar um estudo de caso sobre reuso, é necessário inicialmente ter conhecimentos básicos sobre as condições próprias da região objeto do estudo. Uma das condições básicas para considerar a elaboração de um estudo de caso é a escassez de água. Não tem muito fundamento realizar um estudo deste tipo em regiões onde há abundância de água, que não tenham maiores problemas com o abastecimento de água. Neste caso, o estudo do reuso, poderia talvez contribuir desde o ponto de vista do uso racional da água e do ponto de vista da educação ambiental como forma de rever os velhos hábitos e costumes sócio-culturais de desperdício de água, mas não do ponto de vista da escassez de água.

O reuso pode atingir vários objetivos ao mesmo tempo, por exemplo, ajuda na conservação de água de qualidade potável através da utilização das águas residuárias tratadas em usos que não requeiram esta qualidade. Por outro lado, pode ajudar a minimizar possíveis danos ao meio ambiente devido à descarga de efluentes domésticos municipais não tratados, os quais podem ser causadores de poluição hídrica das águas superficiais, subterrâneas e até do próprio solo. O dano ao meio ambiente é favorecido pela não reutilização das águas residuárias municipais, pelo contrário, quando se pratica o reuso, pode-se ajudar ao desenvolvimento regional através da maior oferta de recursos hídricos, mesmo que alternativos como as águas de reuso. Desta maneira, também está-se contribuindo à uma melhoria da qualidade de vida da população envolvida.

A região de Cochabamba, caracterizou-se num passado não muito remoto, por ser um verdadeiro celeiro da Bolívia, muito cantada em prosa e verso por suas qualidades de terra fértil, clima ideal e qualidade de vida invejável em relação a outras regiões do país. Segundo TAMS (1992) até uma década atrás, Cochabamba era o principal centro produtor agropecuário do país. Desde muito tempo atrás porém, a região apresentava e apresenta ainda uma constante escassez de água. Esta escassez não produzia muitos efeitos negativos, pois a população estava acostumada a conviver com os períodos regulares de chuvas e secas, e conseguir de alguma

maneira satisfazer suas necessidades em função da população existente e das condições ambientais regionais.

Últimamente, tem-se observado mudanças sociais com migrações regionais em direção à cidade de Cochabamba, principalmente após períodos intensos de seca nas áreas rurais de outros Departamentos e até mesmo dentro do próprio Departamento de Cochabamba. Por outro lado, a adoção de várias medidas políticas e econômicas de caráter nacional, tem contribuído também para um maior fluxo migratório à região. Desta maneira, o crescimento populacional registrado no último censo de 1992, mostrou um significativo aumento da população e indica um maior fluxo ainda para o futuro.

Nestas condições, o já insatisfeito problema do abastecimento de água, viu-se ainda mais problemático, pois a demanda aumentou muito em relação à oferta. A procura por novas fontes hídricas aumentou, propiciando a elaboração de estudos e projetos de abastecimento de água, muitos dos quais, tem-se tornado questão de prioridade regional, incluindo estudos avançados e caros como a transposição das águas de bacias hidrográficas vizinhas.

As condições sanitárias da cidade não acompanharam o crescimento populacional, pois nem mesmo a parcela atendida pela rede de água potável, tem um esgotamento completo e seu respectivo tratamento. Precisamente, o tratamento dos esgotos domésticos da cidade de Cochabamba, teve início em 1986 com a inauguração da ETE Alba Rancho. Esta ETE, está localizada na parte Sudoeste da cidade, no perímetro suburbano composto por áreas agricultáveis, que aos poucos estão sendo ocupados pela mancha urbana que não para de crescer.

Mudanças climáticas devido a fenômenos naturais em parte e também devido a processos de poluição atmosférica, principalmente de material particulado em suspensão (poeira), tem provocado sobreaquecimento na região, aumentando a temperatura média normalmente encontrada nela. Esta mudança climática, aliada aos cada vez mais contínuos períodos de estiagem, tem provocado um desabastecimento acima do normal, com racionamentos de água quase insuportáveis para a população, tornando desta maneira o abastecimento de água uma questão de prioridade número 1 para a região.

Neste panorama preocupante e conflitivo, está inserido o estudo do presente trabalho, procurando levantar as condições atuais de forte escassez de água, as demandas cada vez maiores, e os problemas ambientais que já se observam na região. O estudo do reuso para a região de Cochabamba, procura mostrar de forma planejada que seria possível sua implementação de forma adequada e não persistir na forma errada de aproveitamento atual, colocando em risco a saúde dos agricultores da zona e os habitantes da região de uma maneira geral.

4.2.- ÁREA DE ESTUDO

O Departamento de Cochabamba é um dos 9 em que está dividido politicamente a república da Bolívia. Está localizado no centro geopolítico do país, limitando com os Departamentos de La Paz e Oruro pelo lado Oeste, Santa Cruz de la Sierra pelo Leste, Beni pelo Norte, e os Departamentos de Potosi e Chuquisaca pelo lado Sul. Apenas não limita com os Departamentos de Pando no extremo Norte do país e com o Departamento de Tarija no extremo Sul conforme indicado no mapa da Figura 3.1.

Geograficamente, o Departamento de Cochabamba incorpora em sua extensão superficial de mais de 55.000 Km², duas situações distintas com uma interação entre elas, pois por um lado a maior parte do território tem a característica de região amazônica e tropical, passando em seguida a ter características de região montanhosa e de cordilheira. Na interface entre ambas regiões, estão localizados a maioria dos vales do Departamento, entre os quais está o vale central de Cochabamba ou simplesmente denominado de Vale de Cochabamba, cuja localização está indicada na Figura 3.2. Sua altitude em relação ao nível do mar é de 2.560 metros, apresentando um relevo superficial de declividade mínima, quase plana, estando ainda rodeada pelas estribações laterais do ramal oriental da Cordilheira dos Andes, no pé da cordilheira do Tunari, cujo pico máximo tem aproximadamente 5.200 metros de altitude e tem o mesmo nome.

O Departamento de Cochabamba, está politicamente dividido em 15 Provincias: Ayopaya, Chapare, Arani, Carrasco, Arque, Tapacari, Quillacollo, Cercado, Capinota, Esteban

Arce, Cliza, Punata, Mizque, Campero e Bolívar. A maioria destas províncias, estão localizadas na região montanhosa e de cordilheira do Departamento.

A estratégia para o desenvolvimento do Departamento de Cochabamba, elaborada por CORDECO durante os anos de 1978 a 1982, nos capítulos referentes ao uso e manejo dos recursos hídricos, identificou os problemas e as potencialidades deste setor. Por outro lado, nesta estratégia estão difundidas as diretrizes para o desenvolvimento dos recursos hídricos bem como o lançamento das linhas de ação necessárias para o desenvolvimento dos diferentes sub-setores, tais como: água potável, irrigação, geração de energia elétrica, manejo de bacias e navegação fluvial juntamente com medidas para o marco institucional.

4.2.1.- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO DENTRO DO DEPARTAMENTO

Segundo GONZALEZ (1986) o plano mestre elaborado por CORDECO, pretende lograr a utilização racional e o controle dos recursos hídricos do Departamento. Dentro da estratégia geral elaborada, tem-se identificado 7 Distritos de Desarrollo Rural (DDR) no Departamento, considerando principalmente suas características sócio-econômicas similares e complementares. Os 7 DDRs estão indicados na Figura 3.2 e são os seguintes:

- Distrito de Desarrollo Rural del Valle Alto;
- Distrito de Desarrollo Rural del Valle Central (*);
- Distrito de Desarrollo Rural del Valle Bajo;
- Distrito de Desarrollo Rural del Sur;
- Distrito de Desarrollo Rural del Nor-oeste;
- Distrito de Desarrollo Rural del Norte.

(*) : abrange a área de estudo do presente trabalho

Deve-se destacar que os limites destes DDRs, não estão ajustados com os limites normalmente utilizados no planejamento dos recursos hídricos, como são as divisórias de águas entre as bacias hidrográficas. O DDR do Valle Central, por sua vez está dividido em 3 zonas: zona Central, zona Vinto, e zona Sacaba. O Valle Central, está localizado no quadrilátero

formado pelas coordenadas $66^{\circ}21'$ e $66^{\circ}9'$ de longitude Oeste e pelas coordenadas $17^{\circ}26'$ e $17^{\circ}23'$ de latitude Sul.

Na zona central do DDR do Valle Central, está localizada a cidade de Cochabamba. Outras cidades menores componentes do Valle Central são: Quillacollo, Sacaba, Vinto, Tiquipaya, Sipe Sipe e Colcapirua, conformando desta maneira a região metropolitana de Cochabamba, com uma população aproximada de 600.000 habitantes (TAMS, 1992). Na Figura 4.1 estão indicadas as principais cidades do Valle Central, bem como estão indicados os principais rios da região.

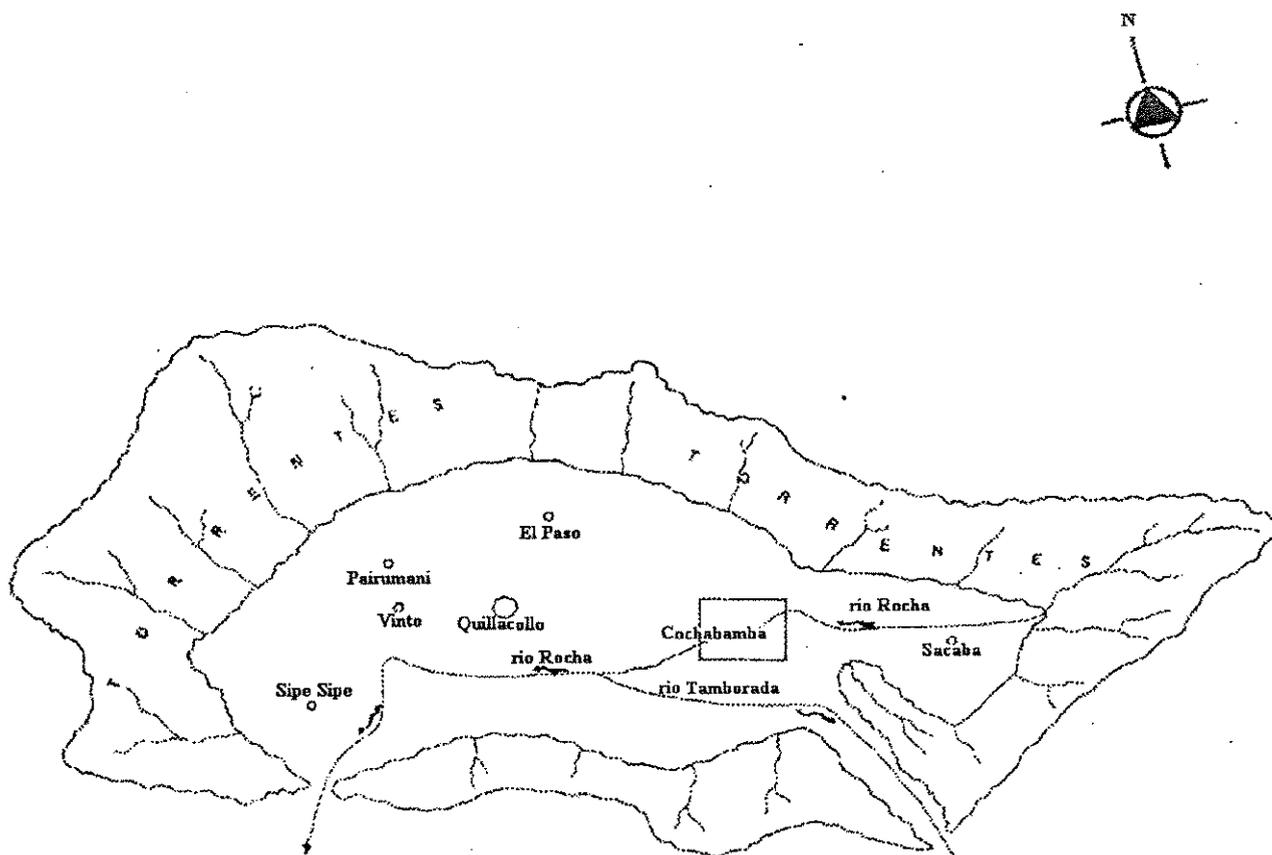


Figura 4.1.- Principais cidades do Valle Central e sua rede hidrográfica

FONTE: Adaptado de TAMS (1992)

Geograficamente o Valle Central inclui parte das províncias de Quillacollo e Chapare e a totalidade da província Cercado que é a que abrange a cidade de Cochabamba. A distribuição

superficial do Valle Central em relação ao uso do solo segundo NOSA (1993) está indicada no Quadro 4.1 .

Quadro 4.1.- Tipo de uso do solo no Valle Central do Departamento de Cochabamba

Tipo do uso do solo	Superficie (ha)
Uso urbano	7.900
Uso não agrícola	6.280
Principais rios e torrentes	1.700
Superficie bruta para fins agrícolas	28.050
Superficie física total	44.000

FONTE: NOSA (1993)

Por sua vez, a distribuição física das 3 zonas componentes do Valle Central de acordo com sua superfície para fins agrícolas, está indicada no Quadro 4.2 .

Quadro 4.2.- Distribuição da superfície agrícola dentro do Valle Central

Zona	Superficie bruta (ha)
Zona Central	14.180
Zona Vinto	7.880
Zona Sacaba	5.220
Total da superfície agrícola	28.050

FONTE : NOSA (1993)

De acordo com NOSA (1993) recentes estudos de viabilidade realizados por uma firma de consultoria americana, calculou-se a área agrícola útil em 18.100 hectares. Deste total disponível, prevê-se irrigar 10.842 hectares com o Projeto Múltiple Misicuni.

Dentro da zona central, está localizada a cidade de Cochabamba, a mesma que segundo TORRICO (1993) no último censo realizado em 1992 mostrou uma população urbana de 404.000 habitantes, com uma taxa de crescimento populacional de 4,34 % por ano. A cidade de Cochabamba é a terceira do país em importância, estando atrás apenas das cidades de La Paz e de Santa Cruz. As principais atividades econômicas da região são a agricultura, o comércio e a indústria, sendo também um importante centro cultural do país. A atividade agropecuária tem diminuído substancialmente nos últimos anos, principalmente devido à escassez de água, provocando assim uma crescente migração rural para outras regiões do país, entre as quais estão a região tropical do Departamento. Por outro lado, a cidade sofre um crônico desabastecimento de água potável, água para irrigação agrícola e água para uso industrial, limitando desta maneira o nível de desenvolvimento da região e prejudicando a qualidade de vida dos seus habitantes.

4.2.2- O CLIMA

Segundo GONZALEZ (1986) a disponibilidade de recursos hídricos no Departamento de Cochabamba, está classificada em 3 regiões diferentes que são:

- Zona úmida a muito úmida, com precipitação pluvial maior a 1.400 mm/ano, e com uma média de 110 a 170 dias de chuva ao ano. Esta zona abrange a maior parte das províncias Ayopaya, Chapare, Arani e Carrasco. Existe um excesso de recursos hídricos que favorece sua utilização na geração de energia elétrica e torna necessário a construção de obras de controle de vazão e de drenagem;

- Zona sub-úmida, com precipitações pluviais variando de 600 a 1.400 mm/ano, com um índice de umidade suficiente para o desenvolvimento de culturas. Esta zona abrange a parte alta das cordilheiras que atravessam o Departamento, entre as quais tem-se a cordilheira do Tunari por exemplo;

- Zona semi-árida, com precipitação pluvial variando de 350 a 600 mm/ano , e uma média de 65 a 85 dias de chuva por ano. Esta zona abrange integralmente as provincias de Arque, Tapacarí, Quillacollo, Cercado, Capinota, Esteban Arce, Cliza, Punata, Mizque e Campero, cobre ainda parte das provincias Ayopaya, Chapare, Arani e Carrasco. Nesta zona, encontram-se localizados os principais vales do Departamento, realiza-se a maior parte da atividade agrícola e concentra-se a maior parte da população.

LOPEZ (1993) estabeleceu índices de precipitação pluvial mais específicos e melhor localizados, assim, afirma que na zona do Valle Central e mais concretamente na região correspondente à área de estudo. O índice varia de 400 a 500 mm/ano, enseguida este índice vai aumentando em direção ao norte onde estão localizados as partes mais altas da Cordilheira do Tunari, o valor chega a ter índices médios de 1.000 mm/ano na zona divisória de águas. Este autor afirma ainda, que na zona da Cordilheira há registros de precipitações maiores, com valores entre 1.500 e 1.600 mm/ano. Estes valores logo diminuem gradualmente em direção mais ao norte, chegando aos 700 mm/ano como limite inferior. Posteriormente, os valores aumentam na direção rumo ao norte , isto é entrando na zona tropical do Departamento, nesta zona os índices de precipitação pluvial estão aproximadamente entorno de 4.000 mm/ano, chegando a ter registros de índices de 5.000 mm/ano na região de Todos Santos.

A combinação da altitude e latitude do Valle Central, produz um clima temperado ao longo do ano. O vale conta também com um alto nível de radiação solar, características que conjuntamente a existencia de solos aluviais profundos, outorgam condições ideais para uma ampla gama de atividades agrícolas, hortícolas e pecuárias de alto valor agregado (TAMS, 1992).

A classificação climatológica da região objeto deste estudo, segue as diretrizes elaboradas por autores como Knoche, De Martonne, Blair, Koppen, e Thornthwaite. Para a realização da classificação pelos distintos métodos dos respectivos autores citados, serão levados em conta os dados levantados junto ao “Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia” (SENAMHI). Estes dados são relativos a 40 anos de medições realizadas na estação meteorológica de Cochabamba, localizada nas coordenadas 17°24'58” de latitude Sul e 66°10'28” de longitude Oeste , e uma altitude sobre o nível do mar de 2548,1 metros, o

período das medições é de 1950 a 1989. Os parâmetros mais interessantes observados para o presente trabalho e seus respectivos valores estão indicados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1.- Resumo meteorológico dos dados levantados por SENAMHI na estação meteorológica de Cochabamba (Latitude 17°24'58" Sul e Longitude 66°10'28" Oeste) localizada a uma altitude de 2548,1 acima do nível do mar para 40 anos de 1950 a 1989

Mes	Dias com precipitação	Precipitação média (mm)	Temperatura média (°C)
Janeiro	17	121,5	19,0
Fevereiro	15	92,5	18,5
Março	11	60,5	18,6
Abril	5	20,8	18,0
Mai	2	4,1	15,9
Junho	0	1,0	14,1
Julho	1	1,9	14,1
Agosto	2	5,3	16,0
Setembro	3	8,0	18,3
Outubro	5	18,3	20,2
Novembro	8	43,6	20,6
Dezembro	14	90,7	19,6
Somatória ou Média	83	468,2	17,7

FONTE: Adaptado de SENAMHI (1994)

4.2.2.1.- CLASSIFICAÇÃO CLIMATOLÓGICA SEGUNDO O ÍNDICE DE KNOCHE

Da Tabela 4.1 , obtem-se os seguintes valores:

- Número de dias de chuva = n = 83
- Precipitação média anual = p = 468,2 (mm)
- Temperatura média anual = T = 17,7 (°C)

$$\text{Índice de Knoche: } \frac{(n \times p)}{100(T + 10)} \quad (4.1.)$$

substituindo-se valores na equação 4.1, tem-se:

$$\text{Índice de Knoche: } \frac{(83 \times 468,2)}{100(17,7 + 10)} = 14,35$$

Comparando o valor calculado com a classificação indicada por Knoche indicado no Quadro 4.3 , pode-se dizer que o mesmo está compreendido no intervalo que vai de 0 a 25, portanto, segundo o Índice de Knoche, o grau de aridez da região é considerado: **aridez extrema**.

Quadro 4.3.- Classificação do grau de aridez segundo Knoche

Índice	Aridez
0 - 25	extrema (*)
25 - 50	severa
50 - 75	normal
75 - 100	moderada
> 100	pequena

(*) = 14,35 está neste intervalo

FONTE: Adaptado de HERNÁNDEZ (1992)

4.2.2.2.- CLASSIFICAÇÃO CLIMATOLÓGICA SEGUNDO O ÍNDICE DE De MARTONNE

Da Tabela 4.1 , obtem-se os seguintes valores:

- Precipitação média anual = p = 468,2 mm

- Temperatura média anual = T = 17,7 °C

$$\text{Índice de DeMartone: } \frac{p}{(T + 10)} \quad (4.2)$$

Substituindo-se os valores na equação 4.2, obtem-se:

$$\text{Índice de DeMartonne: } \frac{468,2}{(17,7 + 10)} = 16,90$$

Comparando-se o valor encontrado para a região, com os valores sugeridos pelo autor indicados na Quadro 4.4, pode-se dizer que sua classificação é: **Zona de transição, com escoamento temporário.**

Quadro 4.4.- Classificação climatológica segundo o Índice de De Martonne

Índice	Classe
0 - 5	Deserto
5 - 10	Estepa desértica com possibilidades de ter culturas irrigadas
10 - 20	Zona de transição, com escoamento temporário (*)
20 - 30	Escoamento com possibilidades de ter culturas sem irrigação
30 - 40	Escoamento forte e contínuo, existência de bosques
> 40	Excesso de escoamento

(*) = o valor calculado 16,90 está neste intervalo

FONTE: Adaptado de HERNÁNDEZ (1992)

4.2.2.3.- CLASSIFICAÇÃO CLIMATOLÓGICA SEGUNDO O ÍNDICE DE BLAIR

Este tipo de classificação climatológica é indicada diretamente pela simples comparação do valor de precipitação média anual, com os valores sugeridos pelo autor e indicados no Quadro 4.5 .

Quadro 4.5.- Classificação climatológica segundo o Índice de Blair

Precipitação média anual (mm)	Tipo de clima
0 - 250	árido
250 - 500	semi-árido (*)
500 - 1000	sub-úmido
1000 - 2000	úmido
> 2000	muito úmido

(*) = O valor 468,2 mm encontrado na Tabela 4.1 , encontra-se neste intervalo

FONTE : Adaptado de HERNÁNDEZ (1992)

Comparando-se o valor encontrado na Tabela 4.1 diretamente com os valores sugeridos por Blair, pode-se dizer que o tipo de clima para a região é **semi-árido**.

4.2.2.4.- CLASSIFICAÇÃO CLIMATOLÓGICA SEGUNDO O ÍNDICE DE KOPPEN

A classificação climatológica segundo este índice, leva em conta diretamente o conceito de vegetação natural como a melhor expressão do clima. Por outro lado, este tipo de classificação tem a vantagem de considerar fundamentais os parâmetros como a temperatura e as características sazonais da precipitação pluvial. A classificação de Koppen, distingue claramente 5 grandes grupos e 11 tipos principais de clima (VIANELLO & ALVES , 1991).

A classificação climatológica para a região objeto deste estudo de caso, está baseada nas diretrizes de Koppen em base ao trabalho com os ábacos respectivos para a distribuição das chuvas ao longo do ano. Desta maneira, conforme análise dos dados da Tabela 4.1 , pode-se observar que o regime pluvial do Valle Central, caracteriza a sazonalidade da ocorrência de chuvas máximas no Verão. Portanto, pode-se utilizar o ábaco de classificação climatológica direta indicada na Figura 4.2

ÁBACO III – Chuvas Máximas no Verão

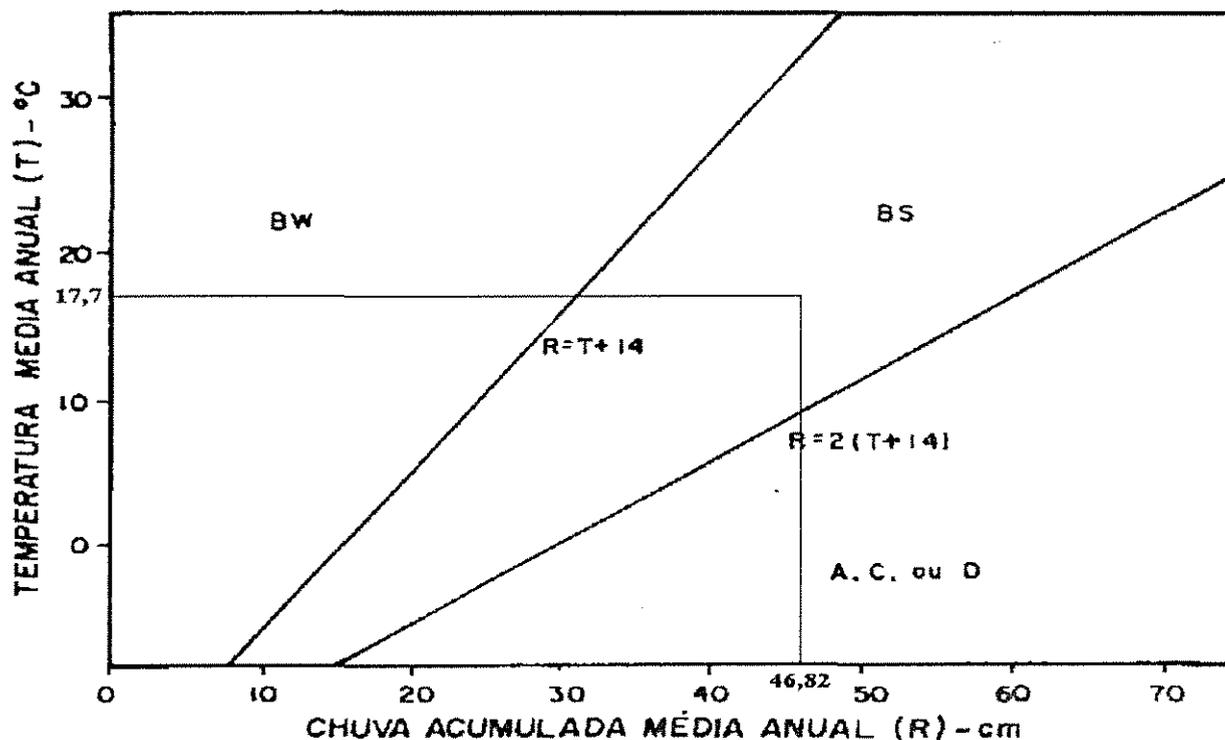


Figura 4.2.- Ábaco de classificação climatológica segundo o Índice de Köppen indicando as coordenadas respectivas para a região do Valle Central

FONTE: Adaptado de VIANELLO & ALVES (1991)

De acordo com a Figura 4.2, pode-se notar que a classificação climatológica para o Valle Central, com os valores apresentados tanto para temperatura quanto para precipitação pluvial, está perfeitamente enquadrada no grupo BS. Isto significa que o tipo de clima da região é: clima seco do tipo estepe. Entretanto, há ainda outras sub-divisões para uma melhor classificação, desta maneira, analisando a Tabela 4.1, pode-se notar que a época mais seca coincide com o Inverno, comportando mais de 1 mes com precipitação média inferior a 60 mm e observando ainda que a relação entre a precipitação mensal mínima e a máxima é inferior a 0,1, pois para o Valle Central esta relação corresponde a menos de 0,01. Uma vez analisados todas estas condições climatológicas, pode-se finalmente classificar em definitiva o clima para a região como: **Clima seco do tipo estepe, cuja precipitação máxima ocorre no Verão e onde**

a época mais seca coincide como o Inverno no hemisfério correspondente, comportando pelo menos um mês com precipitação em média inferior a 60 mm e cujas precipitações mensais mínima e máxima tem uma relação inferior a 0,1 , na simbologia utilizada por Koppen corresponde a : Bsw.

4.2.2.5.-CLASSIFICAÇÃO CLIMATOLÓGICA SEGUNDO

THORNTHWAITTE & MATHER 1955

A classificação climatológica de Thornthwaite é uma das mais amplamente utilizadas, devido principalmente a que propicia a formulação e obtenção do balanço hídrico para qualquer região. Para isto, o método de Thornthwaite leva em conta aspectos básicos da meteorologia, tais como: temperatura, precipitação pluvial e evapotranspiração potencial. No presente trabalho, utilizou-se o modelo BALHID desenvolvido pelo Centro de Pesquisa e Aprendizado em Agricultura (CEPAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Este modelo está baseado no método de Thornthwaite 1955, e para sua aplicação precisa ser alimentado com dados da região objeto do estudo. No caso do presente estudo de caso, os dados utilizados foram os levantados pelo SENAMHI, referentes a 40 anos (1950 a 1989), além disso, adotou-se o dado de armazenamento máximo igual a 100 mm por não se dispor dele no trabalho do SENAMHI.

Na alimentação do modelo BALHID, utilizam-se os dados de temperatura média mensal, precipitação média mensal e o valor adotado de 100 mm para o armazenamento máximo. Além destes valores, digita-se os dados relativos à estação meteorológica, sua altitude em relação ao nível do mar, suas coordenadas geográficas de latitude e longitude e a localidade na qual se deseja saber o balanço hídrico.

Após processamento do modelo BALHID, os resultados obtidos são os parâmetros e valores indicados no anexo deste trabalho. A partir de estes dados , obtém-se a classificação climatológica para a região estudada, obtém-se também o Índice hídrico e principalmente os dados de evapotranspiração potencial, os mesmos que devidamente conjugados com os dados da precipitação, servirão para a obtenção gráfica do balanço hídrico. O gráfico original

produzido pelo modelo BALHID está indicado no anexo deste trabalho. Na Figura 4.3 está indicada o gráfico corresponde ao balanço hídrico produzido em base aos dados do modelo BALHID aplicando-se o aplicativo EXCEL 5.0 da versão para Windows 3.1 .

O modelo BALHID, também proporciona os seguintes dados:

- Índice hídrico = -25,5
- **Clima semi-árido , mesotermico.**

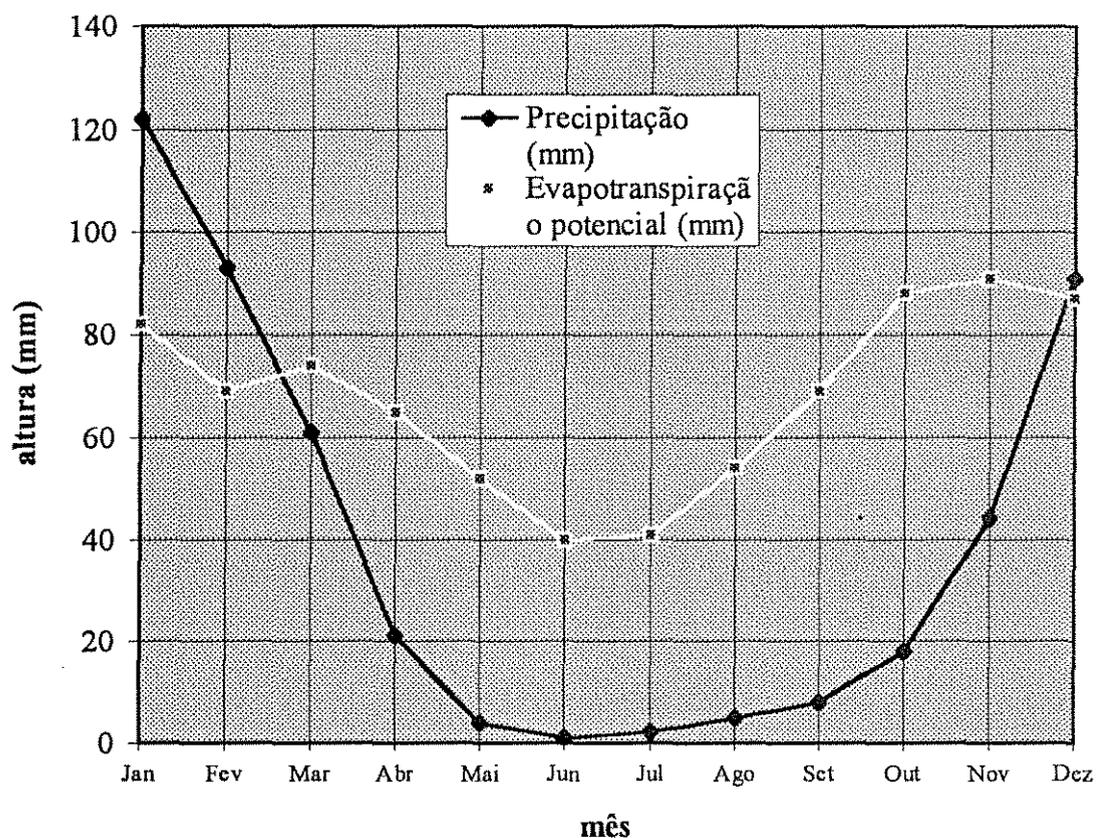


Figura 4.3.- Gráfico do Balance Hídrico para a região de Cochabamba, obtido a partir dos dados levantados por SENAMHI durante o período de 1950 a 1989 na estação meteorológica Aasana, aplicando-se o modelo BALHID para o cálculo da evapotranspiração potencial

Após classificação climatológica baseada em diversos índices de diferentes autores, a maior parte dos quais classificou a região do Valle Central como sendo de clima semi-árido ou de características desta natureza, no presente trabalho fica adotado o índice de Thornthwaite como o mais adequado.

CAPÍTULO 5

PROPOSTA DE REUSO DIRETO PARA A REGIÃO DO VALLE CENTRAL DO DEPARTAMENTO DE COCHABAMBA NA REPÚBLICA DA BOLÍVIA

5.1.- INTRODUÇÃO

A proposta de reuso planejado neste capítulo, pretende alcançar até o nível da formulação das estratégias para os prazos adotados. Neste sentido, o processo de planejamento deste trabalho, considera os prazos : curto prazo ou ano 2.000 ; médio prazo ou ano 2.005 e longo prazo ou ano 2.015.

A sistematização do processo de planejamento deste trabalho, está baseada em grande parte no trabalho realizado por HERNANDEZ (1992) , levando em conta aspectos básicos para dar sustentabilidade ao processo. Entre estes aspectos ou etapas do processo adotado neste trabalho, podem ser citados os seguintes:

- a) Determinação do objetivo geral e dos objetivos específicos;
- b) Inventariação dos recursos naturais água e solo;
- c) Elaboração de um diagnóstico preliminar para a região;
- d) Formulação das estratégias para os prazos curto, médio e longo.

O planejamento é um processo que se leva a cabo com a finalidade de ajudar na identificação de um plano ótimo de ações e medidas de acordo com os melhores interesses públicos. Isto pode ser alcançado, se além de combinar adequadamente os aspectos econômicos, sociais, tecnológicos e ambientais, o público afetado participa deste processo de planejamento, de tal maneira que seus interesses e preferências incidam na seleção final do caminho a ser seguido.

No presente trabalho, leva-se em conta na medida do possível a participação da comunidade, através da elaboração de um questionário baseado nos princípios do método Delphi sobre o tema, para saber a opinião de autoridades regionais e locais, instituições e profissionais especialistas no assunto.

5.2.- DETERMINAÇÃO DO OBJETIVO GERAL E DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Define-se como objetivo geral deste capítulo do trabalho, a elaboração de um estudo preliminar para implementação de um programa de reuso a nível regional, identificando e analisando para isto as condições intrínsecas da área de estudo escolhida. Este objetivo, está atrelado com outros conceitos mais abstratos e transcendentais como são a melhoria da qualidade de vida, a melhoria da qualidade ambiental e o desenvolvimento local e regional. Para isto, o processo de planejamento elaborado a seguir, pretende alertar para o manejo racional dos escassos recursos hídricos, integrando e balanceando o reuso como uma medida de conservação de água e de minimização dos problemas ambientais decorrentes da poluição hídrica.

Os objetivos específicos deste capítulo podem ser definidos como sendo: Incrementar a oferta de recursos hídricos à região através do reuso das águas residuárias tratadas, minimizar os impactos ambientais negativos produzidos pela descarga das águas residuárias “in natura” no leito geralmente seco dos rios temporais da região, incentivar o aumento do nível de tratamento das águas residuárias como forma de obter um novo recursos hídrico aproveitável e de evitar a deterioração ambiental decorrente do não tratamento, promover a conservação de água destinada ao abastecimento potável que é utilizada para atividades como a irrigação agrícola e ,

finalmente, contribuir ao melhor conhecimento da problemática da região e orientar sua possível mitigação de escassez de água.

5.3.- INVENTARIAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS ÁGUA E SOLO

5.3.1.- INTRODUÇÃO

Consideram-se os recursos naturais água e solo, devido a que ambos constituem as bases para o desenvolvimento da região, a mesma que ainda é fundamentalmente de características agropecuárias. Também analisa-se a contribuição das águas residuárias, que mesmo não sendo um recurso hídrico natural, mas pelo contrario produto do uso da água potável pela comunidade, configuram assim um recurso hídrico alternativo ou não convencional. Desta maneira, por ser a região de estudo de características semi-áridas, as águas de reuso, constituem-se em um recurso importante.

5.3.2.- O RECURSO ÁGUA

É o principal a ser estudado, pois sua abundância ou escassez, origina uma série de situações que afetam ao ser humano, incluindo aspectos da própria existência. De acordo com o tipo de sua manifestação no meio ambiente, este recurso pode ser subdividido nos seguintes componentes:

- Águas de chuva;
- Águas superficiais provenientes da represa “La Angostura”;
- Águas superficiais provenientes das “Torreteras”;
- Águas superficiais provenientes da reversão de bacias hidrográficas;
- Águas subterrâneas;
- Águas de reuso.

Para um melhor entendimento de cada um dos tópicos indicados, serão desenvolvidas suas características e potencialidades por separado. O inventário dos recursos hídricos da

região objeto do estudo, está necessariamente incluída dentro de um espectro maior do sistema de abastecimento de água para o Valle Central. Trata-se do projeto MISICUNI , o qual consiste na captação de água de chuva nas altas depressões da parte superior norte da Cordilheira do Tunari que circunda o vale. É uma zona onde a precipitação pluvial é maior do que no vale, chegando a ter índices de 1.500 a 1.600 mm/ano (LOPEZ , 1993).

O fato de a área de estudo estar incluída dentro do projeto Misicuni , deve-se a que ela é apenas uma parte do Valle Central, ou seja, a área de estudo é abastecida com água para irrigação proveniente da represa de “La Angostura” através de um sistema de distribuição por canais. O sistema de irrigação e abastecimento de água industrial da represa é gerenciado pelo “Sistema Nacional de Riegos No.1” (SNR 1). O abastecimento de água industrial do SNR-1, está destinado maioritariamente para a refinaria de petróleo “Gualberto Villarroel” , localizado a 7 quilômetros da cidade de Cochabamba.

5.3.2.1.- ÁGUAS DE CHUVA

Como já foi indicado anteriormente no item 4.2.2 , a precipitação pluvial média na área de estudo, está entre 400 a 500 mm/ano. Tomando-se como referência a série histórica de 1950 a 1989 (40 anos) , pode-se ver que a precipitação média é de 468,2 mm/ano conforme indicada na Tabela 4.1. Este índice transformado em volume de água levando em conta a área de 28.050 hectares referentes ao total da superfície agrícola do Valle Central , é de pouco mais de 131 milhões de metros cúbicos por ano, sem levar em conta fatores como a evapotranspiração e a infiltração, por exemplo. Por outra parte, conforme está indicado na Figura 5.1 , o balance hídrico para 1993 para a região, pode-se afirmar que não apenas nesse ano mas historicamente, o balance hídrico tem sido deficitário, pois a precipitação é muito menor do que a evapotranspiração. Desta maneira, a quantidade de chuva que cai, não é suficiente para satisfazer as necessidades da região.

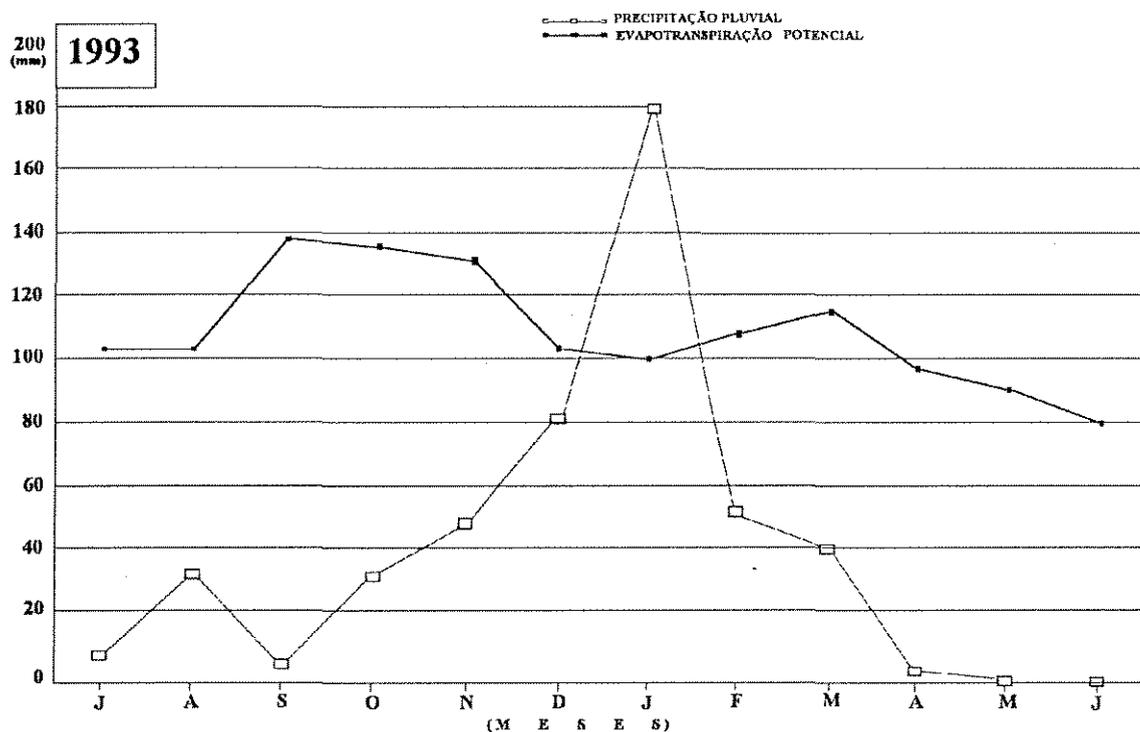


Figura 5.1.- Balance hídrico de 1993 em base aos dados levantados na estação meteorológica Aasana para o Valle Central

FONTE: Adaptado de SENAMHI (1994)

O déficit de água de chuva, torna-se muito mais crítico ainda quando se pensa em abastecer à população, à agricultura e à indústria da região. O índice médio de precipitação pluvial indicado, não consegue atualmente abastecer nem sequer o setor de consumo municipal ou doméstico, quanto menos os setores agrícola e industrial e outros consumos consuntivos menores.

5.3.2.2.- ÁGUAS SUPERFICIAIS DAS “TORRENTERAS”

As “Torreteras” ou torrentes, nada mais são do que depressões ou fendas do maciço montanhoso da cordilheira do Tunari. Estes torrentes, estão dispostos em forma de leque ou fendas sucessivas ao redor do Valle Central, formando assim um semicírculo que fecha o vale, tanto pelo lado Oeste como pelo lado Norte. As depressões existentes em forma de leque, formam várias micro-bacias hidrográficas que captam e aportam com água superficial ao Valle Central.

Ao redor do Valle Central, estão configuradas 38 micro-bacias, uma destas é a micro-bacia do Taquiña. Está sendo estudada profundamente através de um projeto piloto de cooperação técnica entre CORDECO e COTESU (Cooperação Técnica Suíça). O projeto prevê o estudo completo da problemática das micro-bacias, inclusive no tocante aos seus recursos hídricos e seu manejo integral. Tomou-se como objeto de estudo a micro-bacia do Taquiña, por ser a que está mais cerca da cidade de Cochabamba e ser potencialmente a que mais riscos representa para a segurança da cidade, além de ser favorecida pela sua área reduzida de apenas 20 Km² de extensão superficial.

Os torrentes que se direcionam para o Valle Central, representam aproximadamente 800 Km² de extensão superficial, é uma área importante, haja visto que toda a área do vale é de pouco mais de 2.000 Km². Os torrentes geralmente tem inclinações elevadas e regime hidráulico turbulento provocando com que a maior parte do seu escoamento superficial se produza na época de chuvas. Devido às condições topográficas, torna-se bastante difícil regular e aproveitar as águas das torrentes (LOPES , 1993).

Por outro lado, existem inúmeras lagoas ao longo da linha divisória de águas da cordilheira. Tem-se inventariado mais de 200 micro-lagoas, porém observou-se que a maioria destas tem proprietário e são as comunidades de camponeses que habitam a cordilheira e particularmente aquelas que habitam as micro-bacias e o pé do maciço montanhoso.

LOPEZ (1993) indica que na atualidade existe um estudo de pré-viabilidade denominado “Proyecto de Desarrollo Alternativo Sacaba” , onde estão sendo inventariados de forma minuciosa todas as lagoas bem como todas as possibilidades de seu aproveitamento hídrico para o vale. Uma das primeiras conclusões do diagnóstico preliminar diz que o sistema

hídrico é muito complexo e que o potencial a ser aproveitado, por um lado devido à própria complexidade do sistema e por outro devido a que a maioria das lagoas já tem dono, é que, evidentemente pode ser melhorado o atual esquema de aproveitamento, porém não se pode esperar um incremento significativo na produção de água. Desta maneira, o que seja susceptível de melhoramento servirá apenas para melhorar o atual sistema de abastecimento das comunidades camponesas que contam com sistemas de irrigação precários e quase nada será aproveitado para incrementar a oferta de água para o vale.

Pode-se dizer que os torrentes, não oferecem um potencial atrativo de aproveitamento hídrico, principalmente devido à temporalidade de sua oferta de água, ao seu alto índice de escoamento superficial, à sua significativa importância no processo de recarga de aquíferos, os mesmos que precisamente estão na sua maior parte localizados nas áreas de entrada dos torrentes ao vale, isto é nos chamados “cones de deposição”. Também pode-se dizer, que não oferecem potencial de irrigação para as zonas que não contam com sistemas de irrigação, particularmente para a zona sul do Valle de Sacaba, bem como para a parte central e oeste do Valle Central, muito menos para a região sul deste último, que é onde está localizado a área de estudo tratada no presente trabalho.

5.3.2.3.- ÁGUA DA REVERSÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Consiste na possibilidade de “importação” de água de outras bacias próximas ao Valle Central. A totalidade das bacias sujeitas à reversão, estão localizadas nas depressões elevadas do maciço montanhoso atrás da linha divisória das águas que tem fluxo para o vale, isto quer dizer que estas águas tem seu fluxo na direção nordeste da cordilheira do Tunari. Na Figura 5.2 estão indicadas as principais bacias estudadas para ter suas águas revertidas para o Valle Central, também estão indicados as diferentes Torrenteras e o aporte das águas subterrâneas para o abastecimento da região. Neste trabalho, serão estudadas as bacias dos rios Corani, Palca e Misicuni com suas duas bacias adjacentes: Putucuni e Viscachas.

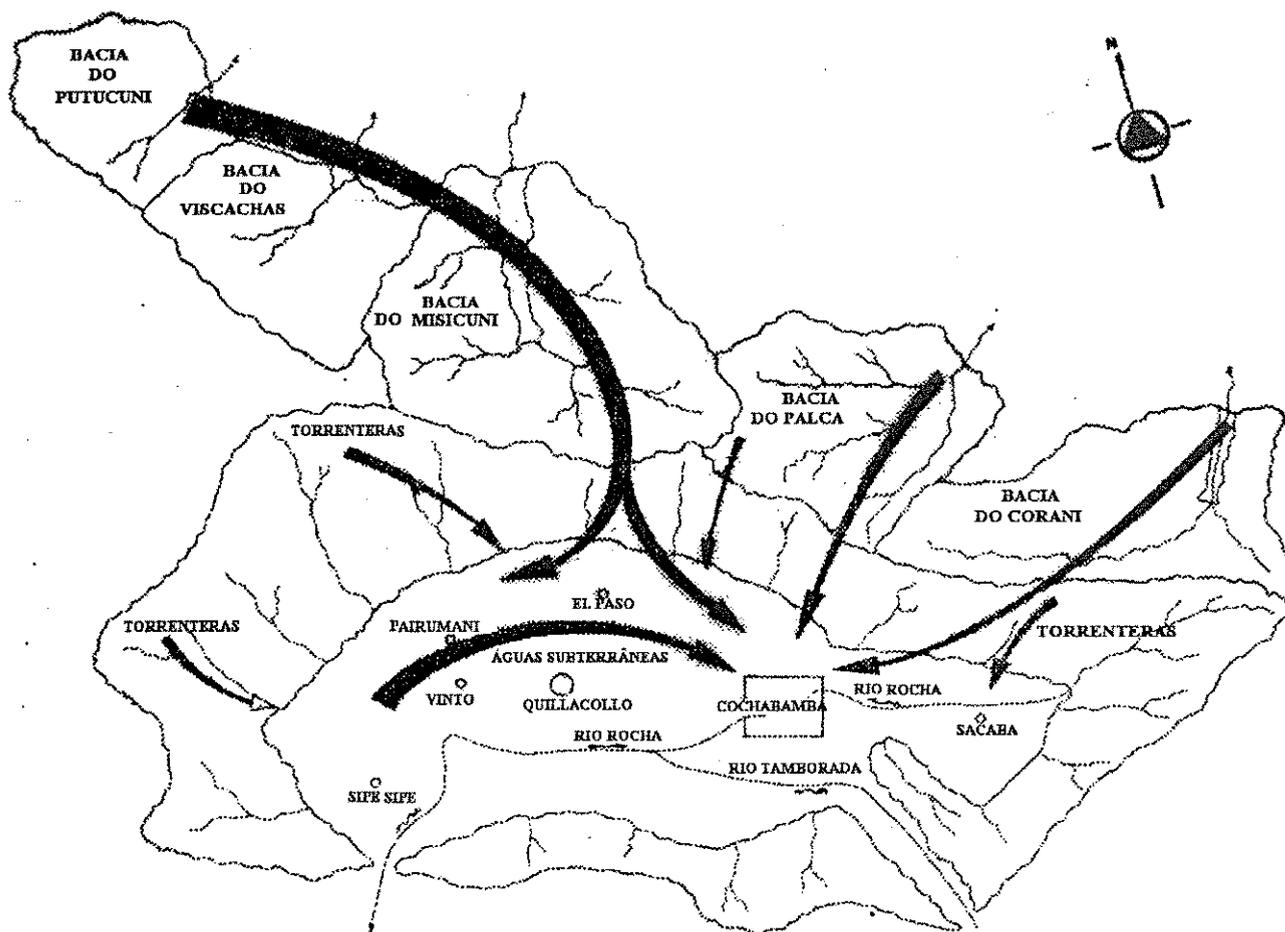


Figura 5.2.- Identificação das principais fontes de abastecimento para o Valle Central
 FONTE: Adaptado de TAMS (1992)

5.3.2.3.1.- REVERSÃO DAS ÁGUAS DA BACIA DE CORANI

A bacia do Corani está localizada na parte Nordeste da Cordilheira do Tunari. No estudo da reversão das águas desta bacia, considerou-se inicialmente a elaboração de dois perfis de projeto. O primeiro, de acordo com LOPEZ (1993) consiste na instalação de uma estação elevatória no pé da lagoa de Corani, com posterior condução até a divisória de águas. Nesta zona haveria uma pequena barragem de compensação e uma linha de descida até o vale

de Sacaba, finalmente sua condução até a cidade de Cochabamba onde todo este conjunto de medidas, parte do denominado Projeto Misicuni Bombeamento.

O aproveitamento das águas do Corani, tem-se direcionado principalmente para o abastecimento potável para a população da cidade de Cochabamba, onde esta primeira alternativa denominada simplesmente de Corani Bombeamento, tem sido dimensionada para aportar uma vazão média de 500 l/s.

A segunda possibilidade de reversão das águas da bacia do Corani, consiste na construção de um tunel de 14 Km. que iria desde a barragem de Corani até o vale de Sacaba, posteriormente desceria até a cidade de Cochabamba. Esta possibilidade de recurso hídrico, tem sido elaborada para aportar uma vazão que 1.0 metro cúbico/segundo, destinados principalmente para o abastecimento potável da cidade.

5.3.2.3.2.- REVERSÃO DAS ÁGUAS DA BACIA DO PALCA

LOPEZ (1993) indica que neste caso de reversão, foram concebidas 4 possibilidades de aproveitamento, duas delas com barragem e duas delas sem barragem. Assim, a primeira opção é denominada Palca-Barragem-Canal-Tunel, pois como seu próprio nome indica, consiste na construção de uma barragem próxima à comunidade de Palca. Esta barragem teria uma altitude de 93 metros e permitiria formar um represamento de 37 milhões de metros cúbicos. O potencial hídrico proveniente da reversão das águas da bacia do Palca, incluindo-se outros pequenos aportes ao longo da condução através de um canal, está avaliada em aproximadamente 2,0 metros cúbicos/segundo. Conforme foi indicado, esta opção hídrica leva em conta a construção de um canal de 37 Km., um tunel de 4,5 Km. e sua posterior descida até o vale de Sacaba com condução posterior até a cidade de Cochabamba. O potencial hídrico desta opção, estaria dirigida principalmente ao abastecimento potável desta cidade.

A segunda opção de aproveitamento hídrico levando em conta a construção de uma barragem de 93 metros de altura e sua condução através de um tunel que incluiria as janelas de acesso, teria um comprimento de 21 Km. , posteriormente uma descida até o Valle Central, próxima da ETA Cala-Cala de SEMAPA.

As duas opções de aproveitamento sem barragem, implicariam na construção de uma obra de captação no mesmo local onde foi estudada a construção da barragem. Poderia-se pensar por outro lado, na construção de uma pequena barragem, a mesma que devido à sua reduzida capacidade de armazenamento, seria utilizada simplesmente como barragem de regulação talvez semanal, mas nunca como barragem de regulação mensal ou anual.

A partir da captação, teria-se duas possibilidades de condução até a cidade de Cochabamba, uma delas através de um canal de 37 Km. , um tunel de 4,5 Km. e sua condução final até a cidade. Esta primeira opção permitiria o aproveitamento de aproximadamente 700 l/s desde que haja uma operação conjunta e adequada com o atual sistema de abastecimento de SEMAPA.

A segunda opção, consiste no bombeamento das águas da pequena barragem de regulação semanal. Sabe-se que os custos de bombeamento sobem proporcionalmente ao incremento da capacidade de bombeamento e a grande desvantagem desta opção é a necessidade de bombeamento de mais de 800 metros de altura. Nesta opção, considerou-se o bombeamento até a lagoa de Wara-Wara para aproveitar um pouco a regulação que esta lagoa permitiria, já que devidamente restaurada teria uma capacidade de armazenamento de 2 milhões de metros cúbicos, com posterior descida até a cidade de Cochabamba. Nesta opção de bombeamento, poderia-se ter uma vazão de aproximadamente 240 l/s , destinado exclusivamente ao abastecimento potável.

5.3.2.3.3.- REVERSÃO DAS ÁGUAS DA BACIA DO MISICUNI

A bacia do Misicuni, localiza-se ao norte do Valle Central sobre a cordilheira do Tunari e com seu fluxo hidráulico rumo à Região Amazônica do Departamento. Esta bacia tem uma extensão superficial de 350 Km², o que representa aproximadamente a quinta parte de toda a área do vale de Cochabamba, incluindo a área ocupada pelas torrenteras (LOPEZ, 1993). O estudo do aproveitamento das águas desta bacia vem de longa data, pois já nos anos 40, era cogitada como alternativa para o abastecimento do vale de Cochabamba.

A bacia do Misicuni tem uma vazão média anual de 4,4 metros cúbicos/segundo, susceptíveis de aproveitamento através da construção de uma barragem num ponto denominado

“Angosto Sivingani”. Esta barragem, permitiria represar as águas da bacia, formando um lago com um volume útil de 154 milhões de metros cúbicos. O lago de Misicuni, seria formado não somente com as águas provenientes da própria bacia, mas também com a reversão de águas de outros rios vizinhos, tais como o rio Vizcachas e o rio Putucuni, ambos localizados ao Noroeste do rio Misicuni, através da construção de dois tuneis de 9 Km de comprimento cada.

As águas represadas pela barragem de Misicuni, seriam conduzidas até o vale de Cochabamba através de um tunel de 20 Km. de comprimento, na zona denominada “Calio”, ter-se-ia uma chaminé de equilíbrio, um poço inclinado, um tunel de média pressão e um conduto forçado que conduziria as águas até uma casa de máquinas de uma central hidrelétrica de 120 MW de potência instalada.

A vazão a ser obtida com a reversão das águas dos rios Viscachas e Putucuni, aumentaria de 4,4 para 6,5 metros cúbicos/segundo de forma sustentável e garantida. Desta vazão ofertada, pode-se esperar usos como o abastecimento potável e a irrigação agrícola de 10.000 hectares, principalmente nas regiões Norte e Oeste do Valle Central.

O denominado “Proyecto Múltiple Misicuni” é um dos mais bem estudados da região e dado sua vital importância foi sub-dividido em várias opções de implementação. Uma das melhores opções para a viabilização deste projeto, consiste em sua implementação por etapas. Desta maneira, a primeira etapa consiste simplesmente na construção da barragem, inicialmente de menor altura, isto é de 105 metros, já que a potência gerada será menor do que aquele que incluisse a reversão dos rios Viscachas e Putucuni. Posteriormente a água represada é conduzida através de um tunel, para em seguida ser conduzida por conduto forçado até a central hidrelétrica com potência instalada de 80 MW e sua posterior condução até a cidade de Cochabamba, prevendo-se a irrigação de aproximadamente 6.000 hectares.

A segunda etapa do projeto, prevê a inclusão das águas revertidas do rio Viscachas, com o qual a vazão ofertada chegaria a 5,0 metros cúbicos/segundo e permitiria ampliar a área irrigada para 8.000 hectares. A terceira etapa consiste na ampliação da vazão para 6,5 metros cúbicos /segundo graças à reversão das águas do rio Putucuni, desta maneira, a fronteira agrícola irrigável seria ampliada para 10.000 hectares.

Como parte do aproveitamento das águas revertidas do rio Viscachas, pode-se ampliar a capacidade geradora da estação hidrelétrica para 120 MW. Para tanto, a altura da barragem aumentaria para 120 metros, o que ampliaria naturalmente sua capacidade de armazenamento.

Por outro lado, tem-se estudado algumas variantes da viabilização do projeto, uma das mais cogitadas e bem aceitas pelos organismos envolvidos na problemática do abastecimento de água para o Valle Central, bem como pela sociedade civil em geral é o denominado projeto de reversão dos rios Titíri e Serkheta. Este projeto, de dimensão menor e alternativo para o curto prazo de implementação, inclui os seguintes aspectos: não há construção de barragem nenhuma, não há construção da parte principal e maior do tunel, apenas constrói-se o tunel desde o lugar denominado “Ventana Intermédia” até o local de saída para o vale, localizado no lugar denominado “Portal Calio”.

Nesta extensão de tunel, ter-se-ia apenas um comprimento de 13 Km., salientando-se que as águas dos rios Titíri, Serkheta e Chaucayo seriam captadas diretamente, para posteriormente serem conduzidas até o local denominado “Malpaso Mayu”, para posteriormente serem recapturadas e conduzidas até o vale de Cochabamba. Nesta alternativa de abastecimento, tem-se a possibilidade de ofertar uma vazão de 700 l/s, destinados exclusivamente ao abastecimento potável dos habitantes da cidade.

5.3.2.4.- ÁGUAS SUPERFICIAIS DA REPRESA “LA ANGOSTURA” OU DO “SISTEMA NACIONAL DE RIEGOS No. 1”

A represa “La Angostura” é a fonte hídrica que diretamente tem influência na área de estudo do presente trabalho. A água da represa, está gerenciada pelo SNR-1 portanto quando se faz o inventário dos recursos hídricos das águas superficiais, deve-se destacar este sistema, pois além de ser uma das maiores obras de irrigação do país, é também um dos mais antigos sistemas em funcionamento (GUARAYO, 1986).

A represa foi construída no período de 1940 a 1945 com o concurso do governo boliviano e a colaboração do governo de México. Inicialmente a obra foi projetada para cobrir uma área de 10.000 hectares com um volume armazenado de 100 milhões de metros cúbicos. Ao término da obra em 1945 e graças à lei do 9 de Janeiro de 1945, criou-se o SNR-1.

Posteriormente, foi regulamentado através do “Decreto Reglamentario” No. 01264 de 8 de Julho de 1948, portanto em 1995 o SNR-1 completa 50 anos de existencia.

A infraestrutura física do sistema, está composta pela represa “La Angostura” com uma capacidade atual de armazenamento de 75 a 80 milhões de metros cúbicos, pela represa derivadora de Vera Cruz, localizada no leito do rio Sulty na altura do Km 7,5 da estrada Cochabamba-Santa Cruz, pela rede de canais cujo comprimento alcança aproximadamente a 120 Km, por diversas obras hidráulicas e de arte, tais como: aquedutos, sifões, pontilhões, drenos, estradas vizinhais e corredeiras.

A área de influência do sistema, está dividida geograficamente em 3 unidades de irrigação que abrangem zonas importantes de acordo com o seguinte detalhe:

- Unidade do Sul: Tamborada, Pucara, Itocta, Pucarita, Azirumarca, **Alba Rancho**, Caico, Cotapachi, e outras zonas menores;
- Unidade do Centro: Vera Cruz, Lacma, Champa Rancho, Maicas, Santa Rosa, Sumumpaya, Colcapírhua, e outras zonas menores;
- Unidade do Norte: Valle Hermoso, Sarco, Mayorazgo, Chiquicollo, Rummy Mayu, Colcapírhua (parte faltante), Piñami, Copacachi, e outras zonas menores.

O objetivo principal da criação do SNR-1, foi o abastecimento de água para irrigação agrícola afim de incentivar e garantir a produção agropecuária da área sob sua influência. Geograficamente o sistema localiza-se no Departamento de Cochabamba e inclui parte das Provincias Tarata, Quillacollo e Cercado. A localização da represa de “La Angostura”, está dada pelas coordenadas 17°23’09” de latitude Sul e 66°9’36” de longitude Oeste. Sua altitude em relação ao nível do mar é de 2.700 metros e está a 17,5 Km. da estrada Cochabamba-Santa Cruz.

Da projeção inicial de atender 10.000 Ha. , devido a dificuldades econômicas, políticas e mau gerenciamento, atualmente sua área de influência é de aproximadamente 5.000 hectares, beneficiando 5.000 famílias, o que por sua vez representa umas 25.000 pessoas de forma direta, mostrando desta maneira sua importancia sócio-econômica para a região. A cultura mais desenvolvida da área sob sua influência é a alfafa, pois ocupa uns 45 % da área total irrigada, o que por sua vez tem servido como a principal matéria prima alimentícia para o gado bovino

leiteiro que abastece à indústria láctea da região. A Planta Industrializadora de Leite (PIL) é a principal compradora do leite produzido pelos pecuaristas organizados em cooperativas e também de forma independente. Outras culturas importantes da região são em ordem decrescente: Milho, batata, diversas hortaliças e demais leguminosas em menor quantidade.

5.3.2.5.- ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As áreas de recarga natural dos aquíferos, estão localizados ao Norte e Oeste do Valle Central, mais precisamente no pé do “leque” de estribações do maçiso montanhoso da cordilheira do Tunari. Segundo LOPEZ (1993) os estudos sobre o aproveitamento das águas subterrâneas, datam dos anos 70 quando GEOBOL conjuntamente as Nações Unidas, realizou estudos sobre seu potencial hídrico e suas possibilidades de aproveitamento.

Ultimamente, tem sido realizados novos estudos para quantificar melhor o potencial hídrico das águas subterrâneas e assim poder realizar o balanço hídrico delas. Neste sentido, o GEOBOL em convênio de cooperação com o governo da Alemanha, vem complementando e aprofundando os estudos realizados nos anos 70. Trata-se do projeto CABAS (Cooperação Alemã-Boliviana de Águas Subterrâneas), que pretende entre outras coisas, perfurar poços profundos (400-500 metros) para quantificar e avaliar seu potencial hídrico e suas possibilidades de oferta de água para o abastecimento do Valle Central.

Por outro lado, SEMAPA tem realizado uma série de convênios de cooperação, afim de conhecer melhor e avaliar o potencial hídrico das águas subterrâneas do Valle Central. Para isto, a empresa tem incentivado projetos de pesquisa com o governo da França, entre cujos objetivos principais estão a perfuração de poços profundos (até 600 metros), o estudo das possibilidades de recarga dos aquíferos, onde no momento procura-se estimar seu potencial e suas possibilidades de aproveitamento.

Dentro das possibilidades de aproveitamento das águas subterrâneas, tem-se dividido o Valle Central em 3 zonas de desenvolvimento. A zona No. 1 localiza-se ao Oeste da comunidade de El Paso que estende-se até o cone de deposição do rio Tacata.

A zona No. 2 , vai desde o rio Tacata até praticamente a garganta de saída do Valle Central pelo seu lado Oeste e a zona No. 3 , que menor possibilidades de aproveitamento oferece, vai desde a localidade de El Paso até o estreito ou garganta de Mesadilla.

Com base nas informações preliminares do estudo dos aquíferos nas zonas já mencionadas, pode-se dizer que há estimativas de um melhor aproveitamento daquele que é realizado atualmente nos poços semi-profundos (até 150 metros). Assim, seria possível aproveitar aproximadamente até 3,0 metros cúbicos/segundo de águas subterrâneas no Valle Central (LOPEZ, 1993).

A nível institucional, o SNR-1 coordena suas atividades com outras instituições quer ao nível nacional quer ao nível departamental.

A nível nacional sua inter-relação dá-se com a “Dirección Nacional de Riegos” através da Divisão de Bacias hidrográficas, particularmente com o Departamento de Engenharia agrícola e o Departamento de Irrigação do “Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuários”(MACA). A nível departamental, relaciona-se com CORDECO, através de sua Divisão de Torrenteras e Recursos Hídricos (na atualidade é a Gerência de Recursos Hídricos e Saneamento).

A nível local, relaciona-se com SEMAPA, na questão da drenagem pluvial, que afeta principalmente o canal de irrigação norte do SNR-1, o mesmo que também é pelo volume de sedimentos transportados. efeito.

A nível regional, ainda existe relação com a Empresa Mísicuni (EM), na questão do sub-projeto de irrigação do Valle Central e finalmente relaciona-se com entidades não governamentais (ONG'S) como o CIDRE na questão da irrigação agrícola das pequenas comunidades camponesas.

As atividades do SNR-1, estão divididas entre o enchimento ou repressamento das águas no período normal de chuvas, que vai de Janeiro até Março e às vezes até Abril. Dependendo do volume represado, procede-se à determinação do programa de distribuição da água para irrigação, de Abril até Novembro ou Dezembro as vezes.

A tarifa paga pela água é irrisória e não satisfaz às necessidades mínimas de manutenção do sistema, muito menos para sua ampliação e melhoria com obras complementarias. A tarifa

da água está indexada à posse da terra, isto é, depende da área que o proprietário ou sócio da Associação de Usuários dispõe, e não está relacionada ao volume de água distribuído ou consumido pelos usuários. Parte do volume destinado à irrigação é reservada para a dessedentação do gado bovino leiteiro, especialmente em época de estiagem (GUARAYO, 1986).

5.3.2.6.- ÁGUAS RESIDUÁRIAS MUNICIPAIS TRATADAS OU ÁGUAS DE REUSO

Apesar de não serem considerados um recurso hídrico convencional ou tradicional, as águas residuárias municipais tratadas, podem ser consideradas como uma fonte hídrica quando convenientemente tratadas, tomando-se as precauções necessárias em termos de sua qualidade e seus possíveis riscos à saúde pública e ao meio ambiente, sua consideração como recurso hídrico, tem toda a possibilidade de contribuir para a mitigação do déficit na composição do balanço dos recursos hídricos, particularmente nas regiões áridas e semi-áridas como é o caso da região objeto deste trabalho.

As águas residuárias municipais da cidade de Cochabamba susceptíveis de serem tratadas pela SEMAPA, e de acordo com os dados do último censo de população realizado em 1.992, possui 454.593 habitantes, levando-se em conta não somente a cidade propriamente dita, mas também os eixos de conurbação para as cidades vizinhas de Quillacollo e Sacaba. No Quadro 5.1, está indicada a população levantada pelo censo de 1.992, bem como os setores componentes do Valle Central e suas respectivas taxas de crescimento populacional anual.

Quadro 5.1.- População levantada pelo censo de 1.992 e suas taxas de crescimento demográfico anuais

Setor levantado	População computada	Taxa anual de crescimento
Cidade de Cochabamba	404.102 habitantes	4,34 %
Eixo conurbano Quillacollo	28.661 habitantes	n.d. (*)
Eixo conurbano Sacaba	21.830 habitantes	n.d. (*)
Cidade de Quillacollo	42.153 habitantes	4,94 %
Cidade de Sacaba	15.318 habitantes	6,47 %
Total área Metropolitana	512.064 habitantes	5,11 %

(*) Não disponível

FONTE: Adaptado de TORRICO (1993)

Atualmente SEMAPA tem uma ETE localizada na zona de Alba Rancho ao Sudeste da cidade, numa área peri-urbana que embora está considerada como área agrícola, não consegue resistir ao avanço da mancha urbana e hoje encontra-se rodeada por construções residenciais. No Quadro 5.2 , estão indicados os principais dados de projeto, entre os quais estão as 3 etapas do projeto bem como suas datas de entrada em funcionamento e seu alcance de cobertura tanto em termos de vazão a tratar e população a ser atendida.

Quadro 5.2.- Principais dados de projeto da ETE Alba Rancho e suas etapas de implementação

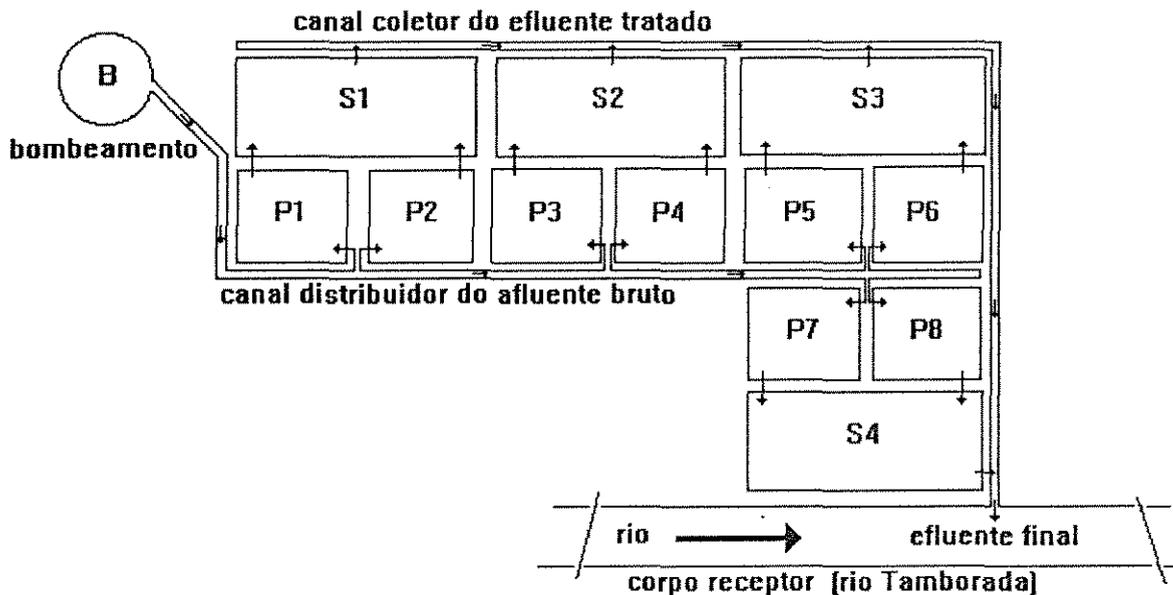
Item do projeto	1ª etapa (1988)	2ª etapa (1995)	3ª etapa (2.005)
a) População atendida (hab.)	162.170	216.374	310.996
b) Vazão a ser tratada (l/s)	402	548	804
c) Lagoas primárias:			
- Carga aplicada (Kg.DBO/Ha.dia)	400,0	400,0	400,0
- Área (Ha.)	21,89	29,21	42,0
- Profundidade (m)	1,80	1,80	1,80
- N° de unidades	8	12	16
- Largura (m) x Comprimento (m)	165 x 165	165 x 165	165 x 165
d) Lagoas secundárias:			
- Carga aplicada (Kg.DBO/Ha.xdia)	160	160	160
- Área (Ha.)	13,68	18,26	26,24
- Profundidade (m)	1,50	1,50	1,50
- N° de unidades	4	6	8
- Largura (m) x Comprimento (m)	105 x 333	105 x 333	105 x 333
e) Remoção de DBO (%)	95,92	95,92	95,92
f) Remoção de coliformes totais (%)	99,70	99,68	99,67

FONTE: Adaptado de RADA & RIVERA (1994)

Analisando o Quadro 5.2 , pode-se inferir o potencial hídrico das águas residuárias da região. Desta maneira, para 1988 estava prevista uma produção de efluente tratado de 402 l/s para uma população atendida respectivamente de 162.170 habitantes. Para 1995 estava prevista uma produção de água de reuso de 548 l/s e atendimento de uma população de 216.374 habitantes. Entretanto, baseando-se em dados levantados junto à SEMAPA , os pesquisadores RADA & RIVERA (1994) afirmam que a ETE Alba Rancho, está operando na atualidade com

50 % acima de sua capacidade de remoção de matéria orgânica projetada. Isto significa que, apesar de estar prevista a entrada em funcionamento da segunda etapa da ETE com a ampliação do número de unidades de tratamento, tal situação não aconteceu, sobrecarregando desta maneira o sistema. Por outro lado, estes autores indicam que a medição das vazões no sistema de tratamento não são inteiramente confiáveis e teriam uma variação de 28,1 %.

Desta maneira, o potencial hídrico das águas de reuso da ETE Alba Rancho, poderiam ser estimadas da seguinte maneira: Estando ainda com o número de unidades de tratamento da primeira etapa, sua vazão de projeto de 402 l/s deve ser reduzida com o percentual de variação de 28,1 % , o que resulta numa vazão aproximada de 290 l/s. Portanto, esta seria a vazão atual disponível para ser utilizada como uma fonte hídrica alternativa. Na Figura 5.2 , está indicado o esquema da ETE Alba Rancho, com suas respectivas lagoas facultativas primárias e as lagoas facultativas secundárias, além do sistema de fluxo hidráulico e o sistema de coleta dos efluentes e seu ponto de descarga final. Em termos de potencial hídrico deste tipo, pode-se esperar que haja volumes maiores suscetíveis de aproveitamento. Para isto seria necessário a implementação de novos sistemas de tratamento das águas residuárias da região. Considerando-se esta vazão produzida pela ETA, pode-se dispor de um potencial hídrico de mais de 9,1 milhões de metros cúbicos por ano.



P1 a P8 = lagoas facultativas primárias
S1 a S4 = lagoas facultativas secundárias

Figura 5.3.- Esquema da Estação de Tratamento de Esgotos Alba Rancho localizada no Sudoeste da cidade de Cochabamba

5.3.3- O RECURSO SOLO

De acordo com TAMS (1992) a área potencialmente agricultável alcança aproximadamente a 15.000 hectares, das quais somente 4.300 tem algum sistema de irrigação precário no Valle Central.

A agricultura tradicional do Valle Central, está constituída por grãos, legumes e tubérculos e estes produtos ao não contar com uma provisão permanente de água, apresentam baixo rendimento de produção e comercialização.

Nas áreas sob irrigação, a atividade agrícola é mais intensa com culturas como: legumes, flores, frutas e espécies forrageiras. Nestas áreas, obtem-se uma produção maior para sua comercialização na cidade de Cochabamba, e também nos mercados de Santa Cruz e La

Paz no interior do país, e em mercados externos como Argentina, Brasil e Estados Unidos da América.

Existe um potencial real para a incentivação da agricultura de alto valor agregado, devido a que o Valle Central conta com várias estações experimentais de desenvolvimento agrícola, além de contar com um sistema de estradas bem desenvolvido e abrangente, ter um adequado abastecimento de energia elétrica e ainda servir de enlace e situação privilegiada geograficamente para a interação dos mercados externo e interno através das vias aérea, terrestre e ferroviária. Por outra parte, existe atualmente uma nova infraestrutura agroindustrial básica susceptível de crescer na medida em que se incrementa a produção agrícola (TAMS, 1992).

De acordo com NOSA (1993) o sistema de produção agrícola do Valle Central apresenta as seguintes condições: geralmente tem-se uma agricultura tradicional, freqüentes e prolongas estiagens, razão pela qual as áreas agricultáveis rendem somente uma safra anual para a maioria das culturas, entre cujas principais estão a batata, trigo, cevada e milho, mesmo utilizando as águas superficiais provenientes das "torrenteras", as mesmas que oferecem a possibilidade de se praticar uma agricultura semi-intensiva.

Sem dúvida, há um marcado déficit de água na região. O sistema de irrigação é rígido e independente dos requerimentos reais das culturas, entre as principais culturas que dependem da irrigação estão diversas hortaliças, alfafa, flores e espécies frutícolas, bem como uma importante atividade pecuária.

Por outra parte, é importante indicar que atualmente os sistemas tradicionais de manejo dos solos e da água, provocam o desperdício de água, a redução da superfície irrigável, a salinização progressiva dos solos e a modificação do seu pH (NOSA, 1993).

A implementação do projeto múltiple Misicuni, dentro do seu componente de água para irrigação agrícola, prevê um melhor manejo dos solos através da capacitação técnica do pessoal, de maneira a preservar da melhor maneira possível este recurso igualmente limitado do Valle Central. Por outro lado, este componente ajudará na capacitação de pessoal no referente ao manejo do recurso água.

O recurso solo está atrelado a fatores importantes como são a presença de diferentes culturas e produtos agropecuários que dependem de sua conservação e de sua qualidade. Neste sentido, a implementação do componente irrigação do projeto múltiple Misicuni, certamente trará as melhoras necessárias para a conservação deste recurso escasso, principalmente porque na região estudada tem-se a presença de importantes centros de experimentação agrícola, tais como:

- Estação experimental de San Benito, pertencente ao Instituto Boliviano de Tecnologia Agropecuária (IBTA), com o desenvolvimento de variedades de pêssegos, uvas de alta qualidade, plantações de maçã e de ameixas;
- CORDECO- JICA (Japan International Cooperation Agency), com a estação de processamento de sementes de hortaliças, localizada na cidade vizinha de Sipe Sipe;
- A estação experimental SEPA (“Semilla de papa”) pertencente a CORDECO, que desenvolve pesquisas e produz sementes de batata de alta qualidade e variedade;
- A estação experimental SEFO (“Semilla de forragens”) pertencente a CORDECO, que desenvolve pesquisas e produce sementes de várias espécies forrageiras;
- A estação experimental de Pairumani, pertencente a CORDECO, que realiza pesquisas no melhoramento genético de produtos como: milho para consumo humano e milho para forragem, por outro lado também produz melhoramento genético em diversas leguminosas e no gado bovino leiteiro.

5.4.- ELABORAÇÃO DE UM DIAGNOSTICO PRELIMINAR PARA A REGIÃO

5.4.1.- ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS E CULTURAIS

5.4.1.1.- INTRODUÇÃO

A importância da água em quantidades adequadas para o consumo doméstico, para o uso industrial, para irrigação agrícola e para a geração de energia elétrica, é um dos elementos mais importantes para o desenvolvimento das regiões áridas e semi-áridas de qualquer país. Entretanto, a limitação dos investimentos por parte do estado boliviano em infraestrutura,

limita de maneira decisiva o acesso a novas fontes de abastecimento de água. No caso do Valle Central, a melhor e maior opção por novos recursos hídricos, requer fortes investimentos, tais como o caso do projeto Mísicuni, pois ele representa uma das poucas alternativas a médio e longo prazo para o abastecimento de água para o Valle Central.

A limitação de água, tem-se tornado para os habitantes do vale, quase que uma questão cultural e histórica, pois sua problemática remonta a várias décadas, tornando-se no presente uma necessidade de prioridade máxima, e no futuro, sem dúvida sua contínua falta poderá provocar sérias limitações ao desenvolvimento regional, nacional e local. Por outro lado, aspectos sócio-culturais, aspectos de saúde pública e ambientais, também serão afetados por esta constante escassez do líquido vital.

5.4.1.2.- CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICA E PRODUTIVA DA REGIÃO

Históricamente o Valle Central, tem sido considerado um importante centro produtor agrícola da Bolívia, dada a quantidade e qualidade de sua produção. Entretanto, nos últimos 30 anos, o vale vem perdendo paulatinamente sua importante condição de centro produtor agrícola do país, devido principalmente ao crescimento populacional e à maior disputa no consumo de água, disputa esta que por questão de prioridade tem deixado de lado o abastecimento para o setor agrícola.

A falta de condições de irrigação agrícola, bem como de abastecimento doméstico e industrial, tem limitado em muito o desenvolvimento regional, ao mesmo tempo em que provocou e provoca ainda a diminuição da produtividade agrícola. Esta queda na produtividade do Valle Central, tem provocado outro fenômeno social de forte impacto na região. Trata-se da migração interna da população rural da região para as regiões tropicais do Departamento de Cochabamba e inclusive para outros Departamentos do país como os da região amazônica.

A população rural, ao migrar para outras regiões do país, dedica-se na sua grande maioria à plantação da folha de coca, por ser esta atividade a que lhe proporciona uma maior fonte de ingressos econômicos, mesmo que para isto, os agricultores arrisquem sua própria vida, dada a política fortemente repressiva do governo nacional em relação ao plantio desta cultura tradicional do país.

Devido ao tamanho do problema socio-cultural provocado por estas novas correntes migratórias dos habitantes das áreas rurais, o governo da Bolívia, tem incentivado a implementação de políticas com vistas à diminuição da superfície plantada de folha de coca, implementando para isto programas do tipo de "Desarrollo Alternativo", isto quer dizer que, o desenvolvimento de novas oportunidades de produção agrícola outorgados aos produtores rurais, leva em conta a obtenção das condições mínimas necessárias para a substituição do plantio da folha de coca por outras culturas que possam igualar seus ingressos econômicos obtidos.

Neste sentido, um dos principais componentes deste programa, é a criação de uma infraestrutura de irrigação nas regiões áridas e semi-áridas do país expulsoras de mão de obra rural, de tal maneira que permita uma produção agrícola permanente e economicamente viável, logrando assim uma diminuição da migração rural, principalmente dos vales para a região tropical.

A implementação do projeto múltiple Misicuni, sem dúvida terá conotações sócio-econômicas muito importantes para os habitantes do Valle Central, podendo inclusive modificar alguns dos seus aspectos culturais. Isto pode ser conseguido, haja vista que a materialização deste importantíssimo projeto, tem como objetivos básicos satisfazer plenamente as necessidades de água para o consumo doméstico até o ano 2.015 e satisfazer as necessidades de água para irrigação agrícola do Valle Central e ainda a geração de energia hidrelétrica para o SIN.

Os possíveis benefícios econômicos quantificáveis segundo TAMS (1992), são principalmente os seguintes:

- Os benefícios derivados do abastecimento de água potável para o consumo doméstico, foram avaliados em base aos custos de produção de um Plano de Custo Mínimo, exclusivamente para cobrir a demanda de água potável de longo prazo na área de influência do projeto. Este custo calculado, alcança a 0,20 dólares americanos por metro cúbico de água consumida;
- Os benefícios da água para irrigação foram determinados a partir do incremento na produção agrícola do Valle Central, como resultado da dotação irrestrita de água para irrigação durante o

ano inteiro. Determinou-se que estes benefícios alcançam a pouco mais de 2.000 dólares americanos por hectare de terra irrigada;

- Os benefícios derivados da geração de energia hidrelétrica, foram estipulados em base ao custo alternativo de geração de energia termoeletrica, utilizando um combustível mais barato e abundante no país como é o gás natural. O custo econômico utilizado para o gás natural foi de 1,0 dólar americano por mil pés cúbicos de gás. Os custos derivados da geração elétrica alcançam a 0,022 dólares americanos por kilowatt/hora para energia e de 128 dólares americanos por kilowatt/ano para a potência.

Analisando as conclusões do estudo econômico realizado pela consultora TAMS (1992) pode-se dizer que o projeto Misicuni, é realmente significativo em termos de alcance social, econômico e cultural para o Valle Central. Por outro lado, os fatores que mais contribuem para impulsionar sua imediata implementação, são a geração de energia hidrelétrica e o rápido incremento nos benefícios derivados da irrigação agrícola conforme pode ser visto na Quadro 5.3.

Quadro 5.3.- Benefícios quantificáveis que se obtém em base ao Valor Atualizado Líquido do projeto múltiple Misicuni de uma forma global

Tipos de benefícios	Importância do benefício
Benefícios da produção de energia elétrica	47 %
Benefícios da irrigação agrícola	33 %
Benefícios da produção de água potável	20 %

FONTE : Adaptado de TAMS (1992)

5.4.1.3.- LEVANTAMENTO DE OPINIÕES ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE UM QUESTIONÁRIO BASEADO NOS PRINCÍPIOS DO MÉTODO DELPHI

Qualquer atividade planejada requer a participação não somente da equipe de planejadores e dos recursos e dados necessários à elaboração do plano, mas fundamentalmente requer da participação e opinião da comunidade, que será a destinatária final desse plano desenvolvido através de ações e ideias sequencial e logicamente dispostas durante o processo de planejamento.

No presente trabalho, o processo de planejamento leva em conta a participação da comunidade da região objeto do estudo. Esta participação ocorre através da resposta positiva à aplicação de um questionário bastante sucinto sobre o tema pesquisado. O levantamento das opiniões a respeito do tema foi realizado de forma a englobar vários setores atuantes no meio e que tem a ver direta ou indiretamente com a problemática da água para a região. Desta maneira, foram distribuídos questionários para tres setores importantes da sociedade: os especialistas no tema, as instituições públicas e privadas e os representantes da sociedade civil organizada.

O levantamento de opiniões, baseou-se na entrega e posterior recolhimento de um questionário composto basicamente de 3 partes que tratam do seguinte:

- Generalidades sobre o reuso. Nesta parte do questionário estão indicadas as noções básicas do tema, as causas que geram a necessidade de se pesquisar, elaborar programas e projetos para a materialização do reuso. Por outra parte, também são explicadas as principais causas da escassez de água, especialmente em regiões áridas e semi-áridas como a região estudada.

Finalmente, explica-se a possibilidade das águas de reuso virem a se tornar uma fonte hídrica alternativa, o mesmo que ja vem acontecendo em diversas regiões do mundo com muito sucesso, inclusive em países em desenvolvimento como o México e o Perú;

- Caracterização do reuso. Nesta parte do questionário explica-se e define-se sucintamente o que é reuso, bem como suas formas e características de implementação. Dentro da caracterização, define-se as formas de reuso planejado e não planejado, a forma de reuso direta e indireta, bem como as finalidades potáveis e não potáveis de sua implementação;

- Questionário propriamente dito. Nesta parte do trabalho são expostas 10 questões claras e objetivas, baseadas no texto anteriormente explicado, isto é nas generalidades e na caracterização do reuso.

Desta maneira, as perguntas exigem do questionário uma resposta clara e concisa, com uma identificação da sua resposta em forma afirmativa ou negativa acompanhada de uma breve justificativa. O teor das questões abrange desde a valorização das águas residuárias, até aspectos de saúde pública, passando por questões de decisão política, social, tecnológica e ambiental sobre o reuso.

5.4.2.- ASPECTOS LEGISLATIVOS, INSTITUCIONAIS E ADMINISTRATIVOS

O estudo deste item, tem a ver com um dos problemas mais importantes e crônicos para a região escolhida para o estudo de caso. Pode-se dizer inclusive, que até os fatores culturais e de idiosincrasia dos habitantes da região contribuem para torna-lo mais problemático ainda. Em termos de país e de estado, a profusão e a confusão institucional, legislativa e administrativa ou normativa, tem tido ao longo da história da Bolívia, uma série de situações pouco construtivas. Desta maneira, o país tinha até recentemente, uma imagem externa pouco propícia para o seu desenvolvimento industrial e sócio-econômico.

Entretanto, a situação atual é bem diferente, tanto em termos políticos (democracia) quanto em termos econômicos (estabilidade). Outorgando assim ao país, uma imagem melhor e objeto da atenção de organismos e instituições internacionais. A reorganização do estado boliviano, através da implementação de novas leis e disposições jurídicas, tem contribuído para começar a se pensar em novos mecanismos de desenvolvimento, inclusive com o respeito ao aspecto ambiental, enmarcando-o dentro da teoria aparentemente contraditória e polêmica do neo-liberalismo econômico com desenvolvimento sustentável.

Em relação ao tema água, pode-se dizer que é o reflexo mais claro de toda a confusão e problemática já mencionados. O tema água, é o tema número 1 para o habitante da região, portanto sua análise e equacionamento são do interesse de todo habitante do Valle Central. Nestas condições, a solução da problemática do abastecimento de água, torna-se direta e indiretamente uma questão de singular importância para quem mora na região. Um dos fatores

que mais contribue para a dificuldade em se solucionar o problema, é sem dúvida a falta de normas e regulamentação sobre o tema, bem como a incongruência institucional sobre o mesmo (ROBLES, 1986 ; ROCHA, 1986).

Em termos legislativos, pode-se dizer que a atual legislação boliviana, trata do tema ainda baseada na "Ley de águas" de Novembro de 1906 (ROCHA, 1986). Portanto, na atualidade não há uma lei moderna que norme o uso e a conservação dos recursos hídricos em geral.

Desta lacuna jurídica, pode-se observar um uso irracional dos recursos hídricos, inclusive utilizando águas de boa qualidade para usos não consuntivos. Por outro lado, o aspecto ambiental do mal uso da água, cada vez se manifesta mais em forma de alerta para o risco ambiental.

Entre os principais efeitos ambientais negativos do uso irracional, tem-se por exemplo uma exploração irracional dos aquíferos, principalmente nas zonas tropicais, a contaminação das águas superficiais por efluentes de usos em mineração não tratados, a salinização do solo irrigado com águas residuárias não tratadas adequadamente, o que por sua vez provoca uma diminuição das áreas irrigáveis e agricultáveis, promovendo inclusive o risco de uma desertificação a médio prazo.

Em termos institucionais, o tema água talvez seja o que mais tem provocado sua aglutinação e superposição de funções com o consequente prejuízo para a solução do problema. Deve-se destacar ainda, que as instituições foram e são criadas algumas vezes para resolver problemas particulares e de forma parcial o problema. Não há um espectro maior, uma panorâmica maior que englobe todos os aspectos da problemática a partir de um planejamento único, realizado por uma só instituição que tenha em seu interior de forma implícita os componentes dos demais órgãos e instituições, e cujas ideias e ações sejam respeitados e seguidos por todas elas.

Uma instituição supra-institucional, pode ajudar a equacionar melhor e resolver o complexo problema dos recursos hídricos da região. Talvez com esta finalidade, tenha sido fundada em 1987 a Empresa Mísicuni, a lei que a fundou, procurou aglutinar de forma coerente e lógica os diferentes setores que tem interesse em solucionar o problema. Desta

maneira, a Empresa Misicuni, tem como sócios desde sua fundação, instituições como ENDE (setor elétrico), CORDECO (desenvolvimento regional), SEMAPA (saneamento básico) e MACA (setor agrícola), destacando-se ainda a inclusão do "Comité Cívico de Cochabamba", como sendo o sócio institucional de genuína representação dos interesses coletivos da população (CALDERON, 1993).

A formação da Empresa Misicuni, constitui-se num passo importante para a materialização do projeto de abastecimento do mesmo nome, isto é, o projeto múltiplo Misicuni. Este projeto é considerado como o mais recomendado e de melhor aceitação pela comunidade, não apenas do ponto de vista técnico, econômico-financeiro e social para solucionar de forma definitiva o problema da escassez de água na região.

Analisando os aspectos administrativos e em particular os da Empresa Misicuni a partir da data de sua formação, pode-se afirmar que pouca coisa mudou. Sucessivos estudos de consultoria muito bem pagos, foram realizados neste intervalo de tempo, porém somente serviram para confirmar repetidas vezes o que já se sabia em 1974 quando começou o estudo em forma séria da possibilidade de aproveitamento via reversão das águas da bacia do rio Misicuni.

Entre os principais fatores que afetaram e continuam afetando a implementação deste projeto, podem ser mencionados sem dúvida nenhuma o aspecto político, concretizado na falta de vontade política por parte dos diversos governantes e responsáveis a nível nacional, departamental, regional e local. Também deve-se destacar o aspecto econômico-financeiro como problema fundamental, principalmente naquilo que concerne aos elevados custos de investimento que o projeto exige, sobretudo na parte correspondente ao aporte local. Em relação ao aporte externo através de financiamento, nota-se a dificuldade de sua concretização, devido principalmente à situação nacional em termos de sustentabilidade econômica para honrar seus compromissos da dívida externa, ou seja a falta de credibilidade no competitivo mercado financeiro internacional dos investimentos.

Recentemente, após sucessivas demonstrações da viabilidade do projeto, tem surgido um novo empecilho. Trata-se da atual conjuntura internacional e até nacional da política econômica neo-liberal, que entre outras coisas promulga a otimização da administração das instituições,

empresas e órgãos públicos locais e se possível recomenda sua privatização como forma de outorga-lhes uma administração mais eficaz. Existem fortes indícios, a cerca da privatização dos serviços de energia elétrica e de saneamento básico, razão pela qual o estado boliviano e suas instituições regionais e locais, deixariam de ter influência direta na prestação destes serviços à população. Por outro lado, a venda de energia elétrica a ser gerada pelo projeto, ao se constituir no “carro chefe”, torna-se numa questão quase que exclusivamente de mercado, deixando para trás ou quando muito deixando de lado aspectos sociais e coletivos em relação à satisfação das necessidades básicas de água para a população.

5.4.3.- ASPECTOS AMBIENTAIS E DE SAÚDE PÚBLICA

A região do Valle Central ao não contar com rios de fluxo hidráulico permanente, está sujeita a buscar uma disposição final para suas águas residuárias municipais de tal maneira que não ocorra descarga nos leitos secos na maior parte do ano, de ser assim, corre-se o risco de facilitar o surgimento de áreas ambientalmente degradadas e de áreas de risco à saúde pública. Neste sentido, o rio Rocha que é o principal da região, constitui-se por força das circunstâncias no principal lugar para disposição final de resíduos sólidos domésticos e também de resíduos líquidos, particularmente por parte da população menos favorecida economicamente e de algumas pequenas indústrias instaladas nas proximidades do rio.

O tratamento das águas residuárias municipais na ETE Alba Rancho, contribui para minimizar os problemas ambientais que seriam provocados por sua disposição “in natura” no leito seco do rio Rocha. Entretanto, ao não serem tratadas 100 % das águas residuárias da cidade, ocorrem casos de descarga de água residuária não tratada. Por outro lado, o principal afluente do rio Rocha é o rio Tamborada, o mesmo que recebe o efluente final da ETE Alba Rancho nos períodos chuvosos, ao passo que nos períodos de estiagem, o efluente é descarregado no leito seco deste rio, constituindo assim no seu principal fluxo hidráulico.

Os cada vez mais prolongados períodos de estiagem pelos quais vem atravessando a região, obrigam aos agricultores da região a procurar fontes de água para irrigar suas culturas. Desta maneira, eles obtêm água através do reuso direto do efluente da Ete Alba Rancho, impedindo inclusive sua descarga no leito do rio Tamborada. Este tipo de reuso praticado na

região, está completamente desregulamentado e não é oficialmente aceito pelas instituições que tem a ver com a problemática da escassez de água na região. Apenas a necessidade de se conseguir água para irrigação é que tem tornado sua prática irregular porém cada vez mais frequente.

A irrigação com o efluente da ETE está provocando impactos ambientais negativos na região. Entre estes impactos estão por exemplo a salinização dos solos agrícolas, a formação de brejos ou alagados devido ao método de irrigação por inundação utilizado e ao surgimento de maus odores e presença de mosquitos na região, impactos estes que já estão incomodando os habitantes da região. Todos estes problemas ambientais, ocorrem por que atualmente o efluente da ETE não reúne as condições sanitárias adequadas para se praticar um reuso agrícola direto, além de não existir uma regulamentação e fiscalização desta prática irregular.

Por outro lado, a prática deste tipo de reuso, coloca em risco a saúde pública dos próprios agricultores, pois eles estão em contato direto com o efluente graças ao método de irrigação que praticam. Em termos de culturas que são irrigadas na região, estão principalmente aquelas destinadas ao consumo do gado bovino leiteiro, sendo produzidas espécies como alfafa e milho para forragem. Entretanto, ocorrem casos isolados de produção de hortaliças que mesmo que sejam destinadas para o auto-abastecimento dos agricultores da região, torna-se um sério veículo de risco para a sua saúde e dos consumidores destes produtos em geral.

O fértil solo agrícola da região é a principal vítima desta prática de reuso direto. A irrigação contínua com o efluente da ETE, está provocando a degradação destes solos, salinizando-os e diminuindo sua capacidade de infiltração através da deposição de partículas sólidas contidas no efluente. Este processo de salinização, pode-se complicar num futuro próximo, podendo inclusive provocar uma dessertificação da região com suas consequências desastrosas para os habitantes do Valle Central. Por outro lado, está sendo reduzida a existência de solos férteis numa região que naturalmente já é escassa deste recurso natural.

5.4.4.- ESTUDO DAS POTENCIALIDADES DO REUSO BASEADAS NA OFERTA E NA DEMANDA DO MERCADO EXISTENTE PARA SUA IMPLEMENTAÇÃO

5.4.4.1.- INTRODUÇÃO

O estudo das potencialidades e limitações do reuso a partir do efluente tratado na ETE Alba Rancho, leva em conta previamente o estudo do sistema de abastecimento de água potável de SEMAPA, já que esta água após seu uso na cidade de Cochabamba, será a “matéria prima” para o estudo do reuso na região. No estudo da oferta da matéria prima, leva-se em conta os horizontes do plano de abastecimento de SEMAPA para os anos 2.000 , 2.005 e 2.015, como sendo os correspondentes ao curto, médio e longo prazo respectivamente de um processo de planejamento.

5.4.4.2.- SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

5.4.4.2.1.- INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água potável da cidade de Cochabamba é bastante complexo, entre os componentes mais importantes do sistema tem-se: o sistema de abastecimento de águas superficiais formado pelas lagoas de Escalerani, Saytskocha, Lagunmayu e Wara Wara, todas elas localizadas na cordilheira do Tunari. Entre as fontes de abastecimento subterrâneas estão os conjuntos de poços localizados nas zonas de Coña Coña, El Paso, Vinto, Muyurina e Linde Tiquipaya. Por outra parte estão as ETA's de Cala Cala e Aranjuez e os tanques de armazenamento de Cala Cala Alto, Coronilla, San Pedro, Cerro Verde e Cala Cala.

5.4.4.2.2.- COBERTURA DO SERVIÇO

A cobertura do serviço de água potável por parte da SEMAPA alcança a 45 % em termos de vazão, considerando-se como mínima aquela recomendada pelo Banco Mundial que é 200 litros por habitante/dia para cidades com população igual ou superior a 100.000 habitantes e 45 litros por habitante/dia para torneira de abastecimento público (TORRICO,

1993). Estas porcentagens de cobertura de serviço, estão relacionados à população levantada no último censo realizado em 1992, que indicou uma população de 454.593 habitantes para a cidade de Cochabamba junto com os eixos de conurbação às cidades vizinhas de Sacaba e Quillacollo. No Quadro 5.4 está indicada a situação da SEMAPA em termos de abastecimento de água.

Quadro 5.4.- Situação do abastecimento de água potável por parte de SEMAPA para uma vazão mínima adotada de 200 l/hab. dia

Situação da SEMAPA	Indicador
Oferta de água potável	476 l
Demanda de água potável	1.052 l/s
Cobertura do serviço	45 %
Déficit do serviço	55 %

FONTE: Adaptado de TORRICO (1993)

Atualmente o sistema de abastecimento de água de SEMAPA, está distribuído de acordo com a sua fonte da seguinte maneira: 44,2 % provém das águas superficiais e 55,8 % provém das águas subterrâneas, principalmente de poços localizados na região Oeste do Valle Central (SEMAPA, 1990)

Outro aspecto interessante de se destacar é a distribuição de acordo com o consumidor de água potável. Desta maneira, observa-se na Figura 5.7, que a maioria absoluta de consumidores pertencem ao setor residencial com 84,7 %. O restante do percentual está distribuído da seguinte maneira: setor comercial 10,5 %, setor industrial apenas 1,6 %, setor comercial especial 1,9 %, setor de serviços 0,9 % e o setor preferencial com 0,4 %. Por outro

lado, a categoria residencial ao ser a maior consumidora e portanto a mais importante, está subdividida em 4 categorias: residencial 1, 2, 3, 4.

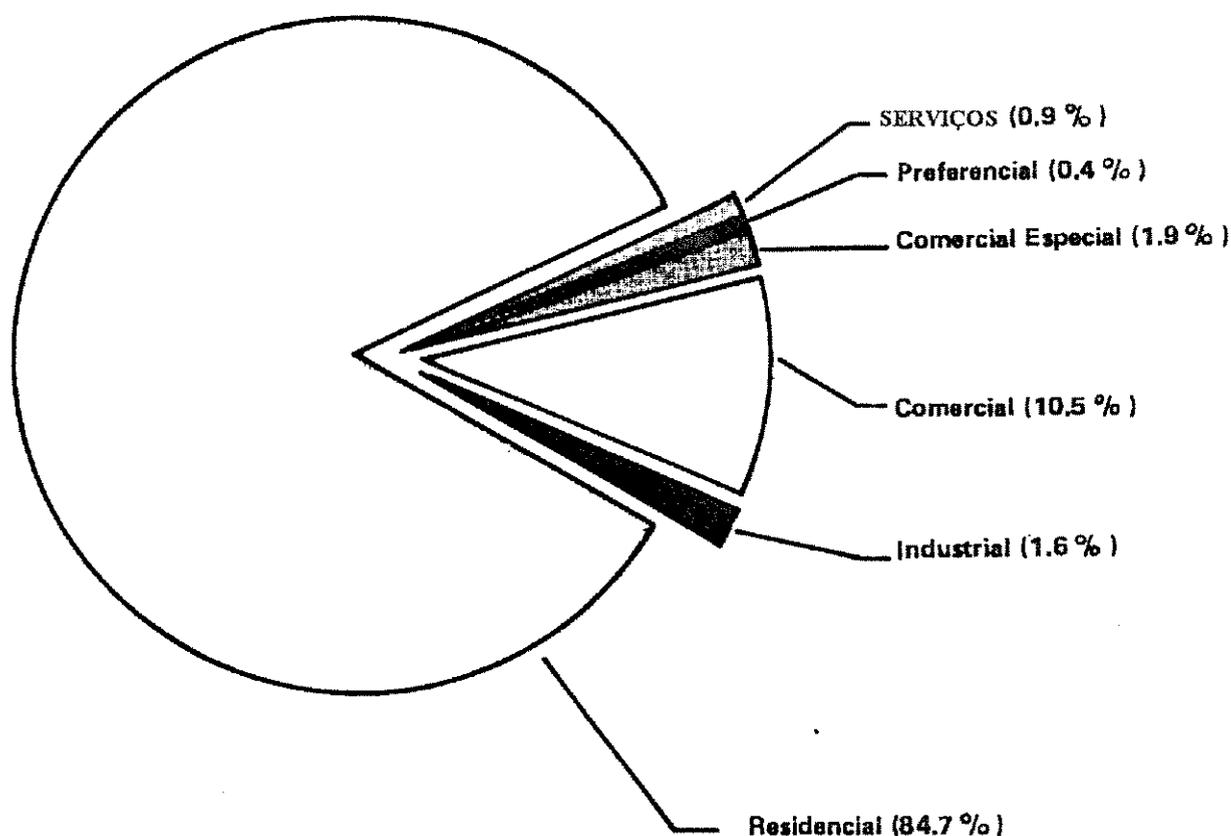


Figura 5.4.- Tipo de consumidores e seu percentual de participação no cadastro de SEMAPA
FONTE: SEMAPA (1990)

Esta subdivisão está justificada em vista que SEMAPA pratica uma política de abastecimento e cobrança o mais justa possível, assim o consumidor residencial, paga mais quando consome mais e também paga mais quando sua residência pertence a um bairro de categoria sócio-econômica mais elevada. Por exemplo, se dois consumidores acusam 30 metros cúbicos/mes no seu hidrômetro, porém um deles é classificado como R1 e o outro como R4 (mais rico), certamente o consumidor R4 pagará mais pela conta de água. No caso de 2 consumidores estarem classificados com a mesma categoria, paga mais aquele que acusa um maior consumo em seu hidrômetro.

5.4.4.2.3.-ESTRATÉGIA ELABORADA PELA SEMAPA E PELA EM PARA A REGIÃO DO VALLE CENTRAL

A estratégia para o abastecimento de água potável para o curto, médio e longo prazo estipulada no presente trabalho, adota os horizontes de anos 2.000 , 2.005 e 2.015 respectivamente. Neste contexto, a estratégia tem coincidências com aquela elaborada por SEMAPA indicada no trabalho de TORRICO (1993), que elaborou um planejamento de abastecimento de água até o ano 2.005. Por outro lado, também coincide temporalmente com o trabalho desenvolvido por LOPEZ (1993) que realizou planos de abastecimento de água até o ano 2.015.

Por outra lado, fica desde já estabelecido que a dotação mínima de água potável é aquela recomendada pelo Banco Mundial de 200 litros por habitante/dia, a mesma que sendo afetada pela soma de perdas de água, pode chegar a apenas 134 l/hab.dia no caso de que a perda de água chegue a um índice de 33 %. Este índice de perdas é considerado muito alto, porém representa um grande avanço se se considera o índice de perdas de 39 % para o ano de 1991 e melhor ainda comparado com os 47 % para o ano 1986 (TORRICO, 1993). Contudo, o percentual de perdas adotado para elaboração da estratégia, parece ser alto ainda, se for comparado com a dotação relativamente baixa de 200 l/hab/dia , especialmente tratando-se de uma região extremamente carente de recursos hídricos e com um grau muito elevado de déficit no atendimento à população.

Tomando-se como referencial de planejamento dos recursos hídricos o trabalho elaborado por SEMAPA em 1992, pode-se notar que ela alcança até o ano 2.005, coincidindo desta maneira com o médio prazo. Nesta estratégia, nota-se que há poucas possibilidades de satisfazer as demandas da população que cresce em média a uma taxa de 5,21 % ao ano.

A estratégia de abastecimento elaborada pela SEMAPA leva em conta os percentuais de abastecimento de 80 % e 85 % . Na Figura 5.5 está indicado o balanço entre a oferta e a demanda até o ano 2.005.

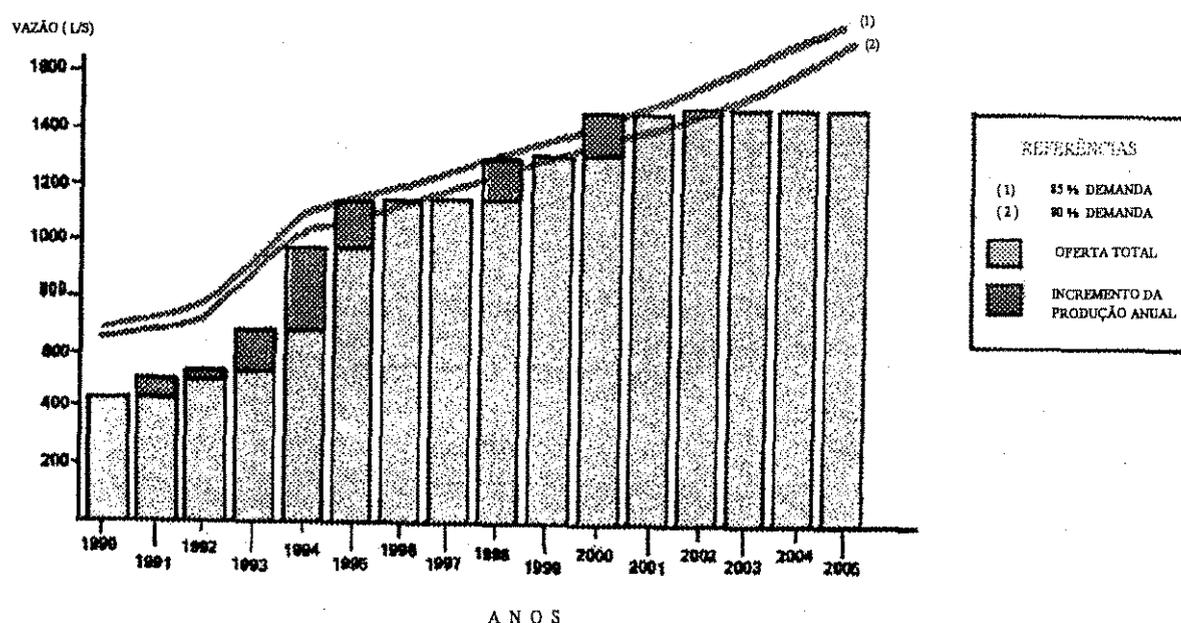


Figura 5.5.- Planejamento do abastecimento de SEMAPA para o ano 2.005

FONTE: SEMAPA (1990)

Analisando a Figura 5.5, pode-se ver que a vazão ofertada a partir do ano 2.000 (curto prazo) permanece constante até o ano 2.005 (médio prazo). Isto indica que a estratégia de abastecimento não levou em conta novas fontes de água a partir do ano 2.000. Parece uma certa irresponsabilidade elaborar uma estratégia sem levar em conta a oferta até o final do período previsto, isto é, até o ano 2.005.

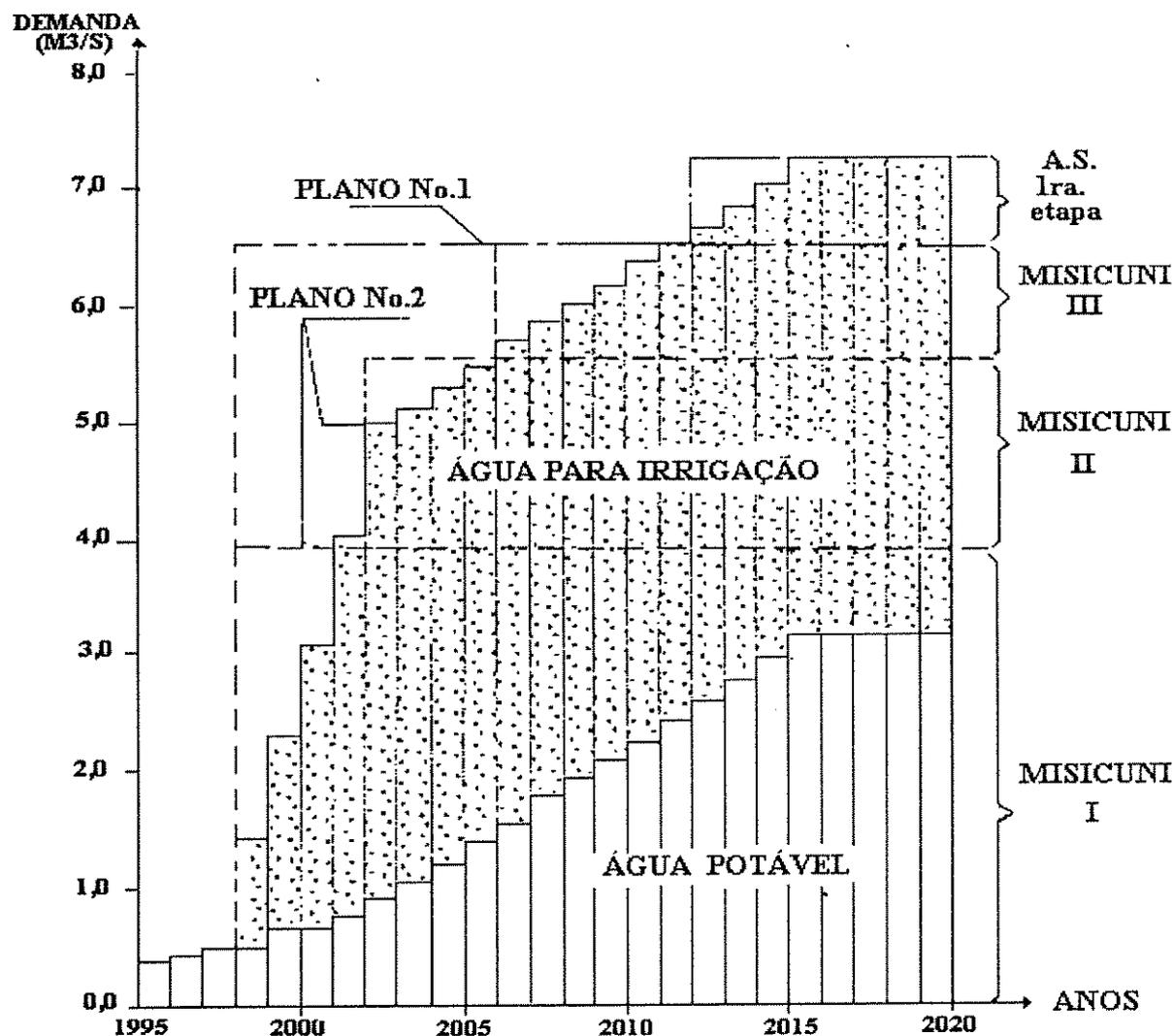
Segundo LOPEZ (1993) a estratégia de abastecimento de água para a cidade de Cochabamba, tem como fator associado a obtenção paralela de água para irrigação agrícola do Valle Central. Desta maneira, o autor analisou e elaborou uma série de “planes de desarrollo” nos quais leva em conta o estudo e inventário prévio de todos os possíveis recursos hídricos para satisfazer a demanda de água potável e água para irrigação agrícola até o ano 2.000. Analisando os diferentes “planes de desarrollo”, pode-se observar que na realidade o estudo da demanda cresce somente até o ano 2.015 e a partir daí permanece constante até o ano 2.020. Isto quer dizer que de 2.015 até 2.020 não deveria haver nenhum incremento previsível na demanda.

Fazendo-se uma análise comparativa com a estratégia elaborada por SEMAPA, a mesma que é descrita em forma detalhada por TORRICO (1993), pode-se observar que a estratégia elaborada por LOPEZ (1993) leva em conta de forma implícita as opções de abastecimento de água potável para a cidade de Cochabamba elaboradas por SEMAPA. Desta maneira, a estratégia de SEMAPA até o ano 2.005, não leva em conta a possibilidade de aproveitamento hídrico do projeto Misicuni. Por outro lado, a estratégia de SEMAPA, prevê ainda que do ano 2.000 até o ano 2.005 não haverá nenhum incremento da demanda.

O projeto Misicuni portanto, constitui-se na principal opção a médio e longo prazo para o abastecimento do Valle Central e para a cidade de Cochabamba em particular. Não obstante o atual déficit hídrico de água potável e água para irrigação agrícola, nenhuma das estratégias mencionadas leva em conta a possibilidade de obter água para uso industrial, nem a curto prazo, médio ou longo prazo. Esta falta de estudo do abastecimento de água para uso industrial, demonstra a pouca importância dada ao mesmo.

Estratégias deste tipo, não fazem outra coisa senão reforçar a pouca ou nenhuma representatividade da atividade industrial na região. Por outro lado, a quase totalidade da minúscula atividade industrial, abastece-se da exploração indiscriminada das águas subterrâneas, o qual acontece sem o mínimo planejamento, gestão ou controle dos órgãos responsáveis pela administração dessas águas na região.

Na Figura 5.6, estão indicados os “planes de desarrollo” 1 e 2 elaborados por LOPEZ (1993) que levou em conta inclusive a possibilidade concreta de venda do gás natural boliviano para o mercado externo, particularmente para o Brasil. Na análise deste autor, o incremento nos ingressos econômicos devido à venda do gás, implica no aumento do custo de oportunidade deste gás, fazendo com que a opção pela construção de termoelétricas seja menos atrativas em termos econômicos, facilitando por outro lado a construção de hidrelétricas graças ao aproveitamento das águas superficiais como é o caso do projeto Misicuni. Estes fatos, certamente facilitariam em muito seu financiamento e implementação, pois a produção de água para hidrelétrica é considerado o “carro chefe” deste projeto.



OBS.: A.S. = Águas Subterrâneas

Figura 5.6.- Planos de desenvolvimento para os recursos hídricos até o ano 2.020

FONTE: Adaptado de LOPEZ (1993)

Da análise da figura 5.6, pode-se observar que a implementação do projeto Misicuni I ou sua primeira etapa, pode abastecer de forma plena às demandas de água potável até o ano 2.020, tendo-se inclusive uma sobra de água para irrigação agrícola. Posteriormente a implementação da segunda etapa do projeto ou Misicuni II, para o “plan No.2” e somando-se a terceira etapa ou Misicuni III, para o “plan No.1”, poderão produzir água exclusivamente para irrigação agrícola, bem como a implementação da exploração das águas subterrâneas na sua

primeira etapa. Por outro lado, observa-se que ambos planos de desenvolvimento consideraram apenas a demanda de água para satisfazer o abastecimento potável e a irrigação, sendo considerados ambos usos por separado e com uma superposição dos seus volumes.

5.4.3.- SISTEMA DE COLETA E TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS MUNICIPAIS DA CIDADE DE COCHABAMBA

O sistema de coleta das águas residuárias municipais administrado por SEMAPA, atende aproximadamente a 250.000 habitantes, o que representa uma cobertura populacional de 52 %. As águas residuárias municipais da cidade de Cochabamba, estão constituídas quase que exclusivamente por esgotos domésticos, havendo porém, pequenas vazões de esgotos industriais tratados na sua maior parte, especialmente das indústrias do Cortume.

A rede coletora de SEMAPA, tem pouco mais de 420 Km. em tubulação de cimento, as mesmas que abrangem a cidade na sua parte central e bairros mais próximos do centro, permitindo desta maneira, sua captação e transporte através de dois coletores tronco até a ETE Alba Rancho para seu correspondente tratamento.

RADA & RIVERA (1994) levantaram dados junto à SEMAPA referentes ao período de 1987 a 1991, entre os dados publicados por estes autores, estão os índices de qualidade sanitária do efluente produzido na ETE Alba Rancho. De uma maneira geral são indicados no Quadro 5.6 as principais características físicas, químicas e microbiológicas.

Quadro 5.6.- Principais características de qualidade sanitária do efluente da ETA Alba Rancho de 1987 a 1991

Características	Valor e comentários
Físicas:	
- Sólidos sedimentáveis	Afluente = 5,8 ml/l
- Sólidos totais	Remoção de aproximadamente 18 %
- Sólidos suspensos	Remoção está entre 60 % e 70 %
- Sólidos dissolvidos	Remoção está entre 1 % e 10 % (muito baixa)
- Temperatura	Aproximadamente 20 ° C , nunca abaixo de 17° C
Químicas:	
- pH	Varia entre 7,6 no afluente e 8,2 no efluente
- DBO	Remoção em média de 80 %
- DQO	Remoção em média de 71 %
OD	Valores não confiáveis , porém em 1993 foi: 0,0 mg/l no afluente e 2,6 mg/l no efluente

FONTE: Adaptado de RADA & RIVERA (1994)

Por sua vez, no Quadro 5.7 , estão indicados os principais valores levantados pelos autores mencionados anteriormente. Estes valores, referem-se ao afluente e ao efluente da ETE bem como estão discriminados de acordo com a estação climática correspondente para 1993.

Quadro 5.7.- Principais características de qualidade microbiológica da ETE Alba Rancho para 1993

Parâmetro (NMP/100 ml)	Afluente				Efluente			
	V.	O.	I.	P.	V.	O.	I.	P.
Coliformes totais	2,9x10 ⁷	4,5x10 ⁷	8,6x10 ⁷	8,9x10 ⁷	5,7x10 ⁵	8,1x10 ⁵	1,3x10 ⁶	6,6x10 ⁵
Coliformes fecais	2,6x10 ⁷	4,4x10 ⁷	3,4x10 ⁷	5,2x10 ⁷	5,2x10 ⁵	5,5x10 ⁵	7,5x10 ⁵	4,4x10 ⁵

V. = Verão O.= Outono I= Inverno P.= Primavera

FONTE: Adaptado de RADA & RIVERA (1994)

Por outro lado, estes autores indicam que a porcentagem de remoção em termos de Coliformes totais é de 98,5 %, em termos de Coliformes fecais é de 98,4 %. Finalmente, indicam que a avaliação da ETE Alba Rancho, de uma maneira geral indica um mal funcionamento. Principalmente em termos de capacidade depuradora, pois as atuais cargas orgânica e hidráulica que a ETE recebe, estão acima da sua capacidade. Portanto, o efluente produzido não está atendendo aos critérios para os quais por projetado o sistema de tratamento. Desta maneira, o efluente tratado não atende aos padrões de qualidade recomendados pela OMS e indicados no Quadro 2.3 , bem como também não atinge os padrões de qualidade indicados no Quadro 2.4 e na Tabela 2.4 .

5.6.- FORMULAÇÃO DA ESTRATÉGIA PARA O CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO

5.6.1.- BALANÇO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A elaboração de um modelo de balanço dos recursos hídricos que leve em conta todos os tipos de recursos existentes na região objeto de estudo, requer de uma análise detalhada do modelo proposto por MOHORJY (1989). Neste modelo, são explicitados os principais setores

de demanda e de oferta. Também estão relacionados os tres setores potencialmente de maior consumo, tais como: setor municipal, setor agrícola e setor industrial.

A principal inovação deste modelo, talvez esteja na presença das águas de reuso, tanto proveniente do setor municipal, como também do setor agrícola e do setor industrial. A utilização destes efluentes convenientemente tratados, sem dúvida contribue para o equilíbrio e regulação da melhor forma possível o modelo de balanço hídrico, pois estas águas de reuso, contribuem em muito na conservação dos escassos recursos hídricos existentes em regiões áridas ou semi-áridas como a do presente estudo de caso.

Por outro lado, a prática do reuso ajuda a minimizar possíveis efeitos negativos no meio ambiente, decorrentes da descarga dos efluentes principalmente quando estes não são tratados.

No presente trabalho, estão sendo considerados não apenas o efluente da ETE Alba Rancho mas também as águas residuárias tratadas do setor industrial (ZOFRACO) e do setor agrícola através de uma drenagem prévia ao seu tratamento. Entretanto a consideração das águas residuárias provenientes destas duas últimas fontes, está na possibilidade primeiramente de seu abastecimento. Desta maneira, de forma efetiva é possível incorporar somente as águas de reuso municipais da ETE Alba Rancho aos recursos hídricos da região, pois está claro que seu potencial hídrico devidamente equacionado e aproveitado, pode ajudar na conservação de água numa região de escassos recursos hídricos como o Valle Central. Por outro lado, pode também contribuir para a minimização da contaminação hídrica decorrente das descargas do efluente no rio Tamborada que é de caráter temporário. Além disso, já foi indicado neste trabalho ha existencia de uma ideia concreta de um futuro projeto de aproveitamento hídrico do efluente da ETE. Portanto, é perfeitamente possível lançá-la como um recurso hídrico alternativo no modelo de balanço hídrico desenvolvido por MOHORJY (1989). Assim adequando o modelo para a realidade da região objeto do presente trabalho, tem-se o esquema indicado na Figura 5.7.

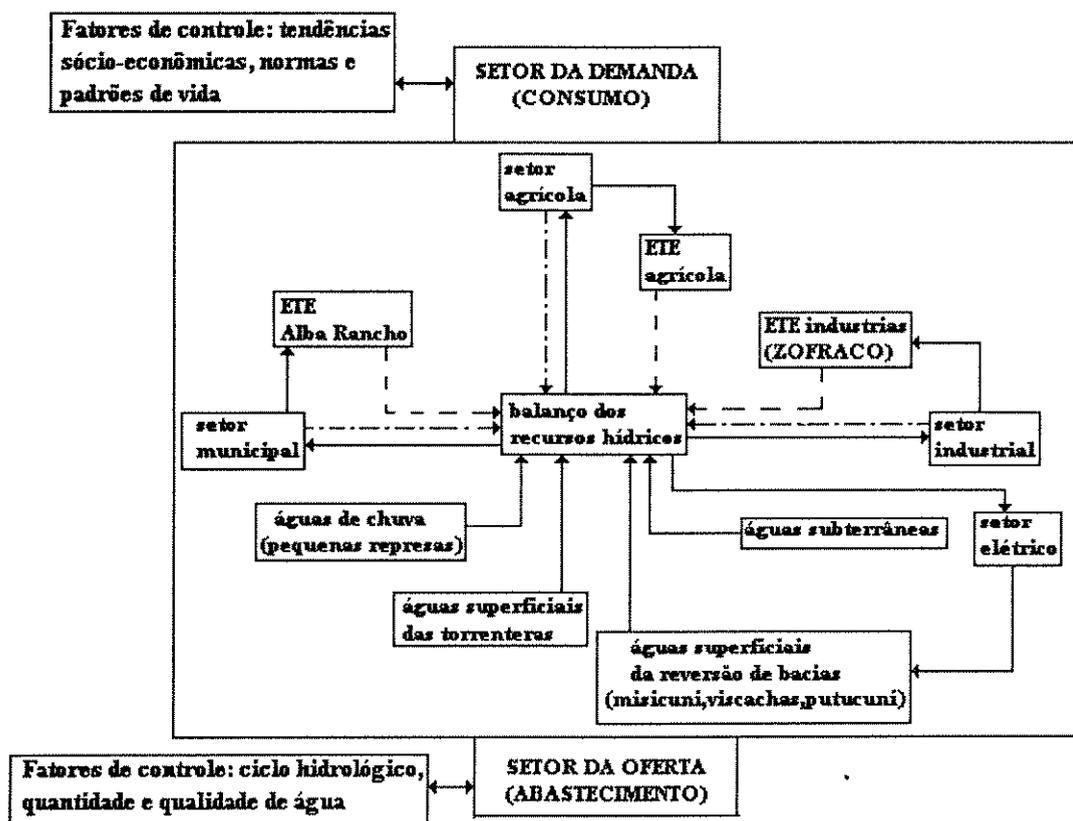


Figura 5.7.- Modelo esquemático do balanço dos recursos hídricos para a região do Valle Central incluindo-se as águas residuárias tratadas de origem municipal, industrial e agrícola

FONTE: Adaptado de MOHORJY (1989)

Para a elaboração da Figura 5.7, levou-se em conta a reutilização das águas residuárias de diversos usos, tais como: doméstico, industrial e agrícola. Nesta figura, está indicada apenas a ETE Alba Rancho como fonte de água para reuso municipal, porém pode-se esperar que outras ETEs no futuro contribuam também. Está indicada também o reuso dos efluentes industriais de ZOFRACO devido à sua concentração de efluentes, porém isto não impede que também outras industriais passem a fornecer seus efluentes para reuso. Finalmente, considerou-

se o reuso dos efluentes da atividade agrícola, para tanto, pensou-se na possibilidade de realizar uma drenagem das áreas agrícolas sujeitas à irrigação. Desta maneira, tentou-se equacionar as mais importantes fontes de recursos hídricos convencionais e alternativos da região, bem como os principais usos a serem atendidos.

5.6.2.- REUSO DIRETO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS MUNICIPAIS TRATADAS DENTRO DA PROBLEMÁTICA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO VALLE CENTRAL

5.6.2.1.- INTRODUÇÃO

Ao longo do presente trabalho e particularmente no capítulo referente à revisão bibliográfica, tem-se estudado amplamente o reuso. Este estudo tem focalizado suas mais diversas formas e meios de implementação, bem como suas finalidades ao serem implementados em programas e projetos em diferentes partes do mundo.

O estudo do reuso em relação ao presente estudo de caso, tem por finalidade ser apresentado como uma forma de contribuir ao melhor conhecimento dos recursos hídricos da região. Pretende-se alcançar com que o reuso seja entendido e compreendido com vistas à sua possibilidade de implementação num futuro de curto, médio e longo prazo. Neste sentido, serão analisadas as possibilidades de sua implementação a partir do reuso do efluente da ETE Alba Rancho , inicialmente para o curto prazo.

Posteriormente, serão analisadas as possibilidades de sua implementação para os prazos médio e longo, através da interação com o projeto múltiple Misicuni e suas opções de abastecimento de água para a região.

5.6.2.2.- REUSO DO EFLUENTE DA ETE ALBA RANCHO

A possibilidade deste reuso vir a ser implementado, deve passar pela elaboração de um estudo ou projeto específico, de tal maneira que abranja todas as etapas e detalhes necessários à sua realização. Entretanto, no presente estudo de caso, é intenção de se dar as coordenadas ou passos iniciais para lograr sua implementação.

Desta maneira, é necessário analisar os componentes básicos sobre o efluente tratado na ETE Alba Rancho. Para tanto, será estudada sua caracterização em termos de quantidade e qualidade, comum a qualquer outra fonte hídrica susceptível de ser aproveitada. Neste sentido, analisar-se-ão seus aspectos de quantidade e qualidade.

Nas Tabelas 5.1 , 5.2 , 5.3 e 5.4 estão indicados os principais parâmetros físico-químicos analisados nos laboratórios da SEMAPA. Estes valores são correspondentes ao ano 1994, identificados respectivamente para as estações de Inverno , Primavera , Verão e Outono.

Tabela 5.1.- Principais parâmetros físico-químicos ensaiados nos laboratórios de SEMAPA para a estação de INVERNO de 1994

Parâmetros	Afluente	Efluente Primário		Efluente Secundário	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
pH	7,4 -7,5	7,7	7,4	7,9	7,7
Acidez	58	66	43	55	31
Alcalinidade	436	573	495	522	457
Dureza total	165	173	163	179	165
Cálcio	34	42	39	43	39
Magnésio	23	30	15	30	15
Cloretos	198	185	174	187	178
Sólidos totais	1320	954	889	961	898
Sólidos dissolvidos	928	816	778	860	774
Sólidos suspensos	392	141	104	144	82
Sólidos sedimentáveis ^{5,4}					
DBO total	441	136	84	101	69
DBO filtrada	126	50	28	34	14
DQO total	800	404	324	400	270
DQO filtrada	253	205	108	161	92
OD		2,3	1,3	1,8	2,4
Sulfatos	1805	1110	425	980	122
Sulfetos	10	7,1	4	5	4,4
Fósforo total	11	14	9	14	5
Fósforo filtravel	8	11	7	7	4
Condutividade	1735	1678	1513	1597	1413
Salinidade	0,42	0,39	0,35	0,39	0,35
Nitratos		0,75	0,21	0,53	0,16
Nitritos		6,4	3,2	5,8	3,3
Nitrogênio amoniacal 54		59	36	51	33

OBS.: Todos os parâmetros estão em mg/l exceto a Condutividade que está em $\mu\text{mhos/cm}$, os Sólidos sedimentáveis em centímetros cúbicos por litro e a Salinidade em gr/Kg

FONTE: Adaptado de PINO (1995)

Tabela 5.2.- Principais parâmetros físico-químicos ensaiados nos laboratórios de SEMAPA para a estação da PRIMAVERA de 1994

Parâmetros	Afluente	Efluente Primário		Efluente Secundário		Efluente final
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	
pH	7,6	7,95	7,75	8	7,9	7,9
Acidez	57	48	32	30	23	30
Alcalinidade	522	652	547	556	526	537
Dureza total	185	200	192	194	186	192
Cálcio	40	47	42	47	45	46
Magnésio	30	36	34	34	31	30
Cloretos	208	204	192	200	197	197
Sólidos totais	1472	1100	1012	1096	1032	1118
Sólidos dis.	988	932	876	960	908	912
Sólidos sus.	484	240	104	148	88	206
Sólid. sed.	8,5					
DBO total	508	122	74	125	114	129
DBO filtrada	146	34	19	32	18	23
DQO total	851	491	377	432	341	368
DQO filtrado	254	198	128	174	135	150
OD		10,7	4,5	23	4,2	
Sulfatos	1580	1120	440	1180	1000	1180
Sulfetos	13	6	3	5	3	3
Fósforo total	15	17	13	16	14	17
Fósforo fil.	11	11	0,3	7	3	3
Condut.	1868	1837	1670	1778	1621	1670
Nitratos		0,3	0,1	0,2	0,1	0,1
Nitritos		4,64	1,73	9,12	2,45	3,18
Nitrogê. amo. 72		69	53	55	53	53

OBS. : - Os valores do Afluente e dos Efluentes são a média dos resultados dos ensaios realizados

- Todos os parâmetros estão em mg/l, exceto a Condutividade que está em $\mu\text{mhos/cm}$, os Sólidos sedimentáveis que estão em centímetros cúbicos por litro e a Salinidade que está em gr/Kg

FONTE: Adaptado de PINO (1995)

Tabela 5.3. - Principais parâmetros físico-químicos ensaiados nos laboratórios de SEMAPA para a estação de VERÃO de 1994

Parâmetros	Afluente	Efluente Primário		Efluente Secundário		Efluente final
		Máx	Mín	Máx	Mín	
pH	7,6 - 7,2	7,97	7,6	8	7,6	7,9 - 7,8
Acidez	53,5	60	21,8	35,5	24	29,5
Alcalinidade	434	600	329	521	333	491
Dureza total	194	221	152	207	150	207
Cálcio	45	54	46	52	41	46
Magnésio	20	26	4	22	5	23
Cloretos	217	200	140	204	138	199
Sólidos totais	1420	1104	788	1102	758	1117
Sólidos dis.	977	903	652	958	676	926
Sólidos sus.	443	220	122	144	74	191
Sólidos sed.	6,25					
DBO total	484	104	54	108	54	110
DBO filtrada	137	27	11	26	16	23
DQO total	814	428	279	402	234	383
DQO fil.	252	163	84	196	100	160
OD		16	11	25	9,6	21,1
Sulfatos	1633	1080	894	1210	1020	1045
Sulfetos	11	4,5	3,4	4,3	2	3,2
Fósforo fil.	9,4	4,4	1,9	6,2	0,9	5,3
Condut.	1787	1753	1249	1736	1193	1710
Nitratos		1,02	0,27	1,06	0,22	0,81
Nitritos		4,75	2,6	4,3	2,6	
Nitrogê.amo.	52	47	30	47	30	42

OBS. : - Os valores do afluente e dos efluentes são a média dos resultados dos ensaios realizados

- Todos os parâmetros estão em mg/l , exceto a Condutividade que está em μ nhos/cm , os Sólidos sedimentáveis que estão em centímetros cúbicos por litro e a salinidade que está em gr/Kg

FONTE: Adaptado de PINO (1995)

Tabela 5.4.- Principais parâmetros físico-químicos ensaiados nos laboratórios de SEMAPA para a estação de OUTONO de 1994

Parâmetros	Afluente	Efluente Primário		Efluente Secundário	
		Máx	Mín	Máx	Mín
pH	7,3 - 7,1	7,65	7,5	7,75	7,6
Acidez	55	47	37	40	32
Alcalinidade	352	437	359	384	366
Dureza total	174	193	178	189	185
Cálcio	36	46	40	47	44
Magnésio	20	19	19	19	18
Cloretos	198	181	170	182	175
Sólidos totais	1306	964	910	956	940
Sólidos dissolvidos	938	840	784	796	796
Sólidos suspensos	368	126	124	160	144
Sólidos sed.	6,25				
DBO total	471	85	84	118	109
DBO filtrada	125	38	19	22	19
DQO total	779	325	288	363	252
DQO filtrada	1963	84	69	125	124
OD		12,7	3,1	26	20
Sulfatos	1850	1390	910	1430	1390
Sulfetos	7,5	4,9	4,4	4	3,2
Fósforo total	13	9	7	8	6
Fósforo filtrável	7,5	6	3	2,8	1,6
Condutividade	1591	1492	1377	1413	1342
Nitratos		0,31	0,22	1,77	1,02
Nitritos		3,1	3,3	5,5	4,01
Nitrogênio amoniacal 36		34	31	32	31,5

OBS. : - Os valores do afluente e dos efluentes são a média dos resultados dos ensaios realizados

- Todos os parâmetros estão em mg/l , exceto a Condutividade que está em μ mhos/cm , Sólidos sedimentáveis que está em centímetros cúbicos por litro e Salinidade que está em gr/Kg

FONTE: Adaptado de PINO (1995)

5.6.3.- PROPOSTA DE REUSO PARA O CURTO PRAZO

A proposta de reuso ora apresentada, leva em conta a obtenção do efluente tratado da ETE Alba Rancho e da futura ETE da região Sul da cidade de Cochabamba. Esta nova ETE deverá ser construída para tratar as águas residuárias desta região da cidade, a mesma que será abastecida com a água potabilizada proveniente da represa “La Angostura”. Com relação ao desempenho operacional da ETE Alba Rancho, pode-se esperar que para recuperar e otimizar sua capacidade depuradora, deveriam ser realizadas as seguintes atividades:

- Efetuar a dragagem e a limpeza das lagoas para obter de novo as dimensões originais de projeto;
- Efetuar as modificações necessárias para evitar os “curto-circuitos” principalmente nas lagoas secundárias;
- Efetuar aeração forçada nas lagoas primárias.

Uma vez obtido um efluente de qualidade sanitária aceitável para seu reuso, pode-se admitir que a vazão produzida seja no mínimo 300 l/s. Desta maneira, se for somado os possíveis 300 l/s que seriam tratados na nova ETE da região Sul de Cochabamba, então ter-se-ia uma vazão total de 600 l/s. Esta vazão aproveitável, pode ser represado ou armazenado durante os normalmente 2 meses de chuva. Assim, esta vazão durante o período de armazenamento seria de mais de 3,1 milhão de metros cúbicos por ano. Este armazenamento pode ser realizado em represas adequadas construídas na vizinhança, especificamente nas serranias próximas às ETEs, preferentemente onde seja mínima a necessidade de bombeamento destas águas para seu reuso.

Apesar de se esperar uma melhor e maior capacidade de tratamento após serem tomadas as medidas de otimização do sistema atual, deve-se pensar que o efluente final tratado a nível secundário não poderia ser reutilizado de forma indiscriminada. Desta maneira, propõe-se que o atual efluente secundário, passe por um tratamento complementar ou de nível terciário. Este tratamento pode ser um sistema de filtração lenta em camada dupla de areia e antracito para eliminar a maioria dos sólidos suspensos e partículas coloidais, eliminar os poluentes orgânicos e inorgânicos e as substâncias em geral que possam prejudicar a utilização

do efluente como fonte hídrica de forma direta, sem provocar riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

Por outro lado, pode-se ainda realizar um tratamento complementar com desinfecção do efluente secundário, com a finalidade de eliminar a maior parte dos organismos patogênicos. Outra alternativa para melhorar a qualidade sanitária do efluente, seria a construção de uma ou duas lagoas de polimento ou de maturação, para dar um tratamento complementar ao efluente secundário e assim dispor de um efluente de melhor qualidade. No caso do tratamento complementar ser a filtração lenta, o efluente seria bombeado após ser filtrado e armazenado num pequeno reservatório adjacente e posteriormente bombeado e armazenado no reservatório construído na serra vizinha à região.

Por outro lado, haveria uma vazão média constante de 600 l/s para uso exclusivo em irrigação agrícola durante os meses de período de estiagem considerado, esta vazão de água, serviria para irrigar como mínimo 600 hectares, podendo inclusive ser maior conforme o método de irrigação empregado e de acordo com o tipo de cultura irrigada. Para um melhor aproveitamento dos efluentes tratados, tanto da ETE Alba Rancho, quanto da nova ETE a ser construída, deve ser providenciado um sistema de condução do efluente para ser reutilizado de forma direta a partir do reservatório de armazenamento. Podem ser utilizados sistemas de canais de irrigação, podendo-se ainda aproveitar e otimizar os atuais canais do SNR-1 e outros novos a serem construídos, de tal maneira que otimizem a condução e distribuição da água de reuso.

5.6.4.- PROPOSTA DE REUSO PARA O MÉDIO E LONGO PRAZO

Entendendo-se por médio e longo prazo os horizontes dos anos 2.005 e 2.015 respectivamente, fica implícito dizer que o sistema de abastecimento nestas datas, certamente dependerá da implementação do tão protelado projeto Misicuni. Este projeto é o mais recomendado para sua execução com vistas ao abastecimento futuro de toda a região do Valle Central, e consequentemente da cidade de Cochabamba.

Todos os estudos realizados até o momento, não somente por firmas estrangeiras de consultoria, mas também por profissionais bolivianos, tem considerado um volume de água

diferente para um uso diferente. Em outras palavras, até hoje considerou-se de forma separada água para consumo potável e água para irrigação agrícola.

Por outra lado, os diferentes estudos realizados para o aproveitamento das águas com o projeto Misicuni, não coincidem nos dados finais apresentados, e nem nos valores finais dos resultados de consumo esperados. Desta maneira, por exemplo o estudo realizado pela consultora americana TAMS (1992) apresenta uma demanda não satisfeita de água potável de 3,184 metros cúbicos/segundo para o ano 2.015, e uma demanda de água para irrigação agrícola de 4,1 metros cúbicos/segundo para irrigar 10.800 hectares no ano 2.015. Somando-se ambas vazões para o ano 2.015, obtem-se um valor arredondado de 7,3 metros cúbicos/segundo para uma cobertura populacional de água potável de 95 %.

Por outro lado, estudo realizado por LOPEZ (1993) indica que para uma cobertura populacional de 95 % para o ano 2.015, será necessário dispor de 4,6 metros cúbicos/segundo para o abastecimento potável, para a irrigação agrícola de 10.000 hectares admite precisar de 4,0 metros cúbicos/segundo. Somando-se ambas vazões, obtem-se um total de 8,6 metros cúbicos/segundo para o horizonte do ano 2.015.

Comparando-se estes valores de ambos estudos, pode-se observar que há uma diferença de até 1,3 metros cúbicos/segundo na vazão total. Esta diferença notável, estabeleceu-se a favor do estudo elaborado por LOPEZ (1993) e está concentrada principalmente na parte correspondente a água potável, sendo quase similar a vazão destinada à irrigação agrícola para uma superfície também quase similar.

O estudo da TAMS (1992) atribue maior vazão para o uso agrícola, sendo 4,1 metros cúbicos/segundo deixando aproximadamente 3,2 metros cúbicos/segundo para água potável. O estudo de LOPEZ (1993) atribue maior vazão para o uso doméstico, sendo 4,6 metros cúbicos/segundo em relação à água para irrigação agrícola que é de apenas 4,0 metros cúbicos/segundo. Ambos estudos, nem sequer cogitam a possibilidade do reuso das águas residuárias municipais que seriam geradas a partir do uso doméstico da água potável ofertada à população, servindo assim de recurso hídrico alternativo para a irrigação agrícola, o que diminuiria praticamente pela metade a necessidade hídrica da região.

A não consideração do reuso das águas residuárias municipais previamente tratadas como fonte hídrica para sua posterior utilização, praticamente dobra a vazão demandada do projeto Misicuni, provocando com isto gastos desnecessários e possíveis de serem evitados, ou pelo menos serem adiados para uma data muito mais lonquínqua do que o ano 2.015.

5.6.5.- OPÇÃO PELO REUSO AGRÍCOLA

Embora tenha sido estudado no capítulo 2 o amplo espectro das possibilidades do reuso, sem lugar a dúvidas, é o reuso agrícola o que oferece as melhores condições de sua implementação em situações como o do Valle Central objeto deste estudo de caso. Naturalmente seria benéfico se o reuso pudesse ser praticado na maior parte de suas opções, sempre e quando para isto houvesse vazão suficiente, e as condições próprias de cada tipo de reuso fossem plenamente coincidentes com as condições do local de sua possível implementação.

Desta maneira, pederia-se pensar em separar diversas vazões para cada tipo de reuso, ao mesmo tempo em que seriam implementados, seria possível acompanhar o processo de sua realização, desde a fase de projeto até a fase de exploração, tendo logicamente os devidos cuidados em termos de sua qualidade de água, riscos à saúde pública, impactos ambientais negativos, e os processos tecnológicos adequados ao meio de sua implementação.

Tanto em termos da proposta de reuso para o curto prazo, bem como para o médio e longo prazo, o tipo de reuso que mais se adequa para a região do Valle Central é a irrigação agrícola. Por outro lado, conforme resultados da aplicação do questionário tipo Delphi que serão indicados no próximo capítulo deste trabalho, a opção de reuso de maior aceitação para a região é efetivamente o reuso agrícola.

Os métodos de irrigação atualmente utilizados na zona estudada, são o da inundação e o de sulcos. Ambos métodos apresentam baixa eficiência de irrigação, provocando com isto uma taxa elevada de evaporação, além de uma excessiva perda de água devido à infiltração/percolação, bem como facilitar o aparecimento de moscas e outros organismos que poderiam provocar riscos à saúde dos trabalhadores. A tecnologia de irrigação a ser empregada, deve assegurar uma ótima utilização do escasso recurso hídrico produzido nas

ETE's, procurando atender de forma satisfatória às necessidades do binômio solo-planta. Por outra parte, a irrigação com o efluente tratado deve assegurar as vantagens do seu rico conteúdo em nutrientes orgânicos como Nitrogênio, Fósforo, Potásio e outros.

Uma das características mais importantes para a implementação futura de um programa ou projeto de reuso, é a existência de um mercado consumidor da água de reuso, em outras palavras deve haver a demanda necessária por água e em volume tal que justifique sua implementação. No caso em estudo, as condições dadas são as melhores possíveis, pois não somente há uma grande demanda ou mercado consumidor, bem como há uma necessidade global de água para os mais diversos usos, incluindo entre eles os principais como o abastecimento potável, irrigação agrícola e de áreas verdes, uso industrial, água para recarga artificial de aquíferos, e água para usos ambientais e recreativos. Pode-se notar então, que a necessidade de água abrange todos os tipos de consumo possíveis, razão pela qual deve-se priorizar a necessidade de seu abastecimento.

Foi estudado que a provisão de água a médio e longo prazo, passará necessariamente pela implementação do projeto Misicuni. Também foi visto que este projeto contempla finalidades básicas como o abastecimento de água para uso potável, irrigação agrícola e geração de energia elétrica. Sendo considerado ainda como o "carro chefe" do projeto a geração de energia elétrica por apresentar a maior taxa de retorno econômico e ter o mercado consumidor praticamente assegurado.

Segundo D'ANGELO (1993) a capacidade geradora de Misicuni em suas etapas de implementação I e II, está plenamente justificada e incorporada no planejamento de ampliação do SIN, sendo 80 MW para Misicuni I entrando em operação em 1998 e de 40 MW para Misicuni II a partir do ano 2.000 .

De acordo com estudo elaborado pela consultora americana TAMS (1992) a opção mais recomendada, é a implementação do projeto em etapas. Numa primeira etapa, denominada Misicuni I, a produção de água seria de 3,9 metros cúbicos/segundo , a área irrigada de 6.500 hectares e a produção hidrelétrica de 80 MW, entrando em operação a partir de 1998. Portanto a partir desta data, pode-se atender perfeitamente 100 % da população da região com a dotação mínima de 200 l/hab.x dia .

Por outra parte, com uma vazão de 3,9 metros cúbicos/segundo, a população capaz de ser atendida poderia chegar a 1.684.800 habitantes, portanto mais de 3 vezes a população levantada pelo censo de 1992. Tudo isto, indica que apenas com a implementação da primeira etapa do projeto Misicuni seria possível atender folgadoamente as necessidades de água potável para o longo prazo do planejamento ou inclusive além do ano 2.015 . Entretanto, respeitando a necessidade de geração hidrelétrica a ser atendida pela implementação de Misicuni II e que entraria em operação a partir do ano 2.000, ter-se-ia uma produção de água de 5,6 metros cúbicos/segundo, bem como a irrigação de 8.700 hectarés e a geração de 120 MW (D'ANGELO ,1993).

Com uma produção de água de 5,6 metros cúbicos/segundo a partir do ano 2.000, poderia-se pensar em abastecer uma população de até 2.419.200 habitantes com uma dotação mínima de 200 l/hab.x dia. Portanto quase 5 vezes mais a população levantada pelo censo de 1992. Este panorama, oferece uma visão do potencial populacional a ser atendido com tamanha vazão que se espera obter do projeto Misicuni em apenas duas fases, ou seja com Misicuni I e Misicuni II. Desta maneira, o horizonte inicialmente planejado até o ano 2.015, poderia ser ampliado por pelo menos duas décadas ou até chegar ao universo de população estipulado pelo crescimento demográfico para a região.

Para a materialização da ideia de atendimento satisfatório da população no médio e longo prazo, é necessário que se cumpram duas premissas básicas em termos de priorização do uso da água a ser produzida pelo projeto Misicuni, estas duas premissas básicas são:

- 1).- O uso da água produzida pelo projeto nas suas duas etapas, deve seguir uma ordem sequencial ou um uso em série, em lugar de ser considerado como uso separado e diferente. Em outras palavras, o uso da água deve seguir a seguinte sequência: água para geração hidrelétrica, água para abastecimento potável da população prévia potabilização e água para irrigação agrícola prévio tratamento numa ETE;
- 2).- O reuso das águas residuárias municipais tratadas, deve ser a chave para a obtenção dos resultados esperados, tanto em termos de abastecimento potável da população para prazos maiores ao 2.015, quanto em termos de área irrigada com o efluente tratado.

Dentro das possibilidades de reuso, a opção pela irrigação agrícola é a que melhor se adequa, até por ter sido considerada como uma parte importante na formulação do projeto Misicuni. O componente água para irrigação agrícola deste projeto, foi considerado de forma separada daquele destinado ao consumo potável, razão pela qual as necessidades de vazão estão “superdimensionadas” e encareceram em muito os custos do projeto.

A sugestão que se faz necessário nestas circunstâncias, indica que em termos de reuso seria melhor considerar o seguinte: A água potável a ser usada pela população a partir da oferta gerado pelo projeto Misicuni, passa a ser considerada como água residuária susceptível de ser reusada após ser convenientemente tratada, este uso inicial aponta para a irrigação agrícola, devido não somente a atender às finalidades de irrigação do projeto, mas fundamentalmente como forma de aproveitar seu alto conteúdo de nutrientes, o que sem dúvida melhoraria em muito a produtividade agrícola do Valle Central.

Pode-se ver então, que praticamente a mesma vazão de água destinada ao abastecimento potável da população, pode-se tornar a usar para a irrigação agrícola. Desta maneira, o volume de água destinado para os dois usos, isto é, potável e irrigação, passa a ser um só, caindo assim praticamente pela metade em termos de vazão necessária para atender ambas necessidades.

Por outra parte, contribui-se enormemente para a conservação dos escassos recursos hídricos da região, passando ao mesmo tempo a economizar em inversões desnecessárias somente para o abastecimento de água numa vazão superdimensionada. Pelo contrário, os investimentos necessários seriam muito menores, o que por sua vez facilitaria em muito a obtenção de financiamento externo, e por outro lado aliviaria também a contribuição financeira por parte dos consumidores locais.

Na Figura 5.8 , está indicado o esquema sugestivo da sequência ideal para o uso racional da água proveniente do projeto Misicuni. O esquema leva em conta também o conceito do reuso, não somente para fins de irrigação agrícola, mas também para fins de recarga artificial dos aquíferos da região do Valle Central.

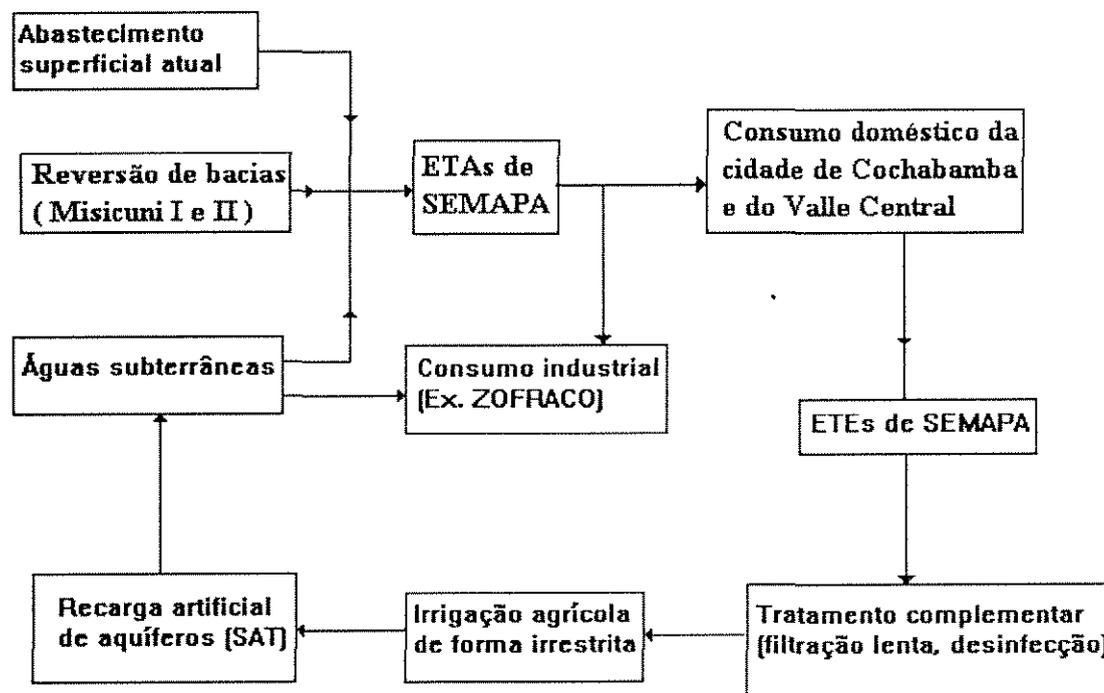


Figura 5.8.- Modelo esquemático de uso sustentável dos recursos hídricos para a região semi-árida do Valle Central levando em conta as águas residuárias municipais, industriais e agrícolas tratadas bem como a recarga artificial dos aquíferos

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

6.1.- INTRODUÇÃO

O presente capítulo trata da elaboração dos resultados obtidos durante a pesquisa de campo realizada, através da aplicação do questionário tipo Delphi aos setores considerados representativos para a realização de um estudo de caso sobre reuso direto.

Também neste capítulo serão tratados os pontos principais do modelo de planejamento proposto no item 5.2 . Desta maneira, procurar-se-á a formulação dos planos alternativos, baseando-se sempre nos dados levantados e descritos ao longo do capítulo que trata do estudo de caso.

Finalmente, será dada uma abordagem genérica e global sobre o estudo do reuso direto e suas possibilidades de implementação numa região de características semi-áridas, como é o caso da região do valle central no Departamento de Cochabamba na república da Bolívia.

6.2.- O EFLUENTE DA ETE ALBA RANCHO

6.2.1.- ASPECTOS QUALITATIVOS

Em termos de qualidade de água, pode-se dizer que apresenta deficiência em relação ao seu funcionamento ou sistema de tratamento. O sistema de lagoas facultativas, não está trabalhando conforme foi projetado, talvez por falhas no seu projeto de comportamento hidráulico, notoriamente devido ao fato de não trabalhar a fluxo pistão como se recomenda para este tipo de tratamento biológico e também devido ao seu atual tempo de retenção hidráulico ser inferior a 25 dias como recomendam autores como MARA & CAIRNCROSS (1990). O deficiente funcionamento, reflete-se na baixa capacidade de tratamento, produzindo conseqüentemente um efluente de baixa qualidade sanitária.

Tomando-se como referência os valores dos parâmetros normalmente analisados pelo laboratório de SEMAPA, observa-se que muitos deles estão com suas concentrações acima

daquelas admitidas como padrões de qualidade recomendados, principalmente em relação aos da OMS.

Por outra parte, de acordo com os resultados obtidos através das análises realizadas nos laboratórios do Programa de Águas da UMSS e nos laboratórios de SEMAPA, os quais estão indicados respectivamente nas Tabelas 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, e 6.5 pode-se ver resultados abaixo daqueles recomendados pela OMS. De acordo com a maior parte da literatura especializada, as concentrações recomendadas para o reuso dos efluentes tratados, apresentam valores menores em relação àqueles observados na análise do efluente tratado na ETE Alba Rancho.

De acordo com o relatório preliminar elaborado pela consultora encarregada de avaliar o desempenho da ETE Alba Rancho, as lagoas apresentam uma situação de saturação da sua capacidade de tratamento, mesmo no caso das condições de operação e manutenção serem as mais adequadas. Para tentar recuperar sua real capacidade de tratamento e portanto um melhor rendimento, a consultora recomenda a realização de uma dragagem geral das lagoas, bem como sua limpeza geral, especialmente das lagoas secundárias, as mesmas que apresentam zonas de “curto-circuito” que influenciam no seu período de detenção. Por todos estes motivos, apresenta-se um baixo rendimento na remoção da DBO_5 , as mesmas que estão aproximadamente em 25 %. Este índice tão baixo, reflete-se na remoção dos Coliformes totais, os mesmos que no efluente final do sistema apresentaram concentrações da ordem de 10^6 NMP/100 ml. , o que naturalmente está muito além do que normalmente se encontra na literatura para um sistema de tratamento por lagoas facultativas.

Com a finalidade de se conhecer melhor a qualidade de água do efluente da ETE , foram programadas e executadas algumas amostragens e análises dos principais parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Neste sentido, procedeu-se à contratação dos serviços dos laboratórios do Programa de Águas, ligado à Faculdade de Ciência e Tecnologia da UMSS. Assim, elaborou-se a toma de amostra no dia 08/09/94 para a análise dos parâmetros físico-químicos, e no dia 12/09/94 para a análise dos parâmetros microbiológicos. A amostragem realizada foi do tipo pontual e simples no local de descarga do efluente final do sistema de lagoas, isto é, no ponto final de saída do efluente tratado da ETE.

Os resultados da análise físico-química dos principais parâmetros, estão indicados na tabela 5.14 . Nesta tabela, também estão indicados os diversos métodos de análise empregados, bem como a concentração resultante em suas respectivas unidades de expressão.

Tabela 6.1.- Resultados da análise físico-química do efluente final da ETE Alba Rancho em 08/09/94 realizados no laboratório do Programa de Águas da UMSS

Parâmetro	Método de análise	Unidades	Concentração
pH	pHmétrico		7,6
Temperatura ambiente	direto no termômetro	°C	26,00
Temperatura amostra	direto no termômetro	°C	20,00
Condutividade	Condutivímetro	µmho/cm.	1.378,43
Turbidez	Nefelométrico	NTU	57,00
Sólidos totais	Gravimétrico	mg/l	903,00
Sólidos filtráveis	Gravimétrico	mg/l	825,00
Sólidos suspensos	Gravimétrico	mg/l	78,00
Alcalinidade	Volumétrico	mg CaCO ₃ /l	599,40
Bicarbonatos	Cálculo simples	mg CaCO ₃ /l	599,40
Cálcio	EDTA	mg/l	40,85
Carbonatos	Cálculo simples	mg CaCO ₃ /l	0,00
Dureza	EDTA	mg CaCO ₃ /l	176,40
Magnésio	Cálculo simples	mg/l	18,02
Nitritos	Diazotização	mg NO ₂ /l	N.D. (*)
Nitratos	Redução do Cádmio	mg NO ₃ /l	0,05
Nitrogênio (NH ₃)	Destilação	mg NH ₃ /l	69,46
Potássio	Fotosíntese de chama	mg/l	46,00
Chumbo solúvel	Absorção atômica	mg/l	0,03

Tabela 6.1.- Resultados da análise físico-química do efluente final da ETE Alba Rancho em 08/09/94 realizados no laboratório do Programa de Aguas da UMSS (cont.)

Parâmetro	Método de análise	Unidades	Concentração
Sódio	Fotosíntese de chama	mg/l	406,00
Óleos e gorduras	Extração com Eter	mg/l	0,11
DBOs	Incubadora de 5 dias	mg O ₂ /l	150,80
DQO	Refluxo aberto	mg O ₂ /l	152,94

(*) Não detectado

Como pode ser observado nesta tabela, os parâmetros analisados vão desde a temperatura do ambiente até a presença de metais pesados como o Chumbo. Também pode-se dizer que os métodos de análise, variam desde a leitura direta de um termômetro até a absorção atômica.

O mesmo Programa de Águas da UMSS, realizou através de seu laboratório de microbiologia, a análise bacteriológica do efluente final da ETE Alba Rancho. Para tanto, em 12/09/94 foi realizada a amostragem tipo pontual e simples no local de saída do efluente final do sistema. Os métodos de análise adotados tanto para o físico-químico quanto para o microbiológico, estão de acordo com as diretrizes indicadas no STANDARD METHODS (1989). Na tabela 6.2, estão indicados os principais parâmetros analisados, o método empregado, bem como sua respectiva concentração encontrada.

Tabela 6.2.- Resultados da análise microbiológica do efluente da ETE Alba Rancho em 12/09/94 realizada no laboratório do Programa de Águas da UMSS

Parâmetro analisado	Método de análise	Concentração e resultados
<i>Coliformes totais</i>	T.M. - NMP	4,6 x 10 ⁷ /100 ml
<i>Coliformes fecais</i>	T.M. - NMP	2,4 x 10 ⁷ /100 ml
<i>Salmonellas</i>	E.A.P.B.	Negativo
<i>Vibrio Cholerae</i>	E.A.P.B.	Negativo
Parásitos	C.M.	Negativo/litro

NMP = Número mais provável

E.A.P.B. = Enriquecimiento, Aislamiento, Pruebas Bioquímicas

C.M. = Concentração Microscópica

T.M. = Tubos Múltiplos

Analisando-se os resultados desta tabela, observa-se por exemplo que a concentração de *Coliformes totais* é muito elevada, pois o valor de 4,6 x 10⁷ não é comumente encontrada na literatura especializada, principalmente quando se trata de sistemas de tratamento por lagoas de rendimento eficiente. Para efeito de comparação, poderiam ser utilizados os valores de trabalhos apresentados por autores como MARA & CAIRNCROSS (1990) bem como MONTE & SOUSA (1992) ou ainda os recomendados pela WHO (1989). Pode-se observar também que há resultados satisfatórios, como é o caso das *Salmonellas* e do *Vibrio Cholerae*, os quais tem presença negativa na análise realizada.

Por outro lado, foram realizados outras análises de laboratório com a finalidade de se conhecer melhor a qualidade de água do efluente. Para isto, contou-se com a colaboração do pessoal especializado do laboratório de SEMAPA, localizada na própria ETE. Desta maneira, procedeu-se a programar as análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Para a análise físico-química, foram realizados 3 amostragens nos dias 7, 8 e 12 de Setembro de 1994

respectivamente, todos eles entre as 11 e 12 horas da manhã. O tipo de amostragem foi pontual e simples cujos resultados estão indicados na Tabela 6.16.

Tabela 6.3.- Resultados da análise físico-química do efluente da ETE Alba Rancho realizados no laboratório da SEMAPA

Parâmetro aritmética	Unidade	Data de amostragem			Média
		07/09/	08/09	12/09	
Alcalinidade	mg/l CaCO ₃	541	560	543	548
Cálcio	mg/l Ca	48	41	43	44
Cloruros	mg/l Cl ⁻	187	195	193	191,67
Condutividade	µmhos/cm	1831	1413	1850	1698
DBO total	mg/l	97	125	121	114,3
DBO filtrada	mg/l	19	20	21	20
DQO total	mg/l	398	411	475	428
DQO filtrado	mg/l	143	151	159	151
Dureza total	mg/l CaCO ₃	177	188	192	185,67
Extrato etéreo	mg/l	10	15	26	17
Fósforo total	mg/l	15	16	16	15,67
Magnésio	mg/l	14	21	21	18,67
Nitrogênio amoniacal	mg/l	68	62	70	66,67
pH		7,9	8,4	8,3	8,2
Sólidos suspensos	mg/l	204	244	254	234
Sólidos totais dissolvidos	mg/l	828	822	830	826,67
Sólidos totais	mg/l	1.032	1.064	1.082	1059,33
Temperatura	°C	20	21	23	21,33

Da análise da Tabela 6.3 , pode-se afirmar que os valores estão mais próximos dos encontrados na literatura especializada para sistemas de tratamento similares. Por exemplo, para a DBO total, a média é de mais de 114 mg/l , o que dá uma eficiência de remoção de aproximadamente 75,36 % se se toma em conta que a DBO do afluente é de 464 mg/l.

Por outra parte, a análise microbiológica do efluente da ETE, foi realizada em base a duas amostras realizadas em 9 e 12 de Setembro de 1.994. A análise microbiológica foi subdividida em duas: bacteriológica e parasitológico, cujos resultados estão indicados nas Tabelas 6.4 e 6.5 respectivamente . As amostras também foram pontuais e simples no local de descarga do efluente final da ETE, e nos horários entre as 10 e 12 horas da manhã.

Tabela 6.4.- Resultados das análises bacteriológicas do efluente da ETE Alba Rancho realizadas nos laboratórios da SEMAPA durante o mês de Setembro de 1994

Método de análise utilizado	Parâmetro analisado	Concentração	Data
T.M. ou NMP/100ml	Coliforme total	$7,5 \times 10^5$	09/09/94
	Coliforme total	$1,5 \times 10^6$	12/09/94
T.M. ou NMP	Coliforme fecal	$2,4 \times 10^5$	09/09/94
	Coliforme fecal	$1,5 \times 10^6$	12/09/94
Hisopo de Moore (presencia/ausência)	Salmonella sp. (*)	ausência	09/09/94
	Salmonella sp. (*)	presencia	12/09/94

T.M. = Tubos Múltiplos

NMP = Número Mais Provável

(*) = Efetuou-se o diagnóstico bioquímico, não conseguindo-se determinar os serotipos presentes nem a predominância dos mesmos. Levou-se em conta a permanência do Hisopo de Moore por 48 horas

Tabela 6.5.- Resultados das análises parasitológicas realizadas do efluente da ETE Alba Rancho realizada nos laboratórios da SEMAPA durante o mês de Setembro de 1994

Método de análise utilizado	Parâmetro analisado	Concentração	Data
T.M. ou NMP/100 ml	Salmonella sp.	9,1	09/09/94
	Salmonella sp.	6,2	12/09/94
Detecção, identificação de protozoários (quistos) e de helmintos (ovos e larvas)	Protozoários e helmintos (*)	ausência	09/09/94
	Protozoários e helmintos (*)	ausência	12/09/94
Concentração por sedimentação e flotação e recontagem de organismos	Nº de Protozoários e helmintos	0	09/09/94
	Nº de Protozoários e helmintos	0	12/09/94

T.M. = Tubos Múltiplos

NMP = Número Mais Provável

(*) = Efetuou-se o diagnóstico bioquímico não conseguindo-se determinar os serotipos presentes nem a predominância dos mesmos. Levou-se em conta a permanência do hisopo de Moore por 48 horas

Comparando-se os dados das Tabelas 6.2 (UMSS) e 6.4 (SEMAPA) pode-se dizer que a análise realizada pelo pessoal do laboratório do Programa de Aguas da UMSS não encontrou *Salmonella sp.* nem outros parásitos, por sua lado a análise do laboratório da SEMAPA encontrou presença deste microorganismo somente na análise do dia 12/09/94 realizada segundo o método do Hisopo de Moore.

Na Tabela 6.2 pode-se observar que não há registro da existência do *Vibrio Cholerae* , por outro lado na Tabela 6.5 nota-se a existência de concentrações de *Salmonella sp.* quando a análise é realizada pelo método do NMP/100 ml. Finalmente, a Tabela 6.5 não indica presença de ovos e larvas de helmintos bem como de quistos de protozoários , estes resultados são negativos durante a aplicação dos métodos da identificação e da quantificação destes microorganismos.

6.2.2.- ASPECTOS QUANTITATIVOS

A medição confiável da vazão tanto do afluente quanto do efluente da ETE Alba Rancho, tem-se tornando uma verdadeira dificuldade para o pessoal responsável pela sua operação. Vários motivos podem ser citados para esta deficiência operativa da SEMAPA. Primeiramente, as vazões de projeto para as diversas etapas de implementação da ETE, não foram alcançadas , devido principalmente à subestimação da carga orgânica a ser aplicada no sistema bem como à vazão afluente que chega ao sistema. Esta vazão excedente origina-se na ampliação do sistema de coleta das águas residuárias através da ampliação da rede de atendimento à população. Este aumento da vazão coletada deveria estar acompanhada de um respectivo aumento da capacidade de tratamento do sistema através da sua ampliação, por exemplo.

Segundo trabalho realizado por RADA & RIVERA (1994) teóricamente a vazão do efluente da ETE para 1995 deveria ser de 548 l/s. Entretanto, como não houve ampliação do sistema, a vazão que deveria estar sendo produzida já em 1988 é de 402 l/s segundo os dados de projeto. Estes autores concluem indicando que em base ao relatório de 5 anos (1987-1991) de análise do sistema pela SEMAPA, não se alcançou estes índices de vazão estipulados no projeto e nem há confiabilidade nos dados levantados por esta instituição.

Dentro deste panorama, pode-se dizer que a produção cada vez menor do efluente, está diretamente relacionada com a redução da vazão do abastecimento potável de SEMAPA, o que por sua vez, tem relação direta também com a diminuição da oferta de recursos hídricos para sua ETA. Portanto, o valor médio de vazão para o efluente e seu respectivo estudo de reuso é muito difícil de se adotar, pois ele varia em função da vazão de água potável ofertada à

população. Entretanto, para efeitos do estudo do reuso deste efluente, adotou-se o valor fictício de 300 l/s como um valor médio, levando em conta as medidas de recuperação e de otimização do sistema de tratamento da ETE.

6.3.- RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO TIPO DELPHI

A aplicação do questionário aos participantes das entrevistas, mostrou que a participação do público na problemática da escassez de água na região do Valle Central, está plenamente caracterizada pelo seu grau de retorno às questões realizadas. Por outro lado, não foi necessário realizar um processo iterativo de perguntas e respostas, precisamente porque os entrevistados em suas 3 categorias sociais, tiveram uma efetiva e significativa participação. Os resultados obtidos de sua aplicação estão resumidos e são apresentados em forma de quadros. Para uma melhor compreensão do seu significado e o alcance das informações que se obtiveram, formularam-se itens e legendas específicas para este trabalho. No Quadro 6.1, estão indicados os participantes do questionário, tanto pessoas físicas como pessoas jurídicas, em ambos os casos do setor público e do setor privado.

Quadro 6.1.- Relação das pessoas físicas e jurídicas entrevistadas durante a aplicação do questionário baseado nos princípios do método Delphi modificado

Instituição ou órgão	Entrevistado	Cargo que ocupa
GRUPO 1: ESPECIALISTAS		
1.- CONSOT	Eng° Francisco Soto	Consultor privado
2.- UMSS	Lic. Jenny Rojas	Pesquisadora do Programa de Águas
3.- SEMAPA	Eng° Javier Pino	Chefe da Divisão de tratamento de águas
GRUPO 2: INSTITUIÇÕES PÚBLICAS E PRIVADAS		
1.- SEMAPA	Eng° Gustavo Mendes	Gerente geral
2.- CORDECO	Lic. Bernardo Valdivia	Diretor de planejamento
3.- GEOBOL	Eng° Luis Cortez	Diretor
4.- SNR-1	Eng° Jorge Caballero	Diretor
5.- HCM	Dr. Edmundo Pozo	Assesor oficial
6.- SNAG	Eng° Jose Gamboa	Pesquisador
7.- CAC	Lic. Carlos Agreda	Executivo regional
8.- CODEMA	Lic. Gustavo Eguez	Presidente
9.- HAM	Arq. Jhony Antezana	Diretor de planejamento
10.- CUEMAD	Lic. Maritza del Castillo	Diretora
11.- EM	Eng° Pablo Lopez	Gerente técnico
12.- CERES (ONG)	Lic. Jorge Cortez	Pesquisador
13.- CREAMOS (ONG)	Eng° Victor Ricaldi	Diretor executivo
14.- ASTEC (ONG)	Eng° Hermogenez Espinoza	Diretor executivo

Quadro 6.1.- Relação das pessoas físicas e jurídicas entrevistadas durante a aplicação do questionário baseado nos princípios do Método Delphi modificado (Cont.)

Instituição ou órgão	Entrevistado	Cargo que ocupa
15.- ZOFRACO	Eng° Carlos Olmedo	Gerente técnico
16.- PEIRAV	Eng° Carlos Rojas	Diretor
GRUPO 3: SOCIEDADE CIVIL ORGANIZADA		
1.- APLI	Sra. Berta de Rodriguez	Diretora
2.- SAAR	Sr. Alfredo Medrano	Líder sindical
3.- ACRHOBOL	Eng° Juan Ágrede	Responsável pelo controle da produção e registro genealógico

Quadro 6.2.- Resultados do questionário aplicado mostrando seus percentuais respectivos

Perguntas (*)	Resposta			Concordância (%)				Discordância (%)				Ignorância (%)				OBS (**)	
	A	B	C	A	B	C	total	A	B	C	total	A	B	C	total		
Perg.1	S	3	15	3	100	93,75	100	<u>95,45</u>									a
	N	-	-	-					0	0	0	<u>0</u>					
	NS	-	1	-							0	6,25	0	<u>4,55</u>			
Perg.2	S	3	15	3	100	93,75	100	<u>95,45</u>									b
	N	-	-	-					0	0	0	<u>0</u>					
	NS	-	1	-							0	6,25	0	<u>4,55</u>			
Perg.3	S	3	13	3	100	81,25	100	<u>86,36</u>									c
	N	-	3	-					0	18,75	0	<u>0</u>					
	NS	-	-	-							0	0	0	<u>0</u>			
Perg.4	S	3	16	3	100	100	100	<u>100</u>									d
	N	-	-	-					0	0	0	<u>0</u>					
	NS	-	-	-								0	0	0	<u>0</u>		
Perg.5	S	3	16	3	100	100	100	<u>100</u>									e
	N	-	-	-					0	0	0	<u>0</u>					
	NS	-	-	-								0	0	0	<u>0</u>		
Perg.6	S	1	6	2	33,33	37,5	66,66	<u>40,9</u>									f
	N	1	10	1					33,3	62,5	33,3	<u>54,5</u>					
	NS	1	-	-									33,3	0	0	<u>4,55</u>	
Perg.7	S	3	7	1	100	43,75	33,33	<u>50</u>									g
	N	-	6	2					0	37,5	66,66	<u>36,36</u>					
	NS	-	3	-							0	18,75	0	<u>13,63</u>			
Perg.8	S	3	7	1	100	43,75	33,33	<u>50</u>									h
	N	-	4	2					0	25	66,66	<u>27,27</u>					
	NS	-	5	-									0	31,25	0	<u>22,72</u>	
Perg.9	S	1	5	2	33,33	31,25	66,66	<u>36,36</u>									i
	N	2	10	1					66,66	62,5	33,33	<u>59,09</u>					
	NS	-	1	-									0	6,25	0	<u>4,55</u>	

Quadro 6.2.- Resultados do questionário aplicado mostrando seus percentuais respectivos
(Continuação)

Perguntas (*)	Respostas	Concordância (%)			Discordância (%)			Ignorância (%)			OBS (*)	
Perg.10	S	3	16	3	100	100	100	<u>100</u>				j
	N	-	-	-			0	0	0	<u>0</u>		
	NS	-	-	-					0	0	0	<u>0</u>

(*) e (**)= Vide Quadro 6.3

S=Sim N=Não NS=Não Sabe

A,B e C= Grupos 1.2 e3

Quadro 6.3.- Relação detalhada das perguntas realizadas no questionário tipo Delphi bem como suas respectivas observações e recrições preferencialmente apontadas

PERGUNTA	OBSERVAÇÃO/RESTRIÇÃO
1) As águas residuárias tem algum valor para você? Sim porque.... Não porque....	a : As águas residuárias são importantes dada a elevada escassez de água na região
2) Você é favorável para o reuso das águas residuárias municipais? Sim porque.... Não porque....	b : Minimiza a demanda e pode-se aproveitar seus nutrientes
3) Você acredita que as águas residuárias possam vir a ser uma fonte alternativa de abastecimento de água? Sim porque.... Não porque....	c : Dada a escassez de água, são uma alternativa válida, porém deve-se levar em conta os custos e a tecnologia aplicada na sua obtenção
4) Você acredita ser necessário que Cochabamba procure fontes alternativas de água? Sim porque.... Não porque....	d : É necessário buscar novas fontes de água sim principalmente devido à enorme escassez, ao crescimento populacional e as características semi-áridas da região
5) Na sua opinião, Cochabamba deveria ter políticas, programas e projetos de conservação de água e sobre reuso? no	e : É necessário ter políticas, programas e projetos de conservação de água e reuso principalmente dada a falta de planejamento manejo dos recursos hídricos, bem como pela falta de legislação que regulamente seu uso

Quadro 6.3.- Relação detalhada das perguntas realizadas no questionário tipo Delphi, bem como suas respectivas observações e restrições preferencialmente apontadas (Continuação)

Pergunta	Observação/Restrição
6) Você acredita que as águas residuárias municipais embora tratadas, quando não forem reusadas, podem provocar dano ambiental?	f : Não há grande temor de provocar dano pois supõe-se um adequado tratamento, porém deve-se realizar um tratamento complementar para evitar uma possível poluição do solo e das plantas
7) Que tipo de reuso você acredita que seja adequado para Cochabamba? (indique os 3 mais importantes)	g : Apenas 1 dos entrevistados não respondeu à pergunta, sendo que os 3 principais tipos de reuso são em ordem decrescente: - Irrigação agrícola - Uso industrial - Uso potável Há ainda indicações de reuso para irrigação de áreas verdes, recreativo, aquacultura e recarga de aquíferos
8) Você acredita que haja suficiente tecnologia para implementar efetivamente algum tipo de reuso com as águas residuárias de Cochabamba? Sim porque..... Não porque.....	h : Praticamente a metade dos entrevistados diz que há tecnologia para se implementar um programa ou projeto de reuso, o resto do pessoal diz que falta experiência local e chamam a atenção para o alto custo da tecnologia a ser utilizada

Quadro 6.3.- Relação detalhada das perguntas realizadas no questionário tipo Delphi, bem como suas respectivas observações e restrições preferencialmente apontadas (Continuação)

Pergunta	Observação / Restrição
9) Você considera que poderia haver algum tipo de problema com a saúde pública, caso seja implementado efetivamente um projeto de reuso? Sim porque.... Não porque....	i : A maioria dos entrevistados acredita não haver problemas, desde que haja ações planejadas como uma conscientização da população, da tecnologia apropriada e execução sob normas, porém deve-se ter o cuidado com os riscos aos usuários e trabalhadores, bem como ter cuidado com o fator psicológico da sociedade, zelando ainda por um eficiente gerenciamento
10) Você iria apoiar estudos, programas e projetos de reuso na região de Cochabamba? Sim porque.... Não porque....	j : Todos os entrevistados das 3 categorias tem resposta afirmativa, concordando em apoiar o indicado na pergunta

6.4.- O PROCESSO DE PLANEJAMENTO

Os resultados sobre o processo de planejamento aplicado para elaboração do estudo de caso de este trabalho, estão apresentados em função de sua análise teórica sobre seus aspectos de realização. Neste sentido, são indicados os resultados para os aspectos de: Determinação do objetivo geral e dos objetivos específicos, inventário dos recursos naturais água e solo, elaboração do diagnóstico preliminar e formulação da estratégia básica.

6.4.1.- INVENTARIAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS ÁGUA E SOLO

Através da elaboração do estudo de caso, ficou demonstrado que a escassez de água na região do Valle Central é uma realidade, não apenas conjuntural, mas uma escassez histórica de muitas décadas atrás. Diversos fatores têm contribuído para a crescente escassez de água. Entre

estes fatores, podem ser citados o crescimento populacional, a falta de planejamento dos recursos hídricos para atender à demanda, o elevado índice de perdas do sistema de distribuição de água a cargo de SEMAPA e as recentes mudanças climatológicas que tem contribuído para uma diminuição ainda maior da já escassa precipitação pluvial.

Estudando as condições de abastecimento de água bruta para SEMAPA, pode-se concluir que há uma forte diferença entre a oferta e a demanda. Existe um planejamento para o abastecimento de água potável até o ano 2.000, porém nem a execução de projetos importantes de investimento para uma maior produção de água potável, satisfazem o atual déficit no atendimento à demanda da população da região.

Nota-se uma falta terrível de sincronização na elaboração de planos para o abastecimento de água, pois por um lado SEMAPA elaborou um planejamento para o ano 2.000 ou para o curto prazo segundo o autor, por outro lado, autores como LOPEZ (1993) elaboraram planejamento até o ano 2.020, ou para o longo prazo segundo o autor. Isto deve-se ao fato de SEMAPA não levar em conta a implementação do projeto múltiplo Misicuni.

Não há um planejamento integral dos recursos hídricos, cada setor de consumo tal como o setor municipal ou doméstico, o agrícola e o industrial, se abastece como pode e de uma forma independente dos outros setores. Desta maneira, SEMAPA faz o que pode para abastecer à população, utilizando para isto as limitadíssimas fontes superficiais e águas subterrâneas obtidas a partir do seu próprio esforço ou de convênios próprios. O setor agrícola depende maioritariamente da precipitação pluvial, pois não uma política agrícola que vise a irrigação maciça, apenas há um aproveitamento rústico das fontes superficiais existentes nas microbacias do maciço montanhoso da cordilheira do Tunari, bem como do SNR-1 que abastece com água para irrigação apenas uma parte da zona Sul do Valle Central, mesmo assim com uma eficiência que deixa a desejar, pois seu sistema de distribuição de água está completamente obsoleto. O setor industrial se abastece quase que integralmente das águas subterrâneas, as mesmas que são obtidas por conta própria dos interessados, sem o menor controle e planejamento.

O projeto Misicuni, mostrou-se como uma necessidade imperiosa para satisfazer a demanda, não somente para o curto prazo, mas fundamentalmente para a demanda de médio e

longo prazo. Ficou demonstrado que o atual sistema de abastecimento não satisfaz a demanda, assim como não há planejamento para obtenção de novos recursos hídricos além dos convencionais como águas superficiais e águas subterrâneas. A grande esperança hídrica continua sendo a implementação do projeto Misicuni, pelo menos nas suas etapas I e II.

Dentro do inventário dos recursos hídricos de uma região semi-árida, não pode deixar de ser considerado o aproveitamento ou reuso da água consumida pelos diversos setores. Principalmente o reuso da água de consumo municipal ou doméstico, pois após seu tratamento adequado, é perfeitamente possível sua inclusão como um recurso hídrico alternativo. No estudo de caso do presente trabalho é muito necessário sua consideração como recurso hídrico, já que conforme foi explicado, não há muitas fontes de abastecimento disponíveis na região do Valle Central.

A inventariação dos recursos hídricos, considera as águas subterrâneas como uma alternativa potencialmente viável de ser melhor aproveitada. Entretanto, requerem-se estudos mais aprofundados sobre suas reais possibilidades de aporte. Neste sentido, deve-se realizar esforços para sua inclusão permanente no equacionamento do balanço dos recursos hídricos.

Toda região de características áridas ou semi-áridas, deveria ter elaborado um criterioso balanço dos seus recursos hídricos. Neste sentido, são necessários levar em conta todas as potenciais fontes hídricas dessa região. Dentre as potenciais fontes hídricas, não podem deixar de ser consideradas as águas residuárias municipais, as industriais e as da irrigação agrícola.

A legislação e regulamentação sobre o uso adequado dos recursos hídricos e sobre seu reuso, torna-se numa das medidas básicas e necessárias para um eficiente planejamento e posterior gerenciamento dos recursos hídricos. Por outra parte, a normalização da qualidade de água para o uso e para o reuso, facilitaria muito seu controle e seu monitoramento.

Precisamente o controle da qualidade da água, não somente durante o uso, mas também durante o reuso, ajuda a melhorar a qualidade de vida dos consumidores. Por outro lado, também contribui na preservação da qualidade do meio ambiente, particularmente no que diz respeito à poluição hídrica dos corpos receptores.

No estudo de caso deste trabalho, viu-se que o recurso solo também é bastante escasso, principalmente em termos de sua destinação agrícola. Por outra parte, o uso e ocupação do

solo do Valle Central não tem nenhum planejamento prévio. A ocupação sem critério por parte dos habitantes do vale, ocorre devido ao incessante avanço da mancha urbana, provocando com que terrenos originariamente agrícolas, passem a ser urbanizados sem nenhum controle e critério.

É necessário e urgente que se faça um plano de uso e ocupação do solo. Não somente para regulamentar e controlar o avanço da mancha urbana, mas também para preservar o que resta de solo agricultável. A prática agrícola, deveria ser revitalizada, até porque tradicionalmente o Valle Central, foi um importante centro de produção agrícola de Bolívia.

Através do estudo de caso, constatou-se que a região conta com importantes centros de pesquisa agropecuária. Estes centros não foram instalados sem nenhum critério, muito pelo contrário, são uma expressão da importância que o Valle Central tem para com o setor agropecuário. Desta maneira, é necessário um melhor aproveitamento destes centros, não apenas para o desenvolvimento socio-econômico da região, mas do Departamento de Cochabamba e do próprio país.

6.4.2.- DIAGNOSTICO DA PROBLEMÁTICA PARA O VALLE CENTRAL

O Valle Central engloba a cidade capital do Departamento de Cochabamba, bem como outras cidades menores, juntas todas elas formam o que veio a se chamar de região metropolitana de Cochabamba. Esta região tem muita importância para o desenvolvimento do Departamento e do país, pois é um dos que mais tem recebido correntes migratórias do interior do Departamento e de outras regiões da Bolívia, principalmente das regiões produtoras de minérios como os Departamentos de Potosí e Oruro. A vocação primária do Valle Central, tem sido ao longo de sua historia a atividade agrícola, sendo no passado tido como um centro exportador de produtos agrícolas e atualmente sua capacidade produtora está restringida apenas para o consumo interno, correndo o risco ainda no médio prazo vira a ser uma região importadora de produtos agrícolas.

O estudo do clima através da sua classificação climatológica segundo vários métodos, mostrou que a região do Valle Central possui um clima semi-árido. Entretanto, parece ser que a combinação de outros fatores como a intensidade da radiação solar, a existência de solos

aluviais bastante férteis, amenizam a vegetação que deveria ter características de regiões semi-áridas tais como as estepes. Este condicionamento climatológico, outorga à região faculdades de clima benigno, favorecendo o desenvolvimento de diversas culturas, tornando-a assim num importante centro agrícola.

A região estudada, praticamente não tem rios perenes na sua bacia hidrográfica. O principal rio da região e que atravessa a região no sentido Leste-Oeste é o rio Rocha, um dos seus afluentes principais é o rio Tamborada, o restante dos pequenos riachos e córregos que afluem para o rio Rocha, são originários das micro-bacias do maciço montanhoso da cordilheira do Tunari. Estas micro-bacias, aportam água somente por ocasião da época de chuvas, pois no restante do ano estão praticamente secos, já que seus ínfimos fluxos de água são aproveitados pelos agricultores da região pre-cordilheirana através de sistemas rústicos de irrigação. Desta maneira, o Valle Central somente tem recursos hídricos superficiais sob regime temporário, sendo na maior parte do ano uma região sem fontes hídricas de escoamento superficial.

As águas subterrâneas, representam um potencial importante de captação hídrica, principalmente para o abastecimento potável e industrial. Sua exploração incontrolada e com absoluta falta de planejamento, pode chegar a comprometer seu uso sustentado.

O projeto Misicuni representa uma alavanca necessária para a solução da problemática dos recursos hídricos da região. Sua implementação requer a máxima urgência, pois praticamente não há novas fontes de abastecimento para satisfazer as necessidades de médio e longo prazo e mesmo as de curto prazo, correm o risco de serem comprometidas pela demanda crescente e pela diminuição da precipitação pluvial. Esta situação desesperada, poder originar a curto prazo conflitos severos entre os usuários de água, particularmente entre os consumidores de água potável e os usuários de água para irrigação agrícola.

SEMAPA constituiu-se numa empresa que não consegue equacionar e resolver sozinha o problema do abastecimento de água. Esta empresa encontra-se limitada por uma série de fatores que vão desde a falta de potenciamento financeiro, até a carência de recursos humanos especializados, passando logicamente pelo menor índice de precipitação pluvial na região.

A ETE Alba Rancho, foi notoriamente mal projetada no seu critério técnico, particularmente no tocante ao tipo de fluxo hidráulico do sistema de lagoas e no sub-

dimensionamento das cargas afluentes ao sistema. Esta constatação está demonstrada nas diversas avaliações que o sistema sofreu e que na sua totalidade indicaram que o sistema está saturado na sua capacidade de tratamento a menos de 10 anos de sua inauguração. A qualidade do efluente final da ETE, está aquém de similares sistemas de tratamento reportados na literatura especializada, particularmente no tocante aos aspectos microbiológicos como os índices de coliformes fecais e totais por exemplo.

A aplicação do questionário tipo Delphi modificado, permitiu comprovar o elevado grau de conscientização da comunidade regional em relação à escassez de água. Por outro parte, observou-se também que o desenvolvimento sócio-econômico da região depende diretamente da satisfação das necessidades hídricas. Particularmente no caso da atividade agrícola, a incrementação da irrigação, certamente trará melhorias aos produtores e indiretamente aos consumidores, dado que se incrementariam o números de safras anuais e fundamentalmente poderia se praticar uma agricultura voltada para outras culturas, especialmente aquelas de maior valor agregado comercial, representando assim uma maior fonte de ingressos para a região.

A região do Valle Central, deveria ter um tratamento prioritário em função de suas características agropecuárias, até porque é uma das poucas regiões do Departamento de Cochabamba que apresenta um potencial no abastecimento com produtos agropecuários. Este abastecimento, não apenas para o mercado consumidor interno, mas também para o mercado externo como atualmente é o caso da floricultura exportadora para os países da união européia, por exemplo.

Dentro das limitadas fontes de abastecimento, principalmente das superficiais, surge com muito ênfase o aproveitamento das águas residuárias municipais tratadas, isto as chamadas neste trabalho de águas de reuso. Estas águas, constituem-se desta maneira numa fonte alternativa para mitigar a escassez de água. Reusar estas águas, para as mais diversas atividades, porém principalmente para a irrigação agrícola, torna-se numa questão prioritária de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos da região.

A irrigação agrícola, apresenta-se como uma das opções de reuso mais sentidamente necessárias pela comunidade, não somente pela existência de um amplo mercado consumidor

para este tipo de atividade, mas também pela lógica de seu aproveitamento eficiente, tanto em termos de aproveitamento dos seus nutrientes, como da proximidade dos solos a serem irrigados praticamente vizinhos as fontes produtoras das águas residuárias. Este tipo de reuso por outra parte, tornaria o Valle Central novamente numa região muito fértil.

A legislação vigente em matéria de água é muito antiga e defasada, tanto em termos de água superficial como para águas subterrâneas. Em termos de águas residuárias então não há a mínima idéia do seu real valor e potencial de aproveitamento. Por outro lado, não uma atualização e regulamentação para o uso e gerenciamento das águas brutas naturais nem superficiais e nem subterrâneas.

O reuso do efluente final da ETE Alba Rancho, quando adequadamente realizado no curto prazo e decorrente de um planejamento eficiente, terá uma contribuição substancial para com a conservação de recursos hídricos naturalmente escasso na região. Por outro lado, o reuso das águas residuárias coletadas e tratadas por SEMAPA, contribui de maneira direta para a minimização da poluição hídrica dos corpos receptores como rios temporários e de solos agricultáveis da região.

Este tipo de melhoramento ambiental de forma indireta, pode ainda contribuir para a recuperação dos solos estéreis e ampliação da área agricultável. A irrigação com água de reuso, permite o potenciamento nutritivo dos solos, permitindo-lhes desta maneira uma maior capacidade de produção. Este último aspecto torna-se mais importante ainda, face ao atual estado em que se encontram áreas importantes vizinhas à ETE, as mesmas que estão salinizadas e inúteis para a prática agrícola, correndo o risco ainda de a médio prazo, toda a área vir a se tornar uma região semidesértica com consequências imprevisíveis para o meio ambiente e para a comunidade regional.

A escassez de água materializada no desabastecimento à comunidade, deve ter certamente uma relação direta com as condições sanitárias desta comunidade. No caso do Valle Central, a saúde pública da comunidade está atrelada às condições de saneamento básico existentes na região. Não há estudos epidemiológicos detalhados para a região, porém as condições sanitárias observadas principalmente para a população de menor poder aquisitivo e para a comunidade vizinha à ETE Alba Rancho, permitem inferir que o desabastecimento de

água potável e a falta de esgotamento sanitário, devem ser provocadoras de uma forte incidência das doenças de veiculação hídrica destes habitantes.

O uso e ocupação do solo no Valle Central, encontram-se completamente desatualizados e num tremendo caos, carentes absolutamente de um planejamento atualizado. Entretanto, observa-se que as áreas destinadas teoricamente para a atividade agrícola, gradualmente vem sendo ocupadas por loteamentos na sua maior parte inescrupulosos e especulativos, que não fazem outra coisa senão contribuir negativamente ao crescimento desordenado da mancha urbana. Este fator acarreta não apenas a diminuição das áreas agricultáveis, mas também provoca a deterioração dos solos férteis.

Os recursos hídricos da região semi-árida do Valle Central, deveriam ser cuidadosamente estudados e inventariados, além de serem adequadamente equacionados. Neste sentido, torna-se necessário considerar todas as possíveis fontes hídricas da região, sem deixar de levar em conta as águas residuárias, principalmente as de origem municipal ou domésticas. O balanço dos recursos hídricos deve indicar os elementos ou setores de oferta e demanda, de tal maneira que seja possível identificar claramente qual o setor cuja demanda não está sendo satisfeita. Por outro lado, este balanço dos recursos hídricos permitiria conhecer também qual o setor que apresenta um excedente hídrico.

A proposta de reuso para o curto prazo (ano 2.000) leva em consideração o aproveitamento para irrigação agrícola do efluente não apenas da atual ETE, mas também do efluente da futura ETE a ser construída para tratar as águas residuárias da zona sul da cidade de Cochabamba. Precisamente, esta zona é a que será abastecida com as águas da represa "La Angostura" do SNR-1, as mesmas que serão intercambiadas com o efluente da ETE Alba Rancho.

A implementação da proposta de reuso para o curto prazo, implica na prática da irrigação agrícola da região sul do Valle Central, justamente aquela região que atualmente é deficientemente atendida pelo SNR-1. Espera-se que o intercâmbio de águas seja positivo, não somente em termos de quantidade disponível para a irrigação, mas fundamentalmente em termos qualitativos, devido ao aproveitamento dos nutrientes contidos nos efluentes das duas ETEs disponíveis futuramente para esta região.

A proposta de reuso para o médio (ano 2.005) e para o longo prazo (ano 2.015), encontra-se indexada necessariamente à implementação do projeto Misicuni. De uma maneira geral, mostrou-se que somente a implementação deste projeto, pelo menos nas suas etapas I e II, permitirão atender satisfatoriamente a demanda hídrica para estes prazos do planejamento. Entretanto, o reuso para estas condições, dependerá da gradativa produção de efluente tratado em novas ETEs a serem construídas, para tratar as águas residuárias obtidas a partir da ampliação do consumo de água potável, graças ao projeto Misicuni.

Torna-se importante realçar a contribuição do reuso nestas etapas do planejamento, principalmente pela sua capacidade de diminuir a demanda de água do projeto Misicuni praticamente pela metade. Por outro lado, o reuso contribuiria enormemente na política de conservação dos recursos hídricos, haja vista que as águas brutas naturais inicialmente previstas para serem usadas na irrigação agrícola, estariam sendo conservadas para seu uso no abastecimento de atividades que exijam uma qualidade melhor, como para o abastecimento potável por exemplo, ao passo que no seu lugar seriam utilizadas as águas de reuso geradas pelo consumo doméstico.

A implementação do reuso agrícola no Valle Central, implica numa substancial conservação dos recursos hídricos gerados com a implementação do projeto Misicuni. Desta maneira, seria possível postergar a implementação das outras etapas deste projeto de custos elevados. Por outro lado, permitiria economizar temporariamente os vultosos investimentos que são necessários para sua implementação, impulsionando-o assim no prazo mais curto possível, para amenizar a elevada escassez de água que sofrem os habitantes da região e por outro lado conservando por mais tempo, um recurso tão valioso para a região semi-árida do Valle Central.

6.4.3.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS A SEREM ALCANÇADOS

Os objetivos inicialmente formulados neste trabalho caracterizaram-se pelo seu aspecto genérico em relação ao estudo do reuso e ao estudo de caso. Durante a elaboração do estudo de caso, adquiriram-se informações mais concretas e específicas acerca das condições próprias da região escolhida para o presente estudo de caso. A profundização do conhecimento para um

caso específico, permite a reavaliação dos objetivos, permite formulá-los de uma maneira mais específica e pontual. Entre estes objetivos específicos para o Valle Central a serem alcançados através da elaboração do estudo de caso, estão os seguintes:

- Obtenção de um novo recurso hídrico;
- Minimização do desequilíbrio entre a demanda e a oferta de água na região;
- Elaboração de um balanço dos recursos hídricos incluindo as águas residuárias municipais tratadas como um dos seus componentes efetivos;
- Revitalização da vocação agrícola do Valle Central;
- Ampliação das áreas agricultáveis a partir de uma maior e permanente oferta de água para irrigação das culturas;
- Otimização no uso e reuso dos recursos hídricos;
- Melhoria da saúde pública dos agricultores e consumidores a partir da obtenção de produtos agrícolas obtidos de uma irrigação de forma irrestrita;
- Contribuição ao desenvolvimento sustentável da região;
- Minimização dos riscos da poluição ambiental.

6.4.4.- FORMULAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS A SEREM UTILIZADAS

As estratégias necessárias para atender aos objetivos específicos identificados neste processo de planejamento, decorrem justamente do conhecimento mais aprofundado da região objeto do estudo de caso. Desta maneira, a forma de alcançar estes objetivos, passa

necessariamente pela implementação de medidas de natureza estrutural ou construtivas e pela implementação de medidas de natureza complementar ou institucionais.

Entre as medidas estruturais que signifiquem a realização de obras construtivas, estão as seguintes:

- Construção de um sistema de tratamento complementar para o atual efluente da ETE Alba Rancho, este pode ser constituído por um processo de represamento em laguna de maturação, por um sistema de filtração lenta em camadas múltiplas ou por um sistema de desinfecção adequado;
- Implantação de um sistema de bombeamento para recalcar o efluente para seu represamento nas zonas altas das serranias vizinhas;
- Construção de um açud ou represa de armazenamento para a água de reuso com a finalidade de serem utilizadas como fator de regulação das vazões destinadas à irrigação agrícola;
- Construção de um sistema de distribuição adequado, conformado principalmente por canais de concreto afim de se evitar as perdas por infiltração no solo, bem como os demais elementos necessários para a prática de irrigação e distribuição por gravidade;
- Construção da nova ETE da zona sul da cidade de Cochabamba, de tal maneira que possa ser utilizada conjuntamente a ETE Alba Rancho afim de otimizar o reuso dos seus efluentes tratados;
- Construção de novas ETES a medida que for aumentando a oferta de água potável proveniente da implementação do projeto Misicuni;
- Reabilitação total do atual sistema de distribuição de água do SNR-1;
- Construção de sistemas de represamento das águas de reuso a medida que for se ampliando

seu grau de produção nas ETEs a serem construídas, melhorando assim sua regulação e utilização;

- Reabilitação e se possível ampliação da atual capacidade de tratamento da ETE Alba Rancho.

As medidas complementares para a presente estratégia proposta, consistem basicamente na implementação de legislação adequada, regulamentação através de leis específicas, normas, padrões e regulamentos específicos para o uso e reuso dos recursos hídricos. Entre as principais medidas, podem ser citadas as seguintes:

- Elaboração e implementação de uma legislação atualizada para águas naturais e águas de reuso;
- Regulamentação da utilização dos recursos hídricos de uma maneira geral e em particular das águas de reuso;
- Elaboração de normas próprias para o controle da qualidade sanitária das águas de reuso;
- Formação de um ente institucional que se ocupe da problemática dos recursos hídricos, englobando as atividades de planejamento, gerenciamento e fiscalização de projetos de reuso;
- Formação de uma agência ambiental responsável pela elaboração de normas sanitárias e ambientais para a região, de tal maneira que cuidem da qualidade de água não apenas das águas de abastecimento, mas também das águas de reuso;
- Elaborar e implementar um planejamento ambiental para a região, incluindo entre outros fatores o uso e ocupação do solo, quantificação e classificação dos solos agricultáveis e o uso e reuso dos recursos hídricos;

- Elaborar e implementar amplo programa de educação ambiental na comunidade, em particular voltada para os aspectos de saúde pública dos agricultores da região.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1.- INTRODUÇÃO

Ao longo de todo o trabalho, foi visto e mostrado que o estudo do reuso, tem uma grande importância, principalmente quando se trata de regiões áridas e semi-áridas. Por outro lado, foi estudado que a implementação de um programa ou projeto sobre reuso, tem uma contribuição muito importante sob dois aspectos: por um lado é um eficiente instrumento gerencial de uma política de conservação de água, e por outro lado, é um efetivo instrumento de preservação e minimização do dano ambiental decorrente da poluição hídrica.

A revisão bibliográfica deste trabalho, demonstrou que o estudo do reuso, é uma preocupação relativamente nova em termos de seu tratamento científico e tecnológico. Entretanto, é cada vez mais notória sua necessidade de estudá-la e implementá-la, principalmente dada a realidade de uma cada vez maior demanda por água no mundo todo. Demanda esta que torna angustiante o abastecimento de água nas regiões carentes de recursos hídricos naturais. Neste sentido, as águas residuárias municipais quando devidamente tratadas e tomadas todas as precauções possíveis em termos de saúde pública e dano ao meio ambiente, além é claro das considerações necessárias sobre outros aspectos como a educação ambiental, o desenvolvimento tecnológico, a relação benefício/custo, a interação sócio-cultural da população envolvida e fundamentalmente aspectos legislativo-institucionais, torna-se num efetivo recurso hídrico alternativo.

Pode-se dizer que quando se trata de realizar um estudo sobre reuso, cada caso é um caso, isto quer dizer que, as características próprias e naturais de cada região, serão as que aportem com os dados básicos para a formulação das principais diretrizes do estudo. Entretanto, há certas características que são comuns, dentre as quais destacam-se principalmente a escassez de recursos hídricos, o clima árido ou semi-árido, a demanda crescente e uma política racional do uso da água.

Existem por outro lado, fatores aleatórios que podem acelerar ou retardar a implementação de um estudo de reuso planejado. Entre estes fatores, certamente estão o grau de conscientização da população em relação à necessidade de satisfazer a falta de água, a dificuldade em se obter os recursos financeiros necessários para a implementação, e principalmente a boa vontade política das autoridades responsáveis pela problemática da água.

7.2.- CONCLUSÕES SOBRE O REUSO

Durante a revisão bibliográfica do tema pesquisado neste trabalho, foi possível ter uma visão geral dos diferentes aspectos inerentes ao reuso. Começando pela sua caracterização, observou-se que sua recente abordagem em forma científica e tecnológica, tem ampliado e incentivado sua implementação em cada vez mais diversas regiões do mundo. Este fato mostra que é cada vez mais importante e necessário a pesquisa e o estudo em relação à problemática da escassez de água, ao seu uso racional e de forma geral ao seu uso sustentável para a humanidade.

Os diversos tipos de reuso estudados, são uma pequena amostra da variada gama de possibilidades de reuso das águas residuárias adequadamente tratadas. Os diversos aspectos que implicam num programa de reuso, vão desde as considerações sócio-econômicas, os aspectos de saúde pública, os aspectos ambientais e os aspectos legislativos, institucionais e normativos, além da educação ambiental. Todos estes fatores, são tópicos que deveriam ser tratados por ocasião de se realizar um estudo sobre reuso com vistas à sua implementação exitosa numa determinada região.

Em regiões de clima árido e semi-árido, com escassos recursos hídricos, o reuso pode contribuir efetivamente ao abastecimento, através de uma fonte de água alternativa. Por outra parte, regiões não necessariamente escassas de água de forma natural, mas com seus recursos hídricos sobre-explorados e comprometidos devido a elevados graus de poluição hídrica decorrente de intensa atividade industrial e não tratamento adequado das suas águas residuárias, podem vir a serem engajadas na necessidade de se implementar programas de reuso a curto prazo.

A exploração racional dos recursos hídricos, requer de um planejamento prévio bem elaborado e adequadamente implementado, de tal maneira que, seja possível a satisfação da demanda não apenas para a geração atual, mas também para as próximas gerações. A conservação dos recursos hídricos através da implementação do reuso, pode até certo ponto contribuir para o uso sustentado dos recursos hídricos, ao mesmo tempo em que contribui para a preservação do meio ambiente, evitando ou minimizando a poluição hídrica dos corpos receptores.

A implementação do reuso por outro lado, contribui de maneira decisiva para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos, reservando águas de melhor qualidade bruta para usos que requeiram uma melhor qualidade de água como o abastecimento potável por exemplo. Atividades humanas que não requeiram elevado grau de qualidade, tais como por exemplo a irrigação agrícola ou a descarga em vasos sanitários, poderiam serem perfeitamente atendidas por águas de reuso.

Toda região escassa em recursos hídricos, deveria elaborar um balanço dos mesmos, no qual não deixem de ser incluídas as águas residuárias, tanto de origem municipal ou doméstico, bem como as de origem industrial e as de origem agrícola. O balanço dos recursos hídricos, deveria levar em conta também, aspectos do abastecimento e do consumo, identificando claramente quais os setores que são os maiores consumidores e quais os setores que aportam maiores recursos hídricos.

Outra contribuição importante da implementação do reuso, radica no seu aspecto ambiental. A minimização de problemas ambientais decorrentes da disposição final das águas residuárias de uma maneira geral, através de sua descarga direta nos corpos receptores, principalmente quando estas não são tratadas ou são deficientemente tratadas. Reusar águas residuárias significa, deixar de descarregar elementos e substâncias poluentes no meio ambiente, as mesmas que podem ocasionar problemas ambientais e de saúde pública.

Não deve deixar de ser extraída a conclusão sobre o aspecto da educação ambiental, neste sentido, a implementação de um estudo sobre reuso, pode contribuir para uma maior conscientização da comunidade no referente ao real valor dos recursos hídricos, bem como à sua importância de preservá-los e conservá-los para as gerações futuras. Desta maneira, a educação

ambiental voltada para os recursos hídricos de uma maneira geral, pode contribuir para uma melhor compreensão da necessidade de se realizar um uso sustentado deles, principalmente quando se trata de regiões onde a natureza ou a mão do homem tem limitado sua presença ou tem comprometido sua utilização.

7.3.- CONCLUSÕES SOBRE O ESTUDO DE CASO

Ao se conhecer melhor a região do Valle Central é possível obter conclusões, embora preliminares, estejam baseadas num trabalho de campo e um efetivo conhecimento da realidade desta região. Neste sentido, as principais conclusões para o estudo de caso desenvolvido neste trabalho, são as seguintes:

- O clima na região é notadamente de características semi-áridas, onde a precipitação pluvial é inferior à evapotranspiração potencial na maior parte do ano;
- Existe uma efetiva escassez de água na região, não apenas conjuntural, mas histórica e natural;
- Os recursos hídricos superficiais da bacia principal da região pertencente ao rio Rocha, tem uma característica temporária, bem como todos os demais afluentes menores e outros cursos de águas superficiais;
- A região do Valle Central é uma das poucas áreas do Departamento de Cochabamba com potencial agropecuário que vem sendo explorada há muitas décadas atrás;
- Não existe o mínimo planejamento na exploração dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- Os setores tradicionalmente de maior consumo de água como o municipal ou doméstico, o industrial e o agrícola, abastecem-se de forma independente e sem nenhuma coordenação e de acordo com seu próprio critério;

- O uso e ocupação do solo é realizado de forma aleatória e sem um planejamento territorial;
- O crescimento caótico da mancha urbana, está ocupando cada vez mais áreas agricultáveis, provocando desta maneira uma urbanização prejudicial para a prática agrícola tradicionalmente praticada na região, correndo o risco de transformá-la de uma região exportadora para uma região importadora de produtos agropecuários;
- A importância sócio-econômica da região, está demonstrada não apenas pelo fato de ser a que abriga a terceira maior cidade do país, mas também por ser um centro agropecuário importante,
- A existência de importantes centros de pesquisa e desenvolvimento agropecuário, confere região sua importante papel dentro da atividade econômica do país;
- A aplicação do questionário tipo Delphi modificado, permitiu observar o elevado grau de participação da comunidade; a maioria absoluta dos três setores entrevistados afirma que é muito necessário apoiar políticas, programas e projetos de reuso para a região;
- Estudando o sistema atual do saneamento básico administrado por SEMAPA, pode-se notar que os índices de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário e tratamento das águas residuárias, tem muito por melhorar. Por outra parte, a população sofre com o forte grau de desabastecimento, porém compreende que SEMAPA sozinha não pode fazer muita coisa;
- A grande esperança dos habitantes da região radica na implementação do projeto Misicuni, principalmente pela possibilidade de satisfazer suas necessidades a médio e longo prazo, embora seja necessário sua implementação já para o curto prazo;

- A ETE Alba Rancho não está trabalhando adequadamente, pois certamente não foi projetada com os melhores critérios técnicos que a literatura especializada recomenda. Como consequência deste problema, o efluente produzido não reúne as condições sanitárias ideais para ser aproveitamento direto;
- O atual uso que se faz do efluente, devido principalmente à pressão dos agricultores por ocasião dos meses mais secos do ano, está colocando em risco sua saúde pública, principalmente devido ao contato físico no ato da irrigação;
- Reusando da forma atual, sem nenhum planejamento e controle, está sendo acelerado o processo de degradação dos solos agricultáveis da vizinhança através da salinização e a médio prazo possível desertificação;
- A falta de um curso de água permanente que sirva de corpo receptor, impulsiona positivamente a necessidade de se implementar um programa de reuso planejado, não apenas do atual efluente, mas também de futuras ETEs a serem construídas na região;
- A proposta de reuso para o curto prazo, deverá levar em conta primeiramente a recuperação da capacidade de tratamento da ETE Alba Rancho. Isto levaria a produzir um efluente de melhor qualidade;
- Prevendo-se a curto prazo o intercâmbio de águas entre a ETE Alba Rancho e o SNR-1 através das águas da represa “La Angostura”, deve-se considerar um plano integrado que leve em conta o reuso do efluente da nova ETE a ser construída;
- Para o médio prazo e longo prazo, a proposta de reuso deveria levar em conta o reuso dos efluentes das novas ETEs que forem sendo construídas a partir da implementação do projeto Misicuni;

- As prioridades do tipo de reuso a ser implementado na região de acordo com os resultados do questionário tipo Delphi modificado, indicaram a irrigação agrícola como a mais adequada;
- Uma possível implementação de um programa de reuso direto na região, contribuiria para a minimização de problemas ambientais decorrentes da poluição hídrica;
- O reuso direto adequadamente implementado, poderia melhorar também o nível de ingressos econômicos dos agricultores da região;
- A problemática institucional existente, não contribui em nada para se realizar um planejamento, gerenciamento e fiscalização eficiente dos recursos hídricos da região;
- A inclusão das águas de reuso (águas residuárias tratadas adequadamente) na composição do balanço dos recursos hídricos para a região, permite concluir que se trata efetivamente de um recurso hídrico como outro qualquer. Isto contribui para minimizar ou até resolver de forma favorável a desigualdade entre oferta e demanda, particularmente em regiões de características árida ou semi-árida.

7.4.- RECOMENDAÇÕES

7.4.1.- SOBRE O REUSO

As recomendações sobre o trabalho realizado, estão inseridas dentro do espírito de dar uma contribuição ao estudo do assunto pesquisado. Desta maneira, não se pretende esgotar todas as recomendações possíveis e sim apenas colaborar na enunciação das mais representativas:

- Implementar um maior número de estudos e pesquisas sobre o reuso no Brasil, particularmente para as regiões semi-áridas e para os grandes centros urbanos onde a escassez de água começa a ser um dos seus principais problemas;
- Incluir as águas de reuso na composição do balanço dos recursos hídricos de uma determinada região ou bacia hidrográfica, por exemplo na elaboração do plano dos recursos hídricos estaduais no Brasil;
- Considerar efetivamente as águas de reuso como um recurso hídrico alternativo, capaz de poder minimizar as desigualdades no abastecimento de água para uma determinada região;
- Elaborar estudos sobre reuso dentro de um contexto de gerenciamento das bacias hidrográficas, como uma forma de aprimorar o balanço dos recursos hídricos;
- Adequar a implementação de um ou mais tipos de reuso às características próprias da necessidade de cada região em particular ou de cada bacia hidrográfica a ser gerenciada;
- Adotar o reuso como uma forma efetiva de conservação de água, bem como de um uso sustentável dos recursos hídricos;
- Elaborar políticas, programas e projetos sobre reuso, de acordo com as reais necessidades hídricas de cada região, principalmente daquelas com um elevado déficit hídrico;
- Considerar as águas de reuso como um bem econômico coletivo da comunidade, com todas as considerações e aspectos sócio-econômicos inerentes a outro bem econômico qualquer;
- Elaborar legislação específica para o aproveitamento das águas residuárias de uma maneira geral e para as municipais de uma maneira particular;

- Institucionalizar um órgão estatal responsável pelo planejamento, gerenciamento e fiscalização das atividades relativas ao reuso;
- Elaborar normas e padrões de qualidade sanitária para as águas de reuso, tomando como base as diretrizes da OMS, porém visando a elaboração das mesmas a partir de estudos epidemiológicos próprios para cada região;
- Elaborar e implementar programa de educação ambiental visando a conscientização sobre o real valor e escassez da água, evitando gradativamente práticas culturais de mau uso, desperdício e desvalorização de um recurso vital;

7.4.2.- SOBRE O ESTUDO DE CASO

As recomendações sobre a realização do estudo de caso neste trabalho, estão limitadas aos alcances aos quais este estudo conseguiu chegar. Por outra parte, os objetivos susceptíveis de serem atingidos a partir do processo de planejamento adotado no trabalho, poderiam ser atendidos a partir das recomendações seguintes:

- Elaboração de um banco de dados atualizado sobre a região, principalmente em relação aos aspectos de hidrologia, hidrogeologia, geografia, produção agropecuária, recursos hídricos, saneamento básico e saneamento ambiental, bem como aspectos sócio-econômicos;
- Elaborar um planejamento ambiental completo, focalizando entre outras coisas o uso e ocupação do solo, o uso e reuso dos recursos hídricos, o controle da qualidade do ar e demais aspectos relativos a um plano diretor atualizado para a região;
- Formação de um órgão institucional responsável pela pesquisa e desenvolvimento de políticas, programas e projetos sobre reuso;

- Atualização da lei de águas, incluindo aspectos sobre sua conservação, preservação de mananciais e sobre o uso sustentado deste vital recurso natural;
- Elaboração de legislação específica para as águas de reuso;
- Elaboração de normas de qualidade sanitária para as águas superficiais naturais, as subterrâneas e para as águas residuárias;
- Adaptação de padrões de qualidade para a irrigação agrícola a partir das diretrizes da OMS, visando a elaboração de padrões próprios para a região a partir de dados epidemiológicos regionais;
- Elaboração do balanço dos recursos hídricos para a região, incluindo as águas de reuso como componente efetivo da equação oferta x demanda;
- Aceitação e implementação das águas de reuso como uma fonte hídrica alternativa, capaz de mitigar a forte escassez;
- Considerar efetivamente as águas de reuso como um recurso hídrico que possibilita a conservação de água natural de boa qualidade ou destinada para usos mais exigentes em qualidade como o uso potável, deixando sua utilização para atividades que requeiram menor qualidade de água como a irrigação agrícola e a descarga em vasos sanitários por exemplo;
- Considerar efetivamente as águas de reuso como um médio de minimizar os problemas ambientais decorrentes da disposição final das águas residuárias não tratadas ou inadequadamente tratadas, capazes de provocar poluição dos corpos receptores;
- Elaboração e implementação de programas e projetos de reuso agrícola, atendendo assim aos

anseios da comunidade e satisfazendo parcialmente as necessidades de irrigação do Valle Central;

- Recuperar e ampliar a capacidade de tratamento da ETE Alba Rancho, como forma de produzir um efluente de melhor qualidade;

- Implementação de um sistema de tratamento complementar para o efluente da ETE Alba Rancho, afim de obter os níveis de qualidade microbiológica sugeridos pela OMS para seu uso de forma irrestrita;

- Construção de um sistema de armazenamento, bombeamento e distribuição da água de reuso, otimizando desta maneira seu manejo na irrigação agrícola;

- Implementar um plano que leve em conta o intercâmbio de águas entre a ETE Alba Rancho e o SNR-1, de tal maneira que a nova ETE que for tratar as águas residuárias da zona abastecida por água da represa “La Angostura”, esteja localizada de forma tal que permita o reuso de seu efluente conjuntamente o da atual ETE;

- Construção de reservatórios nas regiões elevadas e vizinhas, afim de armazenar as águas de reuso, principalmente para sua utilização durante os meses mais secos do ano;

- Recuperar e ampliar o SNR-1 para o aproveitamento de sua estrutura na distribuição da água de reuso, principalmente para o curto prazo que inclui a zona sul do Valle Central, atualmente mal atendida pelo SNR-1;

- Para a implementação de reuso agrícola a médio e longo prazo, elaborar um plano adequado que procure otimizar o uso dos efluentes tratados das futuras ETEs a serem construídas para tratar as águas residuárias produzidas pelo uso da água proveniente da implementação do projeto Mísicuni;

- Potenciamento financeiro e adequação institucional de SEMAPA , afim de que possa suportar e atender aos desafios do abastecimento de água, não somente para o curto prazo, mas de forma especial para o médio e longo prazo;
- Formação de recursos humanos especializados nas questões relativas à Engenharia Sanitária, Engenharia de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental, através de elaboração de convênio entre a UMSS, SEMAPA e CORDECO;
- Elaborar amplo programa de educação ambiental para formação de uma maior conscientização das condições sanitárias da comunidade, principalmente voltada para os habitantes da área peri-urbana, dos agricultores e das novas gerações de cidadãos, visando entre outras coisas inculcar os conceitos de uso e reuso eficiente dos recursos hídricos para lograr seu uso sustentado.
- Elaboração de convênios para transferência de tecnologia com países que já se implementaram programas e projetos de reuso com sucesso;
- Elaboração de estudos e experimentos a escala piloto antes de implementar qualquer projeto a escala real.

CAPÍTULO 8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLSTROM, S.B. (1990) Obstacles to implementing reuse projects. Water Environment & Technology, v.2, n.12, p.67
- AHMAD, S. (1991) Public attitude towards water and water reuse. Water Science and Technology, v. 23, n. 10-12, p. 2165-2170
- ARAR, A. (1991) Wastewater reuse for irrigation in the Near East Region. Water Science and Technology, v.23, n. 10-12, p. 2127-2134
- ARAOZ, A. V. (1994) Tratamiento, reuso e infiltración de las aguas servidas tratadas-una palanca para el desarrollo urbano. In: Proceedings do XXIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Buenos Aires, Argentina, (Em Diskette)
- ARBER, R. P. (1991) Wastewater reuse: thoroughly examined Water Engineering and Management, v.138, n.5, p.36-38
- ASANO, T. (Ed.) (1985) Artificial recharge of groundwater. Stoneham, Mass.: Butterworth.
apud CROOK, J.; ASANO, T. & NELLOR, M. (1990) Groundwater recharge with reclaimed water in California. Water Environment & Technology, v.2, n.8, p.42-49
- ASANO, T. & MILLS, R.A. (1990) Planning and analysis for water reuse projects: Journal American Water Works Association, v.82, n.1, p.38-47

- ASANO, T. (1991) Planning and Implementation of water reuse projects. Water Science and Technology , v.24 , n.9 , p.1-10
- ASANO, T.; RICHARD, D.; CRITES, R.W. et al (1992a) Evolution of tertiary treatment requirements in California. Water Environment & Technology , v.4 , n.2 , p.36-41
- ASANO, T.; LEONG, L.Y.C.; RIGBY, M.G. et al (1992b) Evaluation of the California Wastewater reclamation criteria using enteric virus monitoring data. Water Science and Technology , v.26 , n.7-8 , p.1513-1524
- ASANO, T. (1993) Proposed California regulations for groundwater recharge with reclaimed municipal wastewater. Water Science and Technology , v.27 , n.7-8 , p.157-164
- AZOV , Y. ; JUANICO, M. ; SHELEF, G. et al. (1991) Monitoring the quality of secondary effluents reused for unrestricted irrigation after underground storage. Water Science and Technology , v. 24 , n.9 , p. 267-275
- BARTONE, C.R. (1991) International perspective on water resources management and wastewater reuse - Appropriate technologies. Water Science and Technology , v. 23 , n.10-12 , p.2039-2047
- BORN, R.H. (1992) Aspectos conceituais, ambientais e de saúde pública do aproveitamento (re-uso) de águas residuárias no solo como instrumento da administração da qualidade ambiental. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, USP, 278 p. Dissertação (Mestrado)
- BOUWER, H. (1991a) Groundwater recharge with sewage effluent. Water Science and Technology , v.23 , n.10-12 , p.2099-2108

- BOUWER, H. (1991b) Role of groundwater recharge in treatment and storage of wastewater for reuse. Water Science and Technology , v.24 , n.9 , p.295-302
- BOUWER, H. (1992) Agricultural and municipal use of wastewater. Water Science and Technology , v.26 , n.7-8 , p.1583-1591`
- BRISSAUD, F. ; RESTREPO-BARDON, M. ; SOULIÉ, M. et al. (1991) Infiltration percolation for reclaiming stabilization pond effluents. Water Science and Technology , v. 24 , n.9 , p.185-193
- BRUVOLD, W. H. (1992) Public evaluation of municipal water reuse alternatives. Water Science and Technology , v. 26 , n. 7-8 , p. 1537-1543
- BURGER, J.S.; GRABOW, W.O.K. & KFIR, R. (1989) Detection of endotoxins in reclaimed and conventionally treated drinking water. Water Research , v.23 , n.6 , p.733-738
- CALDERON, G.R. (1993) Aspectos institucionales, en el tiempo. Reflexiones necesarias. In: Foro universitario sobre um tema regional: Misticuni realidad tecnico-economica o simulación política. (Editado por Mendez, A. R.) , Universidad Mayor de San Simon, Cochabamba, p. 103-115
- COOPER, R. C. (1991) Public health concerns in wastewater reuse. Water Science and Technology , v.24 , n.9 , p.55-65
- CROOK, J.; ASANO, T. & NELLOR, M. (1990) Groundwater recharge with reclaimed water in California. Water Environment & Technology , v.2 , n.8 , p.42-49
- CROOK, J. & BASTIAN, R. (1992) EPA Guidelines developed for water reuse. Water Environment & Technology , v.4 , n.8 , p.19-20

D'ANGELO, E.G. (1993) El proyecto Misicuni en la expansión del sistema eléctrico boliviano.

In: Foro universitario sobre un tema regional: Misicuni realidad tecnico-economica o simulación política. (Editado por Mendez, A.R.) , Universidad Mayor de San Simon, Cochabamba, p.45-58

D'ANGELO, S. (1993) Reusing water in the nineties. Water Environment and Technology v.5 , n.2 , p.64-66

DeCOOK, K.J.; FOSTER, K.E. & KARPISCAK, M.M. (1988) The W-Index for residential water conservation. Water Resources Bulletin , v.24 , n.6 , p.1295-1301

DIAS, O. (1995) Escassez pode levar à guerra da água. Folha de São Paulo , São Paulo , 1 out , p. 27 , c. Mundo

DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA (1992) Programa de uso eficiente del agua. Memoria , México , DF , 51 p.

MONTE, H. M. & SOUSA, M. S. (1992) Effects on crops of irrigation with facultative pond effluent. Water Science and Technology , v.26 , n. 7-8 , p.1603-1613

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) (1980) Guidelines for water reuse. Prepared by Camp, Dresser and McKee, Inc.

FORERO , R. S. (1993) Institutional, economic, and sociocultural considerations. In: Regional workshop for the americas WHO - FAO - UNCHS - UNEP on health , agriculture and environmental aspects of wastewater use. Jiutepec, Morelos , México , 8 p.

- FOSTER, K. E.; KARPISCAK, M.M. & BRITTAIN, R.G. (1988) Casa del Agua: A residential water conservation and reuse demonstration project in Tucson, Arizona. Water Resources Bulletin , v.24 , n.6 , p.1201-1206
- GONZALEZ, C. M. (1986) Plan maestro de aprovechamiento de recursos hidricos con fines de riego. In: El riego en Cochabamba (Editado por Ricaldi, V. & Cleveringa, R.), Cochabamba , p.3-14
- GHOSH, M. ; AMIRTHARAJAH, A. & ADIN, A. (1994) Particle destabilization for tertiary treatment of municipal wastewater by filtration. Water Science and Technology , v.30 , n.9 , p.209-218
- GRESH, H. W. & HENSON, J. W. (1993) Banking on water rights. Water Environment and Technology , v.5 , n.2 , p.36-37
- GRISHAM, A. & FLEMING, W. M. (1989) Long-Term options for municipal water conservation. Journal American Water Works Association , v. 81 , n. 3 , p. 34-42
- GUARAYO, F.G. (1986) Operación y administración del Sistema Nacional de Riego N° 1 "La Angostura". In: El riego en Cochabamba (Editado por Ricaldi, V. & Cleveringa, R.) , Cochabamba , p. 113-119
- GUR, A. & AL SALEM, S.S. (1992) Potential and present wastewater reuse in Jordan. Water Science and Technology , v.26 , n.7-8 , p.1573-1581
- HAMANN, C. L. & McEWEN, B. (1991) Potable water reuse. Water Environment and Technology , v.3 , n.1 , p.74-80

- HART, C. (1990) Reciclaje de agua en el desierto más árido del mundo. Fuente, v.2, n.3, p. 8-11 (CEPIS)
- HAUSER, M. (1994) Israel's efficient water use efforts. Water Environment & Technology, v.6, n.6, p.32-33
- HERNÁNDEZ, J. I. (1992) El uso de las aguas residuales de Campo Espejo, Pcia. de Mendoza. Informe final. Ministerio de Economía y de Obras y Servicios Públicos de la Nación, Centro Regional de Agua Subterránea, San Juan, República Argentina [s.p.]
- HESPANHOL, I. & PROST, A.M.E. (1994) WHO Guidelines and national standards for reuse and water supply quality. Water Research, v.28, n.1, p.119-124
- JOHNSON, W.D. (1991) Dual distribution systems: The public utility perspective. Water Science and Technology, v.24, n.9, p.343-352
- KANAREK, A.; AHARONI, A. & MICHAIL, M. (1993) Municipal wastewater reuse via soil aquifer treatment for non-potable purposes. Water Science and Technology, v.27, n.7-8, p.53-61
- KARPISCAK, M. M. ; BRITTAIN, R. G. ; GERBA, C. P. et al. (1991) Demonstrating residential water conservation and reuse in the Sonoran Desert: Casa del Agua and Desert House. Water Science and Technology, v. 24, n. 9, p.323-330
- KIYA, F. & AYA, H. (1990) Building water reuse provides partial answer to shortages. Water Quality International, n. 3, p. 39-42
- KIYA, F. & AYA, H. (1991) Trends and problems of wastewater reuse systems in buildings. Water Science and Technology, v. 23, n. 10-12, p. 2189-2197

- KURIBAYASHI, S. (1991) Reuse of treated wastewater in an artificial stream ("seseragi") in Kawasaki City, Japan. Water Science and Technology , v.23 , n.10-12 , p.2209-2214
- LANSDELL , M. & CARBONELL , L.M. (1991) Wastewater treatment and reuse aspects of Lake Valencia , Venezuela. Water Science and Technology , v. 24 , n. 9 , p. 19-30
- LAUER, W. C. (1991) Water quality for potable reuse. Water Science and Technology , v. 23 n. 10-12 , p. 2171-2180
- LAUER, W. C.; ROGERS, S.E.; LACHANSE, A.M. et al (1991) Process selection for potable reuse health effects studies. Journal American Water Works Association , v.83 , n.11 , p.52-63
- LAVRADOR FILHO, J. (1987) Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil. São Paulo: Escola Politécnica, USP, 213p. Dissertação (Mestrado)
- LEJANO, R. P. ; GRANT, F. A. ; RICHARDSON, T. G. et al. (1992) Assessing the benefits of water reuse. Water Environment & Technology. v. 4 ,n. 8 , p. 44-50
- LOPEZ, P. (1993) Inventariación de los recursos hídricos y Plan Maestro de abastecimiento de agua al Valle Central y de Sacaba. In: Foro universitario sobre un tema regional: Misticuni realidad tecnico-economica o simulación política (Editado por Mendez, A.R.) Universidad Mayor de San Simon , Cochabamba , p.59-87
- LLURIA, M.R. (1994) Recarga artificial del agua subterranea. Santiago: [s.n.], pag. irreg.
Curso de atualização profissional ministrado no 2do. Congresso Latinoamericano de Hidrologia Subterranea

- MARA, D. & CAIRNCROSS, S. (1990) Directrices para el uso sin riesgos de águas residuales y excretas en agricultura y acuicultura. Organización Mundial de la Salud , Ginebra
- MARA, D. D. & PEARSON, H. W. (1992) Sequential batch-fed effluent storage reservoirs: A new concept of wastewater treatment prior to unrestricted crop irrigation. Water Science and Technology , v. 26 , n. 7-8 , p. 1459-1464
- MANCUSO, P.C.S. (1988) Reuso de Água. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, USP, 341p. Dissertação (Mestrado)
- MANCUSO, P.C.S. (1992) O reuso de água e sua possibilidade na região metropolitana de São Paulo. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, USP, 132p. Tese (Doutorado)
- MASCIOPINTO, C.; PALMISANO, V.; TANGORRA, F. et al (1991) A decision support system for artificial recharge plant. Water Science and Technology , v.24 , n.9 , p.331-342
- METCALF & EDDY , Inc. (1991) Wastewater engineering: Treatment, disposal, and reuse. Third Edition, McGraw-Hill, Inc. , New York, N.Y.
- MILLER, K. J. (1990) U. S. water reuse: Current status and future trends. Water Environment & Technology , v.2 , n.11 , p.83-89
- MILLIKEN, J. G. (1990) Economic tool for reuse planning. Water Environment & Technology , v.2 , n.12 , p.77-80
- MILLS JR, W.R. (1993) Grounwater recharge success. Water Environment & Technology , v.5 , n.2 , p.40-44

- MOHORJY, A.M. (1989) Multidisciplinary planning and managing of water reuse. Water Resources Bulletin , v.25 , n.2 , p.433-442
- MOREIRA , I. (1995) Paulistano previne-se contra falta d'água. O Estado de São Paulo , São Paulo, 6 set. , p.4 , c. Cidades
- NEWNHAM, D. F. (1993) Dual distribution systems. Water Environment & Technology , v. 5 n. 2 , p. 60-62
- NOSA, F. M. (1993) Riego en el Valle Central y Bajo, en relación con Mísicuni. In: Foro universitario sobre un tema regional: Mísicuni realidad tecnico-economica o simulación política (Editado por Mendez, A.R.) , Universidad Mayor de San Simon , Cochabamba , p. 39-43
- ODENDAAL, P.E. (1991) Recent advances in water reuse research in South Africa. Water Science and Technology , v.23 , n.10-12 , p.2061-2071
- OKUN, D. A. (1990) Realizing the benefits of water reuse in developing countries. Water Environment & Technology , v.2 ,n.11 , p.78-82
- OKUN, D.A. (1991) Reclaimed water-An urban water resource. Water Science and Technology , v.24 , n.9 , p.353-362
- OHGAKI, S. & SATO, K. (1991) Use of reclaimed wastewater for ornamental and recreational purposes. Water Science and Technology , v. 23 , n. 10-12 , p. 2109-2117
- ORON, G. & DeMALACH, J. (1987) Reuse of domestic wastewater for irrigation in arid zones: A case study. Water Resources Bulletin , v.23 , n.5 , p.777-783

- ORON, G. ; DeMALACH, Y. ; HOFFMAN, Z. et al. (1991) Wastewater disposal by sub-surface trickle irrigation. Water Science and Technology , v. 23 , n. 10-12 , p. 2149-2158
- OSBURN, R. C. & BURKHEAD, C. E. (1992) Irrigating vegetables with reclaimed wastewater. Water Environment & Technology , v.4 , n.8 , p.38-43
- PARSONS, J. (1990) Irvine ranch's approach to water reclamation. Water Environment & Technology , v.2, n.12 , p.68-71
- PINO, J. (1995) Comunicação pessoal. SEMAPA, Cochabamba
- PESCOD, M.B. & ALKA, V. (1985) Urban effluent reuse for agriculture in arid and semi-arid zones. In: Reuse of sewage effluent. Thomas Telford Ltd., London, United Kingdom. apud MOHORJY, A.M. (1989) Multidisciplinary planning and managing of water reuse. Water Resources Bulletin , v.25 , n.2 , p.433-442
- POWELSON, D. K.; GERBA, C.P. & YAHYA, M.T. (1993) Virus transport and removal in wastewater during aquifer recharge. Water Research , v.27 , n.4 , p.583-590
- RADA, O. P. & RIVERA, B. G. (1994) Las lagunas de estabilización en Bolivia (Su funcionamiento entre 500 y 4000 metros s.n.m.). In: Proceedings do XXIV Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental , Buenos Aires , Argentina , (Em Diskette)
- RATHNAU, M.M. (1991) Restoration for Arizona aquifers. WATER/Engineering & Management , v.138 , n.5 , p.20-24

- REUSO de Água (1994): Bacias do alto tietê, piracicaba e jundiá e da baixada santista. [s.l.]: PPM- projetos, planejamentos e consultoria s/c ltda., 44p. Relatório elaborado para o consórcio hidroplan
- ROBLES, V. R. (1986) Investigación de los recursos hídricos en Cochabamba. In: El riego en Cochabamba (Editado por Ricaldi, V. & Cleveringa, R.) , Cochabamba , p.15-20
- ROCHA, F. A. (1986) Aspectos que dificultan el desarrollo del riego en Cochabamba. In: El riego en Cochabamba (Editado por Ricaldi, V. & Cleveringa, R.) , Cochabamba , p. 171-180
- ROGERS, S.E. & LAUER, W.C. (1992) Denver's demonstration of potable water reuse: water quality and health effects testing. Water Science and Technology , v.26 , n.7-8 , p.1555-1564
- SALAS, H. J. (1994) Emisarios submarinos: alternativa viable para la disposición de aguas negras de ciudades costeras en América Latina y el Caribe. In: Proceedings do XXIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental , Buenos Aires, Argentina, (em Diskette)
- SANTOS, C.L. (1992) Tecnologias de reuso aplicadas ao abastecimento de água potável e industrial na baixada santista. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, USP, 99p. Tese (Doutorado)
- SANTOS, R. F. (1995) Planejamento ambiental. Apostila da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Hidráulica e Saneamento, [s.n.]
- SARIKAYA, H. Z. & EROGLU, V. (1993) Wastewater reuse potential in Turkey: Legal and technical aspects. Water Science and Technology , v. 27 , n. 9 , p. 131-137

- SEMAPA (1990) Memoria. Cochabamba , 24 p.
- SENAMHI (1989) Resumen meteorológico de 1950/1989. Cochabamba , folha única
- SENAMHI (1994) Boletín agrometeorológico. Cochabamba , v. 32 , 23 p.
- SHACKER, & KOBYLINSKI, (1994) Regulations in water reuse acceptance. Water Environment & Technology , v.6 , n.11 , p.23
- SHEIKH, B. (1991) Long-range planning for water reuse in the city of Los Angeles. Water Science and Technology , v.24 , n.9 , p.11-17
- SHELEF, G. (1991) Wastewater reclamation and water resources management. Water Science and Technology , v.24 , n.9 , p.251-265
- SHUVAL, H.I. (1991) Health guidelines and standards for wastewater reuse in agriculture: Historical perspectives. Water Science and Technology , v.23 , n.10-12 , p.2073-2080
- STANDARD METHODS (1989) Standard methods for the examination of water and wastewater , 17 th edition. American Public Health Association , Washington , D.C.
- SOUZA, R. O. & MOTA, F. S. (1995) Qualidade e conservação da água, com vistas ao desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino (versão final). Projeto ARIDAS: Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o nordeste, Secretaria de Planejamento, orçamento e coordenação da presidência da república, Fortaleza, 70p.
- TAKAHASHI, M. (1991) Guidelines for environmental enhancement in Japan. Water Science and Technology , v. 24 , n. 9 , p. 133-142

- TAMS (1992) Estudio de las fuentes de abastecimiento para Cochabamba. Resumen ejecutivo. Empresa Misicuni, Cochabamba, [s.p.]
- TAY, J.-H. & CHUI, P.-C. (1991) Reclaimed wastewater for industrial application. Water Science and Technology, v. 24, n. 9, p. 153-160
- TORRICO, G. M. (1993) Planificación para satisfacer las necesidades de agua potable en la conurbación de Cochabamba. In: Foro universitario sobre un tema regional: Misicuni realidad tecnico-economica o simulación política. (Editado por Mendez, A.R.), Universidad Mayor de San Simon, Cochabamba, p. 11-37
- URASE, T.; YAMAMOTO, K. & OHGAKI, S. (1994) Effect of pore size distribution of ultrafiltration membranes on virus rejection in crossflow conditions. Water Science and Technology, v.30, n.9, p.199-208
- URGELLÉS, G. I. (1994) Sistema para el análisis de la calidad del agua natural o residual para el riego: CAR. In: Proceedings do XXIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Buenos Aires, Argentina, (Em Diskette)
- VIANELLO, R. L. & ALVES, A. R. (1991) Meteorologia básica e aplicações. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais
- WEGNER-GWIDT, J. (1991) Winning support for reclamation projects through pro-active communication programs. Water Science and Technology, v.24, n.9, p.313-322
- WILSON, P. N.; GOLDAMMER, T.J. & WADE, J.C. (1988) Bioeconomic considerations for wastewater reuse in agricultural production. Water Resources Bulletin, v.24, n.1, p.1-9

WHO (1989) Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture.

Technical Report Series , N° 778 , World Health Organization , Geneva

YORK, D. W. & CROOK, J. (1990) Florida's reuse program paves the way. Water

Environment & Technology , v.2 , n.12 , p.72-76

ZHANG, Z. & QIAN, Y. (1991) Water saving and wastewater reuse and recycle in China.

Water Science and Technology , v. 23 , n. 10-12 , p. 2135-2140



ICAMP

BALANÇO HIDRICO SEG. THORNTHWAITTE 1955

Armazenamento máximo: 100.0mm

Local: Cochabamba-Bolivia

Latitude: 17° 25' S Longitude: 66° 10' W

Altitude: 2548.00m

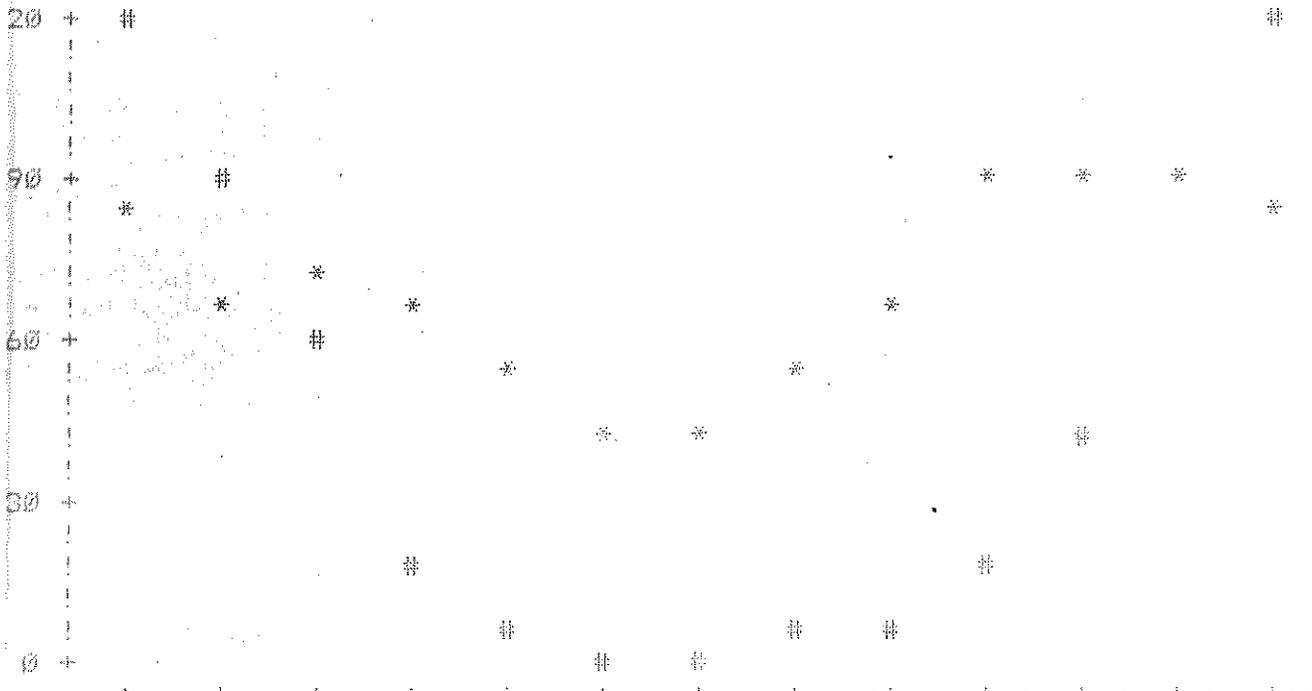
Fonte e Período: PREC. - Estação Aasana							TEMP. - Estação Aasana					
MESES	TEMP	NOMO	COR.	EP	P	P-EP	NEG	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
	GR C			mm	mm	mm	ACUM	mm	mm	mm	mm	mm
JAN	19.0	74	1.12	82	122	39	-82	44	39	82	0	0
FEV	18.5	70	0.99	69	93	24	-39	68	24	69	0	0
MAR	18.6	71	1.05	74	61	-14	-53	59	-9	69	5	0
ABR	18.0	67	0.98	65	21	-45	-97	38	-21	42	23	0
MAI	15.9	53	0.98	52	4	-48	-145	23	-14	19	34	0
JUN	14.1	43	0.94	40	1	-39	-185	16	-8	9	32	0
JUL	14.1	43	0.97	41	2	-40	-224	11	-5	7	34	0
AGO	16.0	54	1.00	54	5	-48	-273	7	-4	9	44	0
SET	18.3	69	1.00	69	8	-61	-333	4	-3	11	58	0
OUT	20.2	82	1.07	88	18	-70	-403	2	-2	20	68	0
NOV	20.6	85	1.07	91	44	-48	-450	1	-1	44	47	0
DEZ	19.6	78	1.12	87	91	4	-386	5	4	67	0	0
ANO	17.7			813	468	-345				468	345	0

Índice Hidrico = -25.5 Clima Semi-Arido,

Mesotermico



GRAFICOS PREC. [mm] x TEMPO [meses] e EP [mm] x TEMPO [meses]



JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN
 Legenda - # : Precipitacao * : Evapotranspiracao Potencial