

**ADRIANA MALINOWSKI**

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA PARA A ESTRUTURAÇÃO DE  
DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO DO  
REÚSO DE ÁGUA NO MEIO URBANO**

**Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.**

**Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos**

**CURITIBA**

**2006**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**ADRIANA MALINOWSKI**

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA PARA A ESTRUTURAÇÃO DE DIRETRIZES  
PARA O PLANEJAMENTO DE REÚSO DE ÁGUA NO MEIO URBANO**

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela comissão formada pelos professores:

**PRESIDENTE:** Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos  
Universidade Federal do Paraná

**MEMBROS:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Monica Ferreira do Amaral Porto  
Universidade de São Paulo

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Neida Maria Patias Volpi  
Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Uivald Pawlowsky  
Universidade Federal do Paraná

Curitiba, 31 de março de 2006

*À minha mãe pelo apoio, amor e paciência aos momentos dedicados a realização deste trabalho.*

*Ao meu pai pelo incentivo dado a minha vida estudantil. (in memoriam)*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos aqueles que de certa forma auxiliaram na consolidação deste trabalho e, em especial:

Aos meus pais, por serem os maiores responsáveis por minha formação e desta forma permitirem que isto fosse possível.

Ao meu orientador e amigo Professor Doutor Daniel Costa dos Santos, pelo incentivo, dedicação e grande auxílio na realização do presente trabalho.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, pela dedicação e atenção dispensada.

A professora Doutora Neida Maria Patias Volpi, do departamento de Matemática da Universidade Federal do Paraná, pela presteza no auxílio durante a realização deste trabalho.

A SANEPAR, pelo fornecimento de dados indispensáveis ao desenvolvimento deste trabalho.

A Rosilete Busato, Soraia Giordani, Mariane Schaefer França, Josete de Fátima de Sá e Gisele Colle pelo auxílio prestado.

Aos colegas de mestrado, em especial Cinthia Hartmann, Raquel Pompeo, Leane Chamma Barbar Przybysz e Marisa Weber pelo companheirismo.

Aos meus irmãos Altair, Altevir e Elaine pela paciência e carinho.

Ao meu namorado Rafael pela paciência, compreensão e incentivo.

A Deus pela vida.

**"A água de boa  
qualidade é como  
a saúde ou a liberdade:  
só tem valor  
quando acaba"**

*João Guimarães Rosa*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE FOTOS.....</b>	<b>XV</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>XVI</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
3.1. A ÁGUA NO MUNDO.....	6
3.2. CONSERVAÇÃO DA ÁGUA.....	9
<b>3.2.1. Conceitos.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2.2. Ações de Conservação de Água.....</b>	<b>10</b>
3.3. REÚSO DE ÁGUA.....	11
<b>3.3.1. Histórico.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3.2. O Papel da Água de Reúso no Ciclo Hidrológico.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3.3. Conceito de Reúso de Água.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3.4. Caracterização e Tratamento das Águas Residuárias.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.5. Ações de Reúso de água para fins não potáveis.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.6. Critérios para Reúso de Água.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.7. Sistema de Reúso de Água.....</b>	<b>33</b>
3.3.7.1. Sistema de pós-tratamento do efluente.....	34
3.3.7.2. Armazenamento.....	34
3.3.7.3. Sistema duplo de abastecimento.....	38
3.3.7.4. Sistema de distribuição através de caminhão.....	38
3.3.7.5. Logística de distribuição.....	39
3.3.7.6. Identificação do sistema de reúso de água.....	40
<b>3.3.8. Critérios para Decisão de Reúso de Água.....</b>	<b>42</b>
3.3.8.1. Benefícios.....	42
3.3.8.2. Impactos.....	44
3.3.8.3. Riscos.....	44
3.3.8.4. Aceitabilidade.....	49
3.3.8.5. Potencialidade das ações.....	50
3.3.8.6. Avaliação econômica.....	56
3.4. GESTÃO DA CONSERVAÇÃO DA ÁGUA.....	57
<b>3.4.1. Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos.....</b>	<b>57</b>

3.4.2.	<b>Princípios e Conceitos sobre Planejamento e Gestão da Conservação da Água</b> .....	61
3.4.3.	<b>Considerações sobre Planejamento e Gestão do Reúso da Água</b> .....	63
3.4.4.	<b>Programas de Conservação da Água</b> .....	63
3.5.	<b>PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA NO MEIO URBANO (PCA)</b> .....	65
3.6.	<b>ANÁLISE MULTICRITÉRIO</b> .....	69
3.6.1.	<b>Justificativa</b> .....	70
3.6.2.	<b>Histórico do Método AHP</b> .....	71
3.6.3.	<b>Método AHP</b> .....	72
3.6.4.	<b>Verificações do Método AHP</b> .....	78
3.6.4.1.	Índice de Consistência e Razão de Consistência .....	78
3.6.4.2.	Análise de Sensibilidade.....	79
3.6.4.3.	Robustez.....	79
4.	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	81
4.1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	82
4.2.	<b>CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO</b> .....	83
4.2.1.	<b>ETE Santa Quitéria</b> .....	84
4.2.2.	<b>ETE Belém</b> .....	86
4.2.3.	<b>Avaliação da aceitabilidade do usuário</b> .....	88
4.2.4.	<b>Análise Quantitativa da Demanda de Água</b> .....	93
4.2.5.	<b>Análise Qualitativa da Oferta de Água Residuária</b> .....	100
4.3.	<b>CARACTERIZAÇÃO DAS AÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA</b> .....	102
4.3.1.	<b>Concepção das ações de reúso de água</b> .....	102
4.3.2.	<b>Seleção das Ações de Conservação de Água</b> .....	104
4.3.2.1.	Critérios de seleção .....	104
4.3.3.	<b>Ações Selecionadas</b> .....	113
4.3.4.	<b>Descrição das Ações Selecionadas</b> .....	115
4.4.	<b>AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DAS AÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA</b> .....	129
4.5.	<b>PROCESSO PARA HIERARQUIZAÇÃO DAS AÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA</b> .....	152
4.5.1.	<b>Árvore Hierárquica</b> .....	152
4.5.2.	<b>Escala de Comparação</b> .....	153
4.5.3.	<b>Matriz de Julgamento</b> .....	154
4.5.4.	<b>Simulações do Método AHP para o Estudo de Caso</b> .....	155
4.5.4.1.	Simulação inicial.....	155
4.5.4.2.	Simulações adicionais.....	157
4.5.5.	<b>Proposição de Diretrizes para o Planejamento e Gestão de Conservação da Água</b> .....	163
5.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	164
5.1.	<b>RESULTADOS OBTIDOS PARA A SITUAÇÃO INICIAL</b> .....	164
5.1.1.	<b>Verificações da Consistência do Método AHP para a Situação Inicial</b> ...	168
5.2.	<b>RESULTADOS OBTIDOS PARA AS SIMULAÇÕES ADICIONAIS</b> .....	169

<b>5.2.1. Verificações da Consistência do Método AHP para as Simulações Adicionais .....</b>	<b>185</b>
<b>5.2.2. Conclusões sobre a Seqüência Hierárquica para as Simulações Inicial e Adicionais .....</b>	<b>187</b>
<b>5.2.3. Proposição de Diretrizes para o Planejamento e Gestão de Conservação da Água.....</b>	<b>189</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>193</b>
<b>6.1. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS ESTUDOS.....</b>	<b>195</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>197</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>203</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>206</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>212</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>214</b>
<b>ANEXO B .....</b>	<b>219</b>

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO PLANETA .....	6
QUADRO 2 – DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DOCE NO BRASIL .....	8
QUADRO 3 – DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA ÁGUA DE REÚSO EM PARTES DIFERENTES DO MUNDO .....	13
QUADRO 4 – CONSTITUINTES ENCONTRADOS NA ÁGUA DE REÚSO .....	18
QUADRO 5 – USOS DA ÁGUA E OS REQUISITOS DE QUALIDADE .....	26
QUADRO 6 – DIRETRIZES PARA REÚSO DE ÁGUA VISANDO A AQÜICULTURA .....	27
QUADRO 7 – CRITÉRIOS PARA A QUALIDADE MICROBIOLÓGICA E TRATAMENTO REQUERIDO PARA REÚSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS NA AGRICULTURA .....	28
QUADRO 8 – DIRETRIZES PARA REÚSO DE ÁGUA VISANDO DIVERSOS USOS .....	29
QUADRO 9 – DIRETRIZES PARA REÚSO AGRÍCOLA EM DIVERSOS ESTADOS DOS EUA .....	30
QUADRO 10 – DIRETRIZES PARA REÚSO URBANO EM DIVERSOS ESTADOS DOS EUA .....	31
QUADRO 11 – QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA CINZA.....	32
QUADRO 12 – CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA BACIAS SANITÁRIAS.....	33
QUADRO 13 – COMPARAÇÃO ENTRE RESERVATÓRIOS ABERTOS E FECHADOS .....	37
QUADRO 14 – CRITÉRIOS DE PROJETO PARA SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO.....	40
QUADRO 15 – AGENTES POTENCIALMENTE INFECCIOSOS PRESENTES NO ESGOTO DOMÉSTICO .....	47
QUADRO 16 – TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DE ORGANISMOS PATÓGENOS A 20 E 30°C .....	48
QUADRO 17 – PRINCIPAIS CONSTITUINTES DE ESGOTO SANITÁRIO, PROBLEMAS CAUSADOS E TRATAMENTOS .....	51
QUADRO 18 – DIFERENÇAS ENTRE OS DESEMPENHOS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO E LODO ATIVADO.....	52
QUADRO 19 – VALORES COMUNS PARA DBO DO EFLUENTE E DE REMOÇÃO EM SISTEMAS ANAERÓBIOS .....	52
QUADRO 20 – PRINCIPAIS CATEGORIAS DE USO DA ÁGUA.....	54

QUADRO 21 – PROJEÇÕES PARA USOS MÚLTIPLOS DE ÁGUA ATÉ 2015....	55
QUADRO 22 – ESCALA DE JULGAMENTOS DE IMPORTÂNCIA DO MÉTODO AHP .....	75
QUADRO 23 – RELAÇÃO ENTRE A ORDEM DA MATRIZ E O ÍNDICE RANDÔMICO.....	79
QUADRO 24 – DADOS DAS INDÚSTRIAS PERTENCENTES A ETE SANTA QUITÉRIA .....	94
QUADRO 25 – DADOS DAS INDÚSTRIAS PERTENCENTES A ÁREA DE INTERSEÇÃO .....	95
QUADRO 26 – DADOS DAS INDÚSTRIAS PERTENCENTES A ETE BELÉM ...	95
QUADRO 27 – LOCAIS QUE PASSAM POR PROCESSO DE LIMPEZA PÚBLICA .....	96
QUADRO 28 – CONSUMO DE ÁGUA PARA DIFERENTES CULTURAS EM UM ANO .....	98
QUADRO 29 – PARÂMETROS DO EFLUENTE DAS ETE’S SANTA QUITÉRIA E BELÉM .....	101
QUADRO 30 – DADOS DO RIO IGUAÇU .....	109
QUADRO 31 – DADOS DO RIO BARIGÜI.....	112

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DADOS REFERENTES À ÁREA PERTENCENTE A ETE SANTA QUITÉRIA .....	86
TABELA 2 – DADOS REFERENTE À ÁREA PERTENCENTE A ETE BELÉM ...	87
TABELA 3 – DADOS DA AGRICULTURA PARA A ETE SANTA QUITÉRIA...	98
TABELA 4 – DADOS DA AGRICULTURA PARA A ETE BELÉM .....	99
TABELA 5 – DADOS PARA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA .....	100
TABELA 6 – AÇÕES SELECIONADAS .....	114
TABELA 7 – INDÚSTRIAS PERTENCENTES AOS GRUPOS G10 E G11 .....	115
TABELA 8 – INDÚSTRIAS PERTENCENTES AOS GRUPOS G1 E G2 .....	120
TABELA 9 – RELAÇÃO DE INDÚSTRIAS PERTENCENTES A AÇÃO 29.....	123
TABELA 10 – RUAS E LOCAIS PÚBLICOS PERTENCENTES A AÇÃO 29.....	124
TABELA 11 – RELAÇÃO DE INDÚSTRIAS PERTENCENTES AOS GRUPOS G27, G28 E G29 .....	126
TABELA 12 – ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA ÁGUA DE REÚSO .....	133
TABELA 13 – CUSTOS APROXIMADOS PARA AS NOVE AÇÕES DE REÚSO DE ÁGUA .....	135
TABELA 14 – CUSTO TOTAL ANUAL DOS SISTEMAS PROPOSTOS.....	140
TABELA 15 – PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA.....	141
TABELA 16 – PROBABILIDADE DA CONSEQUÊNCIA DEVIDO A OCORRÊNCIA .....	141
TABELA 17 – PROBABILIDADE DA OCORRÊNCIA X CONSEQUÊNCIA PARA BENEFÍCIOS .....	142
TABELA 18 – PROBABILIDADE DA CONSEQUÊNCIA DEVIDO A OCORRÊNCIA DO IMPACTO .....	144
TABELA 19 – PROBABILIDADE DA OCORRÊNCIA X CONSEQUÊNCIA PARA IMPACTOS .....	145
TABELA 20 – PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO RISCO .....	147
TABELA 21 – PROBABILIDADE DA OCORRÊNCIA X CONSEQUÊNCIA PARA O RISCO .....	148
TABELA 22 – RESUMO DA “NOTA DO RISCO” PARA CADA AÇÃO SELECIONADA .....	151
TABELA 23 – CONVERSÃO DE NOTAS E VALORES OBTIDOS EM PESOS..	153
TABELA 24 – RELAÇÃO DE MATRIZES DE JULGAMENTO.....	154

TABELA 25 – PESOS ATRIBUIDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS E SUB-CRITÉRIOS .....	156
TABELA 26 – PESOS ATRIBUIDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS PARA SITUAÇÃO 1.....	157
TABELA 27 – PESOS ATRIBUIDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS PARA SITUAÇÃO 2.....	157
TABELA 28 – PESOS ATRIBUIDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS E SUB-CRITÉRIOS DA SITUAÇÃO 3 .....	158
TABELA 29 – PESOS ATRIBUIDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS E SUB-CRITÉRIOS DA SITUAÇÃO 4 .....	159
TABELA 30 – PESOS ATRIBUIDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DO SUB-CRITÉRIO DA SITUAÇÃO 5.....	159
TABELA 31 – CUSTOS APROXIMADOS PARA A SITUAÇÃO 8.....	160
TABELA 32 – CUSTO TOTAL ANUAL DA SITUAÇÃO 8.....	161
TABELA 33 – CUSTOS APROXIMADOS PARA A SITUAÇÃO 9.....	162
TABELA 34 – CUSTO TOTAL ANUAL DA SITUAÇÃO 9.....	162
TABELA 35 – RELAÇÃO DE ÍNDICE E RAZÃO DE CONSISTÊNCIA DAS MATRIZES DE JULGAMENTO.....	168
TABELA 36 – RELAÇÃO DE ÍNDICE E RAZÃO DE CONSISTÊNCIA DAS MATRIZES DE JULGAMENTO PARA AS SIMULAÇÕES ADICIONAIS.....	186

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – REGIÕES DE GRANDE CONSUMO DE RECURSOS HÍDRICOS .....	7
FIGURA 2 – PROJEÇÃO DO GRAU DE ESCASSEZ DE ÁGUA PARA O ANO 2025 .....	7
FIGURA 3 – EVENTOS NA EVOLUÇÃO DO SANEAMENTO .....	14
FIGURA 4 – CICLO HIDROLÓGICO E O REÚSO DE ÁGUA .....	15
FIGURA 5 – OSCILAÇÕES NA QUALIDADE DA ÁGUA DURANTE SEUS USOS .....	16
FIGURA 6 – SUGESTÕES DE TRATAMENTOS DE ESGOTO E USOS DA ÁGUA DE REÚSO .....	19
FIGURA 7 – PLACA SINALIZADORA INDICANDO O USO DE ÁGUA DE REÚSO .....	42
FIGURA 8 – ESQUEMA DE UMA ÁRVORE HIERÁRQUICA .....	74
FIGURA 9 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	84
FIGURA 10 – LOCALIZAÇÃO APROXIMADA DO LANÇAMENTO DE EFLUENTE DA ETE BELÉM .....	109
FIGURA 11 – LOCALIZAÇÃO APROXIMADO DO LANÇAMENTO DE EFLUENTE DA ETE SANTA QUITÉRIA.....	111
FIGURA 12 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA AÇÃO 11 .....	116
FIGURA 13 – SISTEMA GERAL DO TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE EFLUENTE DA ETE SANTA QUITÉRIA.....	117
FIGURA 14 – PANORAMA DA AÇÃO 11 .....	118
FIGURA 15 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA AÇÃO 12 .....	119
FIGURA 16 – PANORAMA DA AÇÃO 12 .....	119
FIGURA 17 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA AÇÃO 13 .....	121
FIGURA 18 – PANORAMA DA AÇÃO 13 .....	122
FIGURA 19 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA AÇÃO 30 .....	124
FIGURA 20 – PANORAMA DA AÇÃO 30 .....	125
FIGURA 21 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES 35 E 36 .....	126
FIGURA 22 – SISTEMA GERAL DO TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ESGOTO DA ETE BELÉM.....	127
FIGURA 23 – PANORAMA DAS AÇÕES 35 E 36.....	127
FIGURA 24 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA AÇÃO 40 .....	128

FIGURA 25 – ESTRUTURA PARA AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA .....	129
FIGURA 26 – DISPOSIÇÃO HIERÁRQUICA DAS AÇÕES PARA AS SIMULAÇÕES INICIAL E ADICIONAIS .....	188
FIGURA 27 – CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA PROPOSTA PARA IMPLANTAÇÃO DA PRÁTICA DO REÚSO DE ÁGUA .....	192

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA CONFORME SEUS USOS .....	9
GRÁFICO 2 – ACEITABILIDADE PÚBLICA PARA OS SETORES RESIDENCIAL, COMERCIAL E INDUSTRIAL .....	89
GRÁFICO 3 – ACEITABILIDADE PÚBLICA PARA A AGRICULTURA .....	90
GRÁFICO 4 – ACEITABILIDADE PÚBLICA PARA O USO DA ÁGUA DE REÚSO EM ÁREAS LIVRES .....	91
GRÁFICO 5 – ACEITABILIDADE PÚBLICA DO REÚSO DE ÁGUA NO MEIO AQUÁTICO .....	92
GRÁFICO 6 – ACEITABILIDADE PÚBLICA QUANTO AO USO DA ÁGUA DE REÚSO NO MEIO VIÁRIO .....	93
GRÁFICO 7 – CURVA DE AUTODEPURAÇÃO DO RIO IGUAÇU .....	110
GRÁFICO 8 – CURVA DE AUTODEPURAÇÃO DO RIO BARIGÜI .....	113
GRÁFICO 9 – INFLUÊNCIA DOS CRITÉRIOS AVALIADOS .....	164
GRÁFICO 10 – INFLUÊNCIA DOS SUB-CRITÉRIOS AVALIADOS QUANTO AO RISCO .....	165
GRÁFICO 11 – INFLUÊNCIA DOS SUB-CRITÉRIOS AVALIADOS QUANTO AO BENEFÍCIO .....	165
GRÁFICO 12 – HIERARQUIZAÇÃO INICIAL DAS AÇÕES PROPOSTAS .....	166
GRÁFICO 13 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 1 .....	169
GRÁFICO 14 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 2 .....	170
GRÁFICO 15 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 3 .....	172
GRÁFICO 16 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 4 .....	173
GRÁFICO 17 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 5 .....	174
GRÁFICO 18 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 6 .....	176
GRÁFICO 19 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 7 .....	177
GRÁFICO 20 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 8 .....	179

GRÁFICO 21 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 9 .....	180
GRÁFICO 22 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 10 .....	181
GRÁFICO 23 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 11 .....	183
GRÁFICO 24 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 12 .....	184
GRÁFICO 25 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 13 .....	185

## LISTA DE FOTOS

FOTO 1 – CAMINHÃO TANQUE UTILIZADO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA DE REÚSO .....	39
FOTO 2 –VISTA AÉREA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANTA QUITÉRIA .....	85
FOTO 3 –VISTA AÉREA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELÉM.....	87

## LISTA DE SIGLAS

AHP	-	Analytic Hierarchy Process (Processo de Análise Hierárquica)
AP	-	Aumento de Produtividade
BA	-	Benefício Ambiental
CF	-	Coliformes Fecais
CNRH	-	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	-	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COT	-	Carbono Orgânico Total
CR i	-	Centro de Reservação
CTCT	-	Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia
DBO	-	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEMLURB	-	Departamento Municipal de Limpeza Urbana
DQO	-	Demanda Química de Oxigênio
EA	-	Economia de Água
EE	-	Estação Elevatória
EM	-	Economia no Manancial
EMBRAPA	-	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	-	Environmental Protection Agency
ETA	-	Estação de Tratamento de Água
ETE	-	Estação de Tratamento de Esgoto
GR	-	Geração de Renda
GT - Reúso	-	Grupo Técnico de Reúso de Água
IA	-	Impacto Ambiental
IC	-	Índice de Consistência
NMP	-	Número mais Provável
OD	-	Oxigênio Dissolvido
OMS	-	Organização Mundial de Saúde
ONU	-	Organização das Nações Unidas
PCA	-	Programa de Conservação de Água
PCAE	-	Programa de Conservação da Água nas Edificações
PCAI	-	Programa de Conservação da Água na Infra-estrutura Sanitária

PGUAE	-	Programa de Gestão do Uso da Água em Edificações
PMC	-	Prefeitura Municipal de Curitiba
PNCDA	-	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PURA	-	Programa de Uso Racional da Água
RA	-	Risco Ambiental
RC	-	Relação de Consistência
RMC	-	Região Metropolitana de Curitiba
RSC	-	Risco Sanitário (Contato)
RSI	-	Risco Sanitário (Ingestão)
SAAP	-	Sistema de Abastecimento de Água Potável
SABESP	-	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEPAR	-	Companhia de Saneamento do Paraná
SNIS	-	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SS	-	Sólidos Sedimentáveis
SST	-	Sólidos Suspensos Totais
SUDERHSA	-	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
SUREHMA	-	Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente
TRE i	-	Centro de Tratamento e Reservação
UASB	-	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors)
ufc	-	Unidade Formadora de Colônias
UNESCO	-	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
USEPA	-	United States Environmental Protection Agency

## RESUMO

Diante do rápido crescimento populacional e do desenvolvimento sócio-econômico, o recurso água tem gerado conflito quanto a sua disponibilidade, sua qualidade e seus usos. É com foco nesta problemática que se desenvolveu o presente estudo, tendo por objetivo apresentar uma aplicação da metodologia contida no Programa de Conservação de Água no meio urbano (PCA), a qual possibilita a estruturação de diretrizes para o planejamento de reúso de água. Esta metodologia utiliza um sistema de apoio à decisão, especificamente o Método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), para a hierarquização de ações de reúso de água propostas.

Tendo como área de estudo regiões pertencentes às bacias do Barigüi e do Iguaçu, traçou-se um raio aproximado de 10 km a partir das ETE's Santa Quitéria e Belém para delimitá-la. Por meio de questionários foram realizadas avaliações para a verificação da aceitabilidade do usuário quanto a prática da utilização da água de reúso, tanto no setor de serviços, quanto em setores relacionados ao consumo de alimentos e preservação dos recursos hídricos. Também foi realizada análise quantitativa da demanda da água de reúso, além da análise qualitativa da sua oferta.

Em seguida foram concebidas 52 possíveis ações de reúso de água. Após um processo de seleção envolvendo questões como aceitabilidade dos usuários, vazões de demanda, distâncias entre as ETE's e o ponto consumidor, concentração dos possíveis usuários, entre outras, foram selecionadas nove ações de reúso de água. Estas ações selecionadas foram criteriosamente estudadas, onde foram consideradas questões econômicas, benefícios, impactos e riscos gerados pelas práticas de reúso de água.

Finalmente, de posse dos dados das ações selecionadas, aplicou-se o Método AHP, para o estabelecimento de uma seqüência hierárquica para aplicação das mesmas. Cabe ressaltar que o Método AHP apresentou-se de fácil aplicação, transparente em suas etapas e consistente perante a análise de sensibilidade.

A ação que se mostrou mais atraente foi a relacionada ao reúso indireto planejado, ou seja, a manutenção da vazão ecológica do Rio Iguaçu. Posteriormente, apresentaram-se as ações de reúso direto envolvendo o atendimento a agricultura, às indústrias e aos serviços urbanos, além da utilização da água cinza. Cumpre destacar que a aplicação do PCA pode favorecer ao Comitê de Bacias na implantação de ações de conservação de água no meio urbano.

## ABSTRACT

In site of the fast population growth, added to the social-economic development, the water resource has been generating conflict for its availability, its quality and its use. In light of this issue, a study is presented when its goal is to show an application of the methodology inside in the Conservation of Water Program in the urban area (PCA). The PCA application makes possible the structuring of guidelines for the planning of water reuse, through the use of a support system (AHP Method) to the decision. Focusing the study on the belonging areas of the *Barigüi* and of *Iguaçu* basins, it has drawn approximated a ray of 10 km starting from the two Wastewater Treatment Station (WTS). Through resource evaluations that were accomplished to verify the user's acceptance of the use of the water reuse, so either in the sections services, as with subjects related to the foods consumption and the development and maintenance of the water resources. Also quantitative analysis of the water demand was done besides qualitative analysis from the wastewater offering of WTS.

Fifty-two different possibilities of water reuse actions were created basic on the resource. After a selection process involving subjects as the users' acceptance, demand flows, distances between WTS and the consuming point, the possible users' density, among others, nine actions of water reuse were selected. These selected actions were studied and analyzed, where subjects were considered implicating economical factors, benefits, impacts and risks generated by the practices of water reuse.

Finally, having the data of the nine actions, the AHP Method was applied establishing a priority sequence for wastewater application water reuse actions on the study area. Regarding the use of AHP Method it was showed came of easy application, transparent in their stages and solid during the sensibility analysis.

Prior to the action that was shown more efficient was the one related to the planned indirect reuse, in other words, the maintenance of ecological flow of *Iguaçu* River. Later on, it was showed the direct reuse actions involving the agriculture, industries and urban services, besides the graywater application. It's important to point out that the PCA application could favor the Basin Committee in the actions implantation of water conservation in the urban area.

*... águas escuras dos rios  
que levam a fertilidade ao sertão,  
águas que banham aldeias  
e matam a sede da população...*

*Guilherme Arantes*

## **1. INTRODUÇÃO**

A água doce do planeta pode ser considerada um bem finito em processo de escassez, este fato não se caracteriza pela quantidade de água disponível, mas devido ao decréscimo de sua qualidade. A água que utilizamos para os diversos usos é sempre a mesma e com o passar do tempo ela tem se tornado cada vez mais poluída, o que acarreta a inviabilidade de seu uso ou implica em altos custos e tecnologias mais avançadas para torná-la própria novamente para utilização.

O Brasil é um país privilegiado por possuir 12% da água mundial disponível para utilização, o que não o afasta de problemas de escassez. Isto ocorre devido às secas frequentes no nordeste, a sua má distribuição no território brasileiro, estando disponível em grande quantidade em regiões onde há pouca densidade populacional, caso do norte do Brasil, e tornando-se escassa em regiões como o Sul e Sudeste do Brasil onde há uma grande concentração populacional. Também não deve ser desconsiderada a sua super exploração, a qual restringe a possibilidade de usos múltiplos e a sua má utilização a qual acarreta a poluição crescente e conseqüentemente a redução em sua qualidade, restringindo seus usos.

Em âmbito mundial, segundo o relatório da UNESCO (2003), até aproximadamente a metade deste século, cerca de sete bilhões de pessoas em 70 países terão problemas de escassez de água, ou melhor, isto ocorrerá com maior intensidade com dois bilhões de pessoas em 48 países do mundo.

Em Curitiba, ANDREOLI (1999), realizou um estudo para verificação dos limites de desenvolvimento imposto pela escassez de água na Região Metropolitana de Curitiba (RMC) e concluiu que se for considerado o crescimento populacional máximo, os mananciais estudados serão suficientes até o ano de 2040 e quando

considerado o crescimento populacional mínimo, os mesmos serão suficientes até 2050. Este autor ainda ressaltou que na ausência de programas efetivos de conservação destes mananciais abastecedores, poderão ocorrer os seus esgotamentos entre os anos de 2030 e 2035, considerando-se crescimento populacional máximo, e entre 2035 e 2040, para o crescimento populacional mínimo.

Torna-se imprescindível ressaltar que o rápido crescimento da população urbana somado à industrialização conduz a processos de escassez de água, conduzindo também a degradação da qualidade das águas subterrâneas e superficiais.

Segundo a EPA (2004), a evolução populacional entrará em conflito com a demanda no consumo de água para o abastecimento público, recreacional e a produção de alimentos, caso não se pratique o uso racional da água.

Isto posto, surgiu a necessidade de estudos de novas tecnologias para minimizar o consumo de água. Nesse sentido o reúso de água vem sendo estudado como uma fonte alternativa para suprir a deficiência de água em segmentos como o agrícola, o industrial e o urbano. Assim, faz-se necessário o estudo de viabilidade técnica, ambiental, econômica e logística de práticas de reúso de água, visando o seu melhor aproveitamento conforme o local e a demanda.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar uma aplicação da metodologia contida no Programa de Conservação da Água no Meio Urbano (PCA), o qual é composto por duas linhas de atuação: as edificações e a conservação da água na infra-estrutura sanitária. Este programa tem por objetivo a estruturação de diretrizes para o planejamento e gestão das ações de conservação da água através de processo de hierarquização sob aspectos de viabilidade econômica, do benefício gerado e do risco sanitário associado. Para tanto é utilizado um sistema de apoio a decisão, sendo que neste estudo foi utilizado o Método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), o qual tem por finalidade proporcionar a hierarquização de ações de reúso de água.

Em função disso, é apresentado um estudo de caso onde se optou por trabalhar com duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), sendo uma aeróbia e outra anaeróbia, devido à diferença de qualidade de efluente obtido por ambas. A área de estudo é circunscrita por um raio aproximado de 10 km, a partir de cada ETE, onde foram analisadas a oferta de efluente e a demanda de possíveis usuários. Cumpre destacar que a importância deste estudo é ilustrar e consolidar a metodologia do PCA, para a construção do processo de proposição das diretrizes para diversos cenários de possíveis usuários da água de reúso.

Isto posto, o presente trabalho é composto de seis seções, a saber:

1. Introdução: Contextualização dos problemas gerados pela escassez de água no Brasil e no mundo;
2. Objetivo: apresenta os objetivos do trabalho;
3. Revisão Bibliográfica: exhibe a contextualização de práticas, sistemas, ações e critérios de reúso de água, além da inserção destas práticas no contexto dos Recursos Hídricos. Esta seção também apresenta o sistema de apoio a decisão, Método AHP, ferramenta utilizada para hierarquização das ações;

4. Materiais e Métodos: são apresentados os cenários de estudos, as ETE's Santa Quitéria e Belém, as caracterizações de oferta e demanda da água de reúso e as análises para avaliação da aplicabilidade das ações selecionadas;
5. Resultados e Discussões: esta seção expõe e discute a simulação inicial e 13 simulações adicionais obtidas através do Método AHP; e
6. Conclusões: são exibidas conclusões a respeito do processo de hierarquização e do Método AHP, também são relacionadas recomendações para futuros estudos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Revisão Bibliográfica está subdividida conforme segue:

- **item 3.1 – a água no mundo:** contextualização da escassez e distribuição de água no Brasil e no Mundo;
- **item 3.2 – conservação da água:** exposição de conceitos e ações concretas, como programas e leis para a conservação de água;
- **item 3.3 – reúso de água:** neste item é abordado o histórico de reúso de água no Mundo, também é focado o papel da água de reúso no ciclo hidrológico e são citados alguns conceitos e definições sobre a prática do reúso de água. Posteriormente é apresentada a caracterização e tratamento da água residuária para seqüencialmente serem apresentadas as ações de reúso de água enfocando a agricultura, o uso urbano, o setor industrial e o uso da água cinza. Ainda neste item são abordados os critérios da OMS e da EPA para a prática de reúso de água e então são exibidas as características do sistema de reúso de água, tais como o sistema de armazenamento, distribuição, entre outros, e finalmente são apresentados os critérios para decisão de reúso de água, tais como: benefícios, impactos, aceitabilidade, potencialidade das ações e avaliação econômica;
- **item 3.4 – gestão da conservação da água:** trata-se do planejamento e gestão dos recursos hídricos, dos princípios e conceitos sobre planejamento e gestão da conservação da água e são apresentadas considerações sobre planejamento e gestão do reúso de água para finalmente apresentar alguns programas vigentes de conservação da água;
- **item 3.5 – programa de conservação da água no meio urbano (PCA):** este item descreve as cinco etapas do PCA, as quais fazem parte do foco deste estudo;
- **item 3.6 – análise multicritério:** consta da descrição do Método AHP, suas etapas e os métodos para sua verificação.

### 3.1. A ÁGUA NO MUNDO

Com relação à disponibilidade da água no mundo, observa-se que sua distribuição no planeta ocorre de forma desigual. Algumas regiões são privilegiadas com grande quantidade de água, como é o caso da região amazônica, enquanto outras apresentam sérios problemas de escassez, como ocorre em países como o Israel e países da África.

Diante deste panorama o Quadro 1 apresenta a distribuição da água no planeta.

QUADRO 1 – DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO PLANETA

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade (%)</b>
Oceanos	97,500%
Geleiras	1,979%
Águas Subterrâneas	0,514%
Rios e Lagos	0,006%
Atmosfera	0,001%

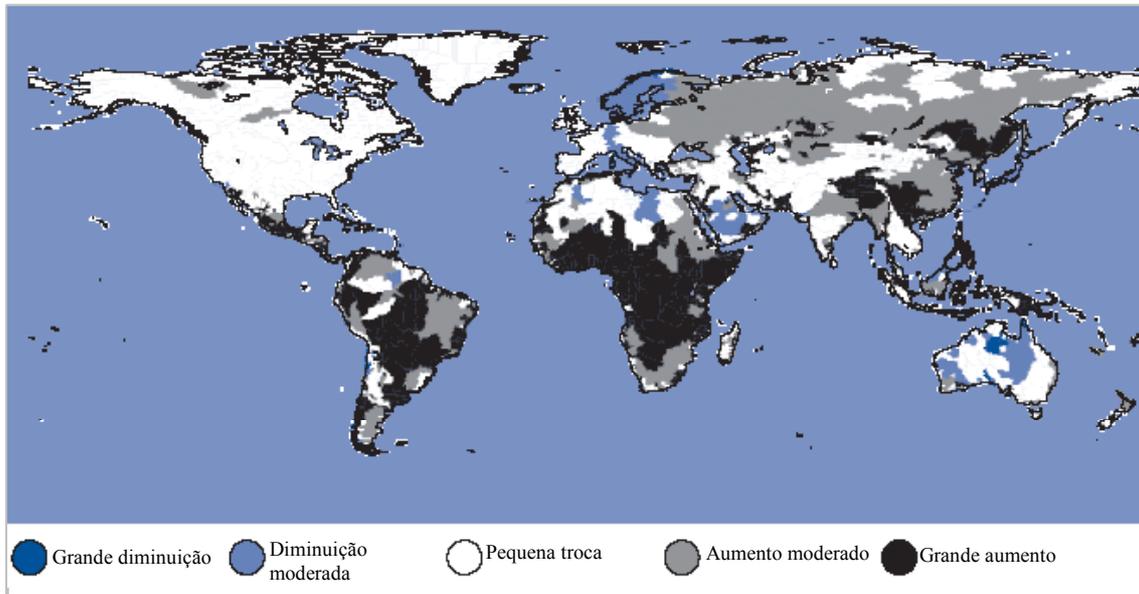
FONTE: SNIS (2002)

Através dos dados apresentados é possível verificar as disparidades entre a disponibilidade de água doce e salgada e entre a água subterrânea e as águas provenientes de rios, lagos e atmosfera.

Quanto à escassez de água, diversos países passam por esta problemática e isto se intensifica com a extração, de forma progressiva, dos recursos hídricos. Esta questão assola diferentes localidades no mundo, como é o caso de vários países na África e do Oriente Médio, além de países como o México, Hungria, Índia, China, Tailândia e Estados Unidos.

Frente a realidade da escassez de água, a WORLD WATER VISION (2000), através da Figura 1 apresenta locais onde há grande consumo dos recursos hídricos, como é o caso de grandes áreas da África, Ásia e América do Sul, onde há um aumento na exploração e consumo de água.

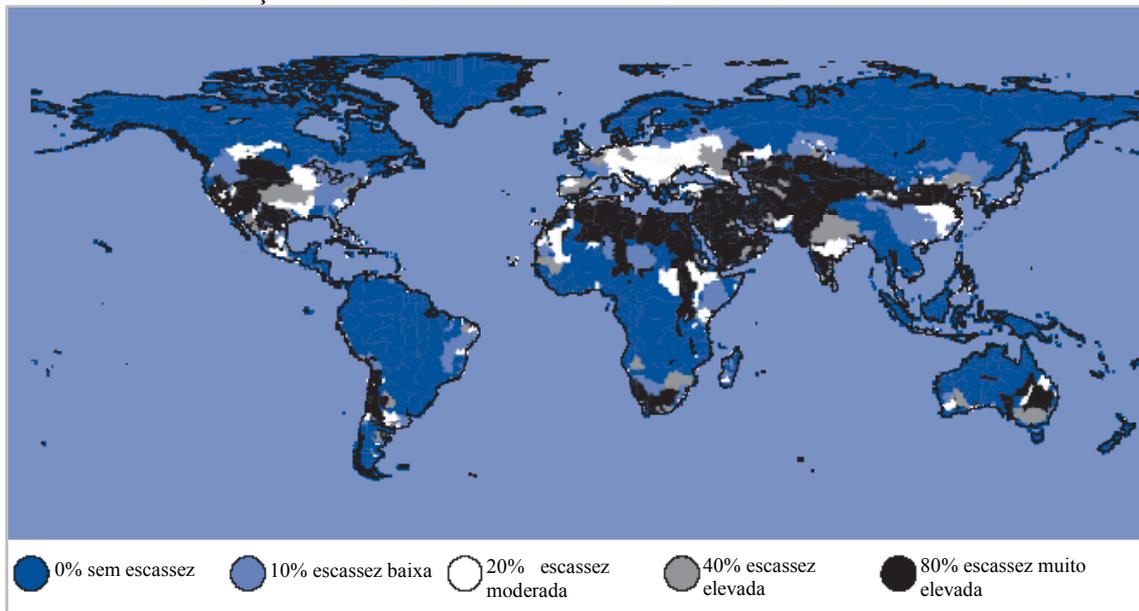
FIGURA 1 – REGIÕES DE GRANDE CONSUMO DE RECURSOS HÍDRICOS



FONTE: WORLD WATER VISION (2000)

Ainda de acordo com WORLD WATER VISION (2000) o cenário da escassez da água em 2025 atingirá quatro bilhões de pessoas, sendo que a metade da população mundial viverá em países com elevado índice de escassez. A Figura 2 apresenta uma escala do problema da escassez de água no mundo para o ano 2025.

FIGURA 2 – PROJEÇÃO DO GRAU DE ESCASSEZ DE ÁGUA PARA O ANO 2025



FONTE: WORLD WATER VISION (2000)

Diante do exposto, a WORLD WATER VISION (2000) estima que a disponibilidade de água global reduzirá de 6.600 para 4.800 m<sup>3</sup> per capita entre os anos 2000 e 2025, isto representa dizer que cerca de três milhões de pessoas viverão em países totalmente ou parcialmente áridos ou semi-áridos, os quais disporão de cerca de menos de 1.700 m<sup>3</sup> per capita de água.

No entanto, AHMED et al. (2002) destaca que em regiões de severa escassez de água, como o centro leste e norte da África, a disponibilidade de água per capita passou de 3500 m<sup>3</sup> para 1500 m<sup>3</sup> entre os anos 1990 e 1996. Estima-se que, para tais regiões, em 2025 haverá disponível apenas 700 m<sup>3</sup> per capita.

No Brasil, como em outros países já citados, a distribuição de água doce ocorre de forma desigual, assim como a distribuição da população. O Quadro 2 apresenta a porcentagem de recursos hídricos, água superficial e a população referente a cada região do Brasil.

QUADRO 2 – DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DOCE NO BRASIL

<b>Região</b>	<b>Recursos Hídricos (%)</b>	<b>Superfície (%)</b>	<b>População (%)</b>
Norte	68,5	45,3	6,98
Centro-Oeste	15,7	18,8	6,41
Sul	6,5	6,8	15,05
Sudeste	6	10,8	42,65
Nordeste	3,3	18,3	28,91

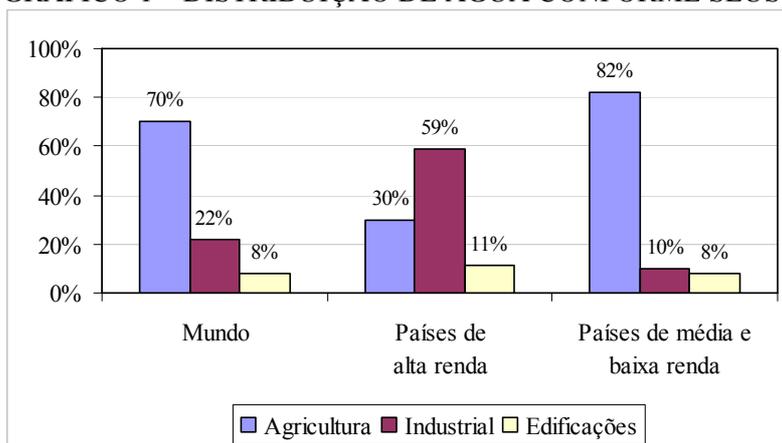
FONTE: SNIS (2002)

Como se pode observar, a Região Norte apresenta a maior disponibilidade de água e praticamente o menor índice de população. Enquanto a região Sudeste, onde há grande concentração de pessoas e indústrias, apresenta a menor disponibilidade per capita de água.

Com relação à demanda de água, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2002) apresenta o seguinte quadro de uso da água no Brasil: 70% pela agricultura, 22% pelas indústrias e apenas 8% pelas edificações. HAMODA (2004) destaca que a média em países árabes é de 88% para o setor da

agricultura, 7% para o doméstico e 5% para usos industriais. As relações citadas anteriormente também são mencionadas no relatório da UNESCO (2003) como distribuição de água no mundo, de acordo com seus usos. Este relatório ainda informa que estas relações se alteram de acordo com a classificação de renda dos países, fixando-os em alta e em média e baixa renda conforme apresentado no Gráfico 1.

GRÁFICO 1 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA CONFORME SEUS USOS



FONTE: Relatório UNESCO (2003)

Quanto ao consumo per capita o SNIS (2002), apresenta o consumo médio per capita variando de acordo com a localidade. Os estados brasileiros que apresentam maior consumo de água são o Rio de Janeiro, Espírito Santo e Distrito Federal, com 219,21, 194,03 e 193,29 L/hab/dia, respectivamente. O Estado de São Paulo encontra-se na sexta posição com 160,84 L/hab/dia e o Paraná na décima primeira posição com 125,17 L/hab/dia. O Estado com menor consumo per capita é o Amazonas com 51,13 L/hab/dia.

## 3.2. CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

### 3.2.1. Conceitos

SANTOS (2005) conceitua a conservação da água como um conjunto de ações que propiciam a economia e preservação de mananciais hídricos, o qual engloba ações

relacionadas ao uso racional da água, ao uso de fontes alternativas e a proteção dos recursos hídricos naturais.

Não obstante, o MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA PARA A INDÚSTRIA (2004), define conservação da água como práticas, técnicas e tecnologias que aperfeiçoam a eficiência do uso da água. Fazem parte desta perspectiva ações que:

- reduzem a quantidade de água extraída das fontes de suprimento, o consumo, o desperdício e as perdas de água;
- aumentam a eficiência do uso da água, sua reciclagem e o reúso da água; e
- evitam a poluição de mananciais.

Especificamente quanto ao reúso de água, o capítulo 18 da Agenda 21, intitulado "Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos", aborda a importância do mesmo, recomendando a implementação de políticas de gestão e o desenvolvimento de novas alternativas de abastecimento de água para fins não potáveis, entre elas o aproveitamento de águas residuárias e a reciclagem da água.

### **3.2.2. Ações de Conservação de Água**

Devido ao problema da carência de água, diversos países estão tomando iniciativas para conservar a sua quantidade e qualidade, por esse motivo e com o incentivo da Agenda 21, foram formuladas várias campanhas estimulando a economia e o uso racional da água.

No Brasil, apesar da quantidade de água disponível, não ocorre diferente dos outros países e constantemente surgem novas campanhas de conscientização e uso racional da água. Como medidas para conservação da água existem programas em âmbito nacional, propostas de taxação de água para grandes consumidores, para uso da água da chuva, uso da água cinza e o incentivo a práticas de reúso de água não potável.

Neste sentido, a Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 admite o princípio de que “a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico”. Essa lei instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e prevê a elaboração de um Plano Nacional de Recursos Hídricos, a qual procura assegurar tanto para a atual como para as futuras gerações a disponibilidade de água com padrões de qualidade adequados aos seus usos. Um dos objetivos do Plano Nacional de Recursos Hídricos é atingir metas para a racionalização de uso da água e o aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis.

Já, o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), é um programa federal que propõe medidas para o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras. Este programa tem por objetivos específicos definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas.

Relativo às edificações, o Programa de Uso Racional da Água (PURA), desenvolvido em São Paulo, prevê um conjunto de ações no intuito da promoção do uso racional da água em nível dos sistemas prediais.

Outra medida que está passando por várias discussões e está ganhando muita importância em esfera mundial é o reúso de água.

### 3.3. REÚSO DE ÁGUA

#### **3.3.1. Histórico**

O reúso de água possui uma longa história, comprovado por sistemas de esgotamento sanitários associados a antigos palácios e a cidades da Civilização de Minoan, da ilha de Creta, na Antiga Grécia. Há indicações da utilização de água

residuária na irrigação agrícola desde aproximadamente 5000 anos atrás (ANGELAKIS<sup>1</sup> e SPYRIDAKIS, apud ASANO e LEVINE, 1996).

Segundo ANGELAKIS et al. (1999), Israel é o país pioneiro na prática de reúso de água, seguido por República Tcheca, Jordânia e Tunísia. No entanto o maior reconhecimento desta prática ocorre em países como Israel, Tunísia, África do Sul, México e algumas localidades dos Estados Unidos, como é o caso da Califórnia, Flórida e Arizona.

Durante o último século, a necessidade crescente de água potável resultou no desenvolvimento de vários sistemas para recuperação da água e formas de reúso de água. O Quadro 3 apresenta de forma cronológica o desenvolvimento histórico da prática de reúso de água.

---

<sup>1</sup> ANGELAKIS, A. N. and SPYRIDAKIS, S. The status of water resources in Minoan times: a preliminary study. Angelakis, A.N., and Issar, Editors, Diachronic Climatic Impacts on Water Resources in Mediterranean Region. **Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.**

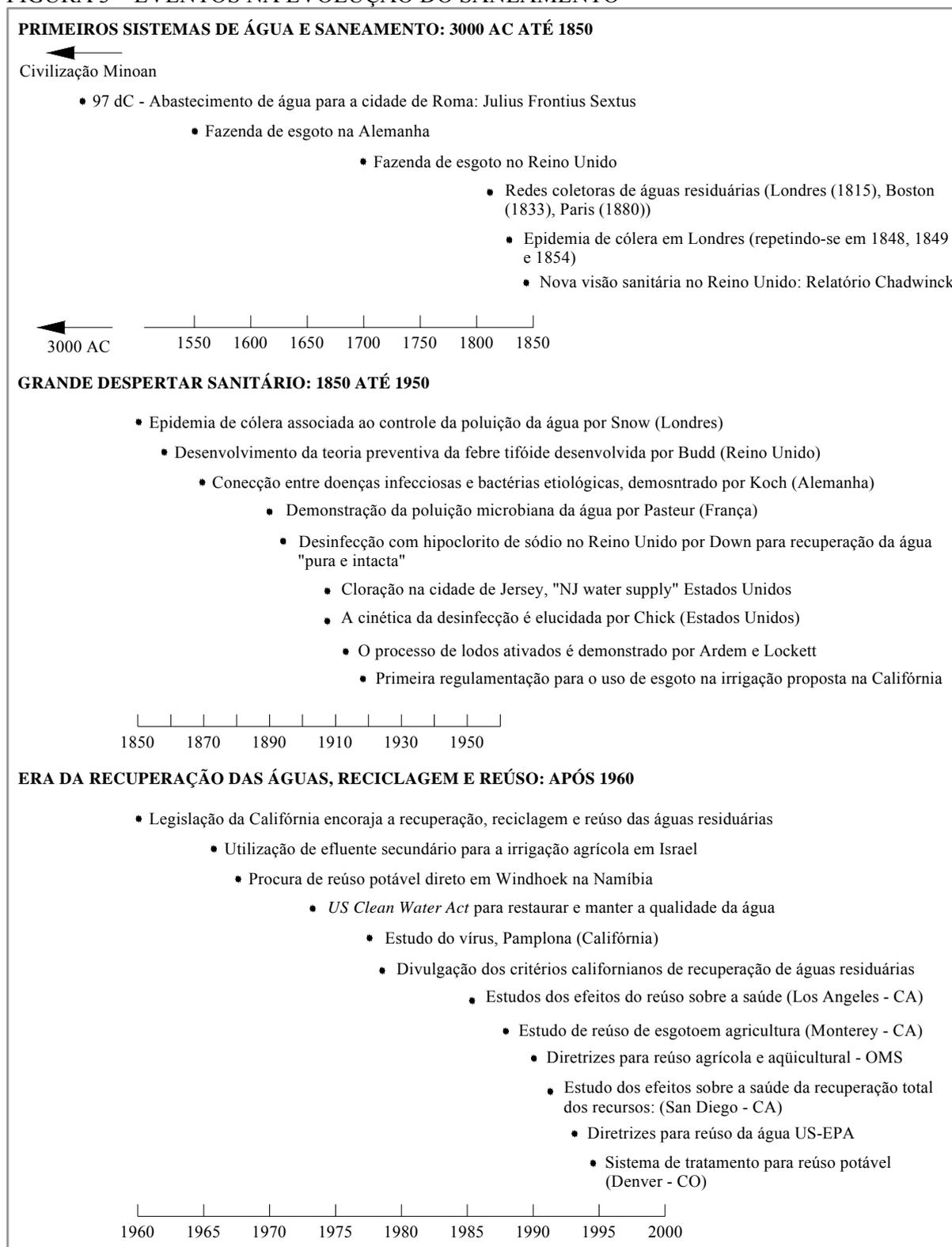
QUADRO 3 – DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA ÁGUA DE REÚSO EM PARTES DIFERENTES DO MUNDO

Ano	Localização	Exemplos de Reúso
1912 - 1985	Golden Gate Park, San Francisco, California, U.S.A;	Irrigação de gramados e criação de lagos ornamentais
1926	Grand Canyon National Park, Arizona, U.S.A.	Descarga em vaso sanitário, irrigação de gramado, água de resfriamento e alimentação de caldeira
1929	Cidade de Pomona, Califórnia, U.S.A.	Irrigação de campos e jardins
1942	Cidade de Baltimore, Maryland, U.S.A.	Resfriamento de metais no processo do aço na Bethlehem Steel Company
1960	Cidade de Colorado Springs, Colorado, U.S.A.	Irrigação de campos de golfe e parques
1961	Irvine Ranch Water District, California, U.S.A.	Irrigação, industrial e usos domésticos
1962	County Sanitation Districts of Los Angeles County, California, U.S.A. Groundwater recharge using	Recarga de aquífero usando bacias de propagação em Montebello Forebay.
1962	La Soukra, Tunisia	Irrigação em plantas cítricas e redução da intrusão de água salina em aquíferos.
1968	Cidade de Windhoek, Namíbia	Sistema direto de recuperação de água residuária para aumentar a quantidade de água potável
1969	Cidade de Wagga Wagga, Austrália	Irrigação de paisagens, campos esportivos, gramados, e cemitérios.
1970	Sappi Pulp and Paper Group, Enstra, South Africa	Industrial e higiene de áreas públicas
1976	Orange County Water District, California, U.S.A.	Recarga de aquífero por injeção direta
1977	Dan Region Project, Tel-Aviv, Israel	Recarga de aquífero por bacias, via bombeamento
1977	City of St. Petersburg, Florida, U.S.A.	Irrigação de parques, campos de golfe e jardins escolares
1984	Tokyo Metropolitan Government, Japan	Projeto de reciclo de água no distrito de Shinjuku
1985	City of El Paso, Texas, U.S.A.	Recarga de aquífero através de injeção direta no aquífero Hueco de Bolson e resfriamento de caldeiras
1987	Monterey Regional Water Pollution Control Agency, California. U.S.A.	Irrigação na agricultura de alimentos consumidos crus, como alcachofra, aipo, brócolis, alface e couve-flor
1989	Shoalhaven Heads, Australia	Irrigação de jardins e descarga sanitária em residências
1989	Consorti de la Costa Brava, Girona, Spain	Irrigação de campos de golfe

FONTE: METCALF E EDDY (2003)

Neste sentido, é apresentada uma linha do tempo na Figura 3, a qual ilustra os principais episódios sanitários e a evolução do reúso de água no mundo.

FIGURA 3 – EVENTOS NA EVOLUÇÃO DO SANEAMENTO



FONTE: ASANO e LEVINE (1996)

### 3.3.2. O Papel da Água de Reúso no Ciclo Hidrológico

Tradicionalmente o ciclo hidrológico é usado para representar o contínuo transporte da água no meio ambiente. No entanto com o surgimento da prática de reúso de água este ciclo recebeu outros componentes, tais como, reúso na agricultura e industrial, recarga de aquíferos e descarga de água na superfície.

Frente a este contexto, a Figura 4 apresenta o ciclo hidrológico e possibilidades de reúso de água.

FIGURA 4 – CICLO HIDROLÓGICO E O REÚSO DE ÁGUA

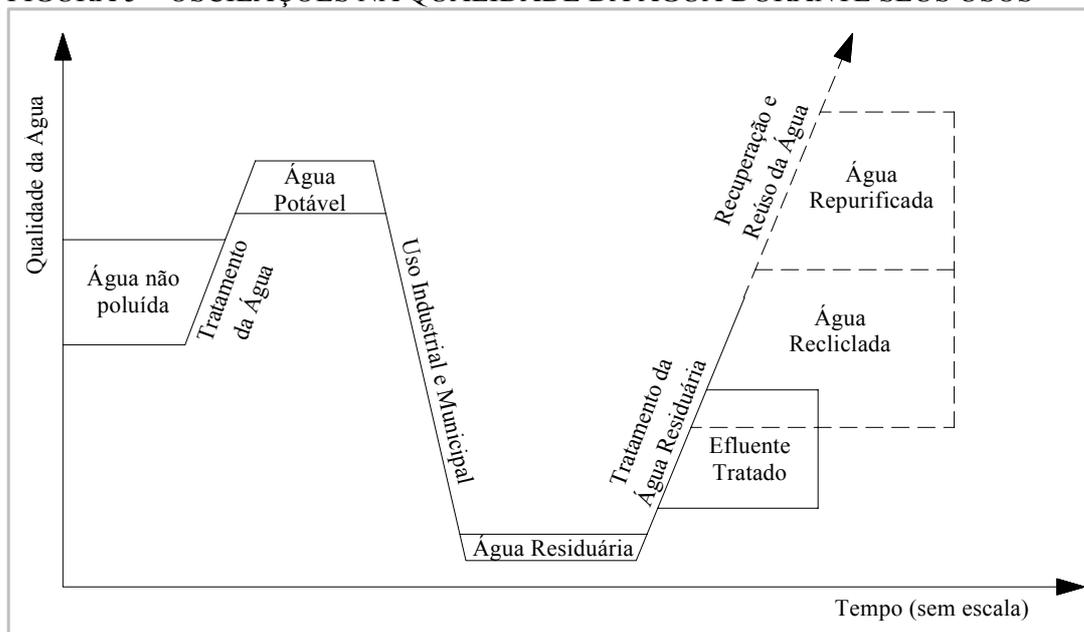


FONTE: METCALF E EDDY (2003)

A quantidade de água transferida a cada direção depende das características da bacia, do fator climático e das características geo-hidrológicas, sem desconsiderar o seu grau de utilização de acordo com os seus usos.

Seguindo essa premissa, a água passando por diversos usos, incorpora vários componentes. Assim sendo, a Figura 5 ilustra as oscilações na qualidade da água, durante seus diversos usos, levando em consideração o seu tempo de utilização.

FIGURA 5 – OSCILAÇÕES NA QUALIDADE DA ÁGUA DURANTE SEUS USOS



FONTE: MUJERIEGO e ASANO (1999)

### 3.3.3. Conceito de Reúso de Água

A literatura apresenta várias formas para classificar o reúso de água, neste trabalho será adotada a definição de alguns conceitos, conforme descrito por diversos autores:

- Reúso de água pode ser definido como o aproveitamento das águas que foram utilizadas, uma ou mais vezes, tendo como finalidade atender as necessidades de outras atividades ou em seu próprio uso original.
- Reúso direto planejado: ocorre quando os efluentes, após passarem por sistemas de tratamento, são encaminhados diretamente ao local de reúso, não sendo descarregados ao meio ambiente.
- Reúso potável direto: ocorre quando o esgoto, tratado adequadamente, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- Reúso indireto planejado: ocorre quando os efluentes após passarem por sistema de tratamento adequado são lançados, de forma planejada, ao meio ambiente, para posteriormente serem utilizados a jusante, sem tratamento, na forma diluída e de maneira controlada, atendendo a algum uso.

- Reúso potável indireto: ocorre quando o esgoto, após tratamento, é disposto em água superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e posterior captação para tratamento e utilização como água potável.
- Reúso indireto não planejado: ocorre quando a água, já utilizada uma ou mais vezes é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada.
- Reciclagem é uma forma de reúso direto programado em que geralmente a indústria trata sua própria água de processo e a reutiliza.

Em geral, é comum a prática do reúso indireto, não programado e não potável. O Brasil ainda não possui uma legislação para definir parâmetros de qualidade e atividades que podem ser beneficiadas com a água de reúso. No entanto já há discussões para a criação de uma legislação, através do grupo técnico de reúso de água (GT - Reúso), da Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia (CTCT) do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

#### **3.3.4. Caracterização e Tratamento das Águas Residuárias**

Como o efluente proveniente de estações de tratamento de esgoto pode ser utilizado na prática de reúso de água, é importante o conhecimento de suas características físicas, químicas e biológicas.

Sabe-se que o esgoto doméstico é composto por aproximadamente 99,9% de água, sendo que a fração restante é composta por sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, além de microorganismos. Inserido neste contexto, os principais parâmetros físicos normalmente analisados são temperatura, cor, odor e turbidez. Já, os principais parâmetros químicos que merecem análise são sólidos totais, matéria orgânica (DBO, DQO, COT), nitrogênio total, pH, alcalinidade, cloretos e óleos e graxas. Quanto à análise biológica, os principais microorganismos presentes nos esgotos são bactérias, fungos, protozoários, vírus e helmintos.

A EPA (2004) citando PETTYGROVE e ASANO (1985)<sup>2</sup>, apresenta o Quadro 4, o qual exibe uma relação de constituintes orgânicos e inorgânicos, dos parâmetros analisados, além de razões para preocupação com a água de reúso.

QUADRO 4 – CONSTITUINTES ENCONTRADOS NA ÁGUA DE REÚSO

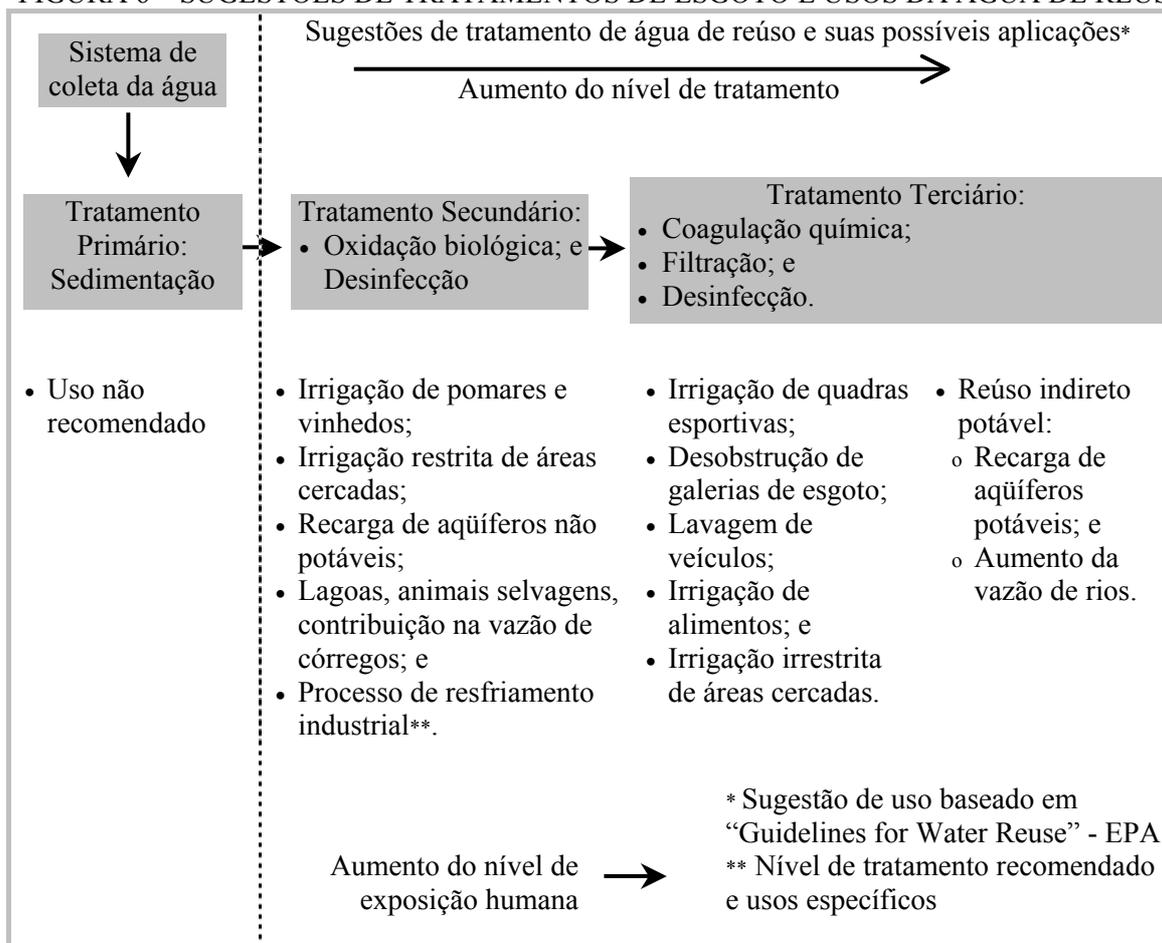
Constituintes	Parâmetros analisados	Razões para preocupação
Sólidos Suspensos	Sólidos suspensos, incluindo sólidos fixos voláteis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminantes orgânicos, metais pesados, entre outros, podem ser adsorvidos por partículas.</li> <li>- Matérias suspensas podem proteger microorganismos de desinfetantes.</li> <li>- Quantidades excessivas de sólidos suspensos podem causar obstrução nos sistemas de irrigação.</li> </ul>
Organismos Biodegradáveis	Demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio e carbono orgânico total	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemas estéticos e de odor.</li> <li>- O fornecimento de alimentos para os microorganismos afeta desfavoravelmente os processos de desinfecção, tornam a água imprópria para alguns usos, consomem o oxigênio e podem resultar em efeitos agudos ou crônicos se a água recuperada for usada.</li> </ul>
Nutrientes	Nitrogênio, fósforo e potássio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nitrogênio, fósforo e potássio são nutrientes essenciais para o crescimento das plantas.</li> <li>- No meio aquático o nitrogênio e o fósforo podem conduzir ao crescimento de algas e plantas aquáticas.</li> </ul>
Orgânicos Estáveis	Componentes específicos (pesticidas, cloretos, hidrocarbonetos, entre outros)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alguns destes compostos orgânicos tendem a resistir aos métodos convencionais de tratamento de esgotos.</li> <li>- Alguns compostos orgânicos são tóxicos ao ambiente e sua presença pode limitar a utilização da água recuperada na irrigação ou outros usos.</li> </ul>
Concentração do Íon Hidrogênio	pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O pH da água residuária afeta o processo de desinfecção, coagulação, solubilidade do metal, assim como a alcalinidade do solo.</li> <li>- A escala normal de pH de esgotos domésticos varia entre 6,5 e 8,5, porém a descarga de esgotos industriais podem alterar o pH significativamente.</li> </ul>
Metais Pesados	Especificamente os seguintes elementos (Ca, Zn, Ni e Hg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alguns metais pesados acumulam no meio ambiente e são tóxicos a plantas e animais. Esta presença pode limitar o uso da água reaproveitada para diversos usos.</li> </ul>
Compostos Inorgânicos Dissolvidos	Sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, elementos específicos como Na, Ca, Mg, Cl e B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O excesso na salinidade pode afetar a agricultura.</li> <li>- Os íons da condutividade elétrica dos compostos inorgânicos, tais como cloretos, NA e B são tóxicos, podendo causar problemas de permeabilidade no solo.</li> </ul>
Cloro Residual	Cloro livre ou combinado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As quantidades excessivas de cloro livre disponível podem causar queda de folhas, queimadura e danificam algumas colheitas.</li> <li>- O uso de cloro na água de reúso deve atender o seu uso para evitar danos às plantações.</li> </ul>

FONTE: EPA (2004) citando PETTYGROVE e ASANO (1985)

<sup>2</sup> PETTYGROVE, G. S.; ASANO T. Irrigation with reclaimed municipal wastewater - a guidance manual. Lewis Publishers, Inc. Chelsea, Michigan. 1985.

Já, a Figura 6 apresenta os tipos de processo de tratamento de esgoto, primário, secundário e terciário, assim como sugestões de usos para água de reúso de acordo com cada nível de tratamento. Nos casos em que há grande possibilidade de exposição do ser humano com a água de reúso é indicado maior grau de tratamento.

FIGURA 6 – SUGESTÕES DE TRATAMENTOS DE ESGOTO E USOS DA ÁGUA DE REÚSO



FONTE: EPA (1998)

### 3.3.5. Ações de Reúso de água para fins não potáveis

#### a) Agricultura

De toda a água consumida pelos diversos setores, a agricultura é responsável por utilizar cerca de 70% e este valor tende a aumentar. No entanto, os consumos específicos variam bastante, dependendo do método de irrigação empregado, de fatores como a natureza do solo, a necessidade de diferentes culturas, os índices de evaporação das regiões e, sobretudo da qualidade da água.

Em geral, o setor agrícola requer o uso de grande quantidade de fertilizantes químicos para compensar as deficiências das culturas em nitrogênio, fósforo e potássio. Entretanto, estes constituintes químicos são abundantes em águas residuárias provenientes de esgotos domésticos.

No entanto, deve-se salientar que a quantidade de tais constituintes químicos deve ser analisada cuidadosamente, uma vez que, se mal administrados podem ocasionar problemas ao solo e às culturas, tais com a salinidade, dificuldade de infiltração, sodicidade, toxidez, entre outros. Diante deste contexto, FOLEGATTI et al. (2005), descrevem os principais efeitos causados ao solo, às plantas e ao homem:

- Salinidade: a salinidade da água ou do solo está diretamente ligada ao teor de sais contidos nestes, sendo que a elevação do teor destes sais reduz a disponibilidade de água para as plantas. Assim sendo, ao se elevar a quantidade de sais do solo diminui-se o rendimento das culturas significativamente, pois as plantas ficam sob estado de estresse hídrico e não conseguem extrair água suficiente. Em consequência a planta diminui de tamanho, murcha, apresentando alterações, geralmente levando ao falso diagnóstico de falta de água, o que complica ainda mais o estado da planta e do solo, já que existe a tendência de irrigar para compensar esta aparente falta de água.
- Dificuldade de infiltração da água no solo: refere-se à dificuldade com que a água atravessa a superfície do solo. O efeito da redução da infiltração da água é similar ao efeito causado pela salinidade. Neste caso a planta é penalizada por não possuir água disponível para o sistema radicular, enquanto que na salinidade, existe água disponível, mas a planta não consegue extraí-la.
- Sodicidade: refere-se à elevada atividade do íon sódio, em relação a atividade dos íons cálcio e magnésio. Quando há excesso de sódio no solo, ocorre a desagregação e a dispersão dos minerais de argila em partículas muito pequenas que causam a obstrução dos poros do solo. Com as

sucessivas irrigações, forma-se uma camada impermeável, reduzindo a permeabilidade do solo, e conseqüentemente, a infiltração.

- Excesso de Nitrogênio: o nitrogênio é um nutriente estimulante de crescimento para as plantas, e quando contido nas águas de irrigação, exerce o mesmo efeito do nitrogênio utilizado como fertilizante. Entretanto, quantidades elevadas deste elemento podem causar crescimento desordenado das plantas e retardamento na maturação dos frutos, propiciando colheitas de baixa qualidade.
- Metais Pesados: Os metais pesados podem ser encontrados principalmente nos esgotos industriais e nos lodos provenientes destes esgotos. A maioria dos metais pesados fica retida no solo, sobretudo se ele for rico em matéria orgânica e tiver pH superior a 7,0. Entretanto, se o solo for ácido, ele perde a capacidade de reter estes elementos, e por lixiviação pode comprometer as águas do lençol freático. Elementos como zinco, cobre e boro, em pequenas concentrações, são benéficos às culturas, contudo podem causar problemas de toxidez devido ao seu poder acumulativo. Metais como chumbo, arsênio, mercúrio e cádmio, os quais são altamente tóxicos não só para as plantas, mas também para o homem e os animais, contaminam a água, o solo e a cultura, e como conseqüência, causam doenças como vários tipos de câncer, degeneração múltipla dos tecidos, podendo ainda ser letal aos consumidores de culturas contaminadas.

Neste contexto, a água de reúso pode ser aproveitada, desde que de forma adequada, em pomares, vinhas, forragem, culturas processadas, culturas consumidas cruas.

Ainda, FOLEGATTI et al. (2005), comentam que um bom manejo do conjunto solo, água e planta é capaz de amenizar os problemas provocados pelo uso das águas residuárias. Quanto à saúde dos trabalhadores e consumidores, é necessário realizar uma boa manutenção do sistema de tratamento de águas residuárias, escolher o sistema de irrigação adequado para a cultura a ser cultivada, não manusear o sistema

quando estiver funcionando, e se manuseá-lo, usar luvas e botas. Além disso, respeitar as normas para a reutilização de águas residuárias, e fazer assepsia dos produtos a serem consumidos.

#### b) Uso Urbano

Diversas atividades urbanas dispensam o uso de água potável, podendo-se aproveitar águas de qualidade inferior. De acordo com a AWWA (1994), os usos mais apropriados para água de reúso não potável são:

- irrigação de parques, jardins públicos, de edifícios, de escolas, e de universidades, centros esportivos e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água;
- irrigação de cemitérios;
- reserva de proteção contra incêndio;
- lavagem de trens e ônibus públicos;
- na produção de concreto, compactação de solo e controle de poeiras; e
- descarga sanitária em banheiros públicos, edifícios comerciais e industriais.

Diante deste panorama, HESPANHOL (2003), salienta que os usos urbanos para fins não potáveis envolvem riscos menores quando comparados com os potáveis. Entretanto devem ser tomados cuidados especiais diante da possibilidade de contato direto do público com gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos esportivos. Destaca ainda, como principais problemas associados a esta prática, os elevados custos de sistemas duplos de distribuição, as dificuldades operacionais e os riscos potenciais de ocorrência de conexão cruzada.

### c) Industrial

Diversas indústrias passaram a avaliar a possibilidade de reutilizar a água, devido aos seus elevados custos no processo industrial associados aos processos de outorga e cobrança dos direitos de captação e lançamento, os quais estão previstos na lei Nº 9.433/97.

De acordo com o MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA PARA A INDÚSTRIA (2004), o ramo de ação da indústria define as atividades desenvolvidas e determina as características de qualidade da água a ser utilizada, no entanto uma mesma indústria pode utilizar águas com diferentes níveis de qualidade.

Perante a esta realidade, HESPANHOL (2003), destaca os principais usos industriais:

- torres de resfriamento como água de make-up;
- alimentação de caldeiras;
- construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para compactação de solo;
- irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e alguns tipos de peças, principalmente na indústria mecânica; e
- águas de processos.

De um modo geral, a proximidade das indústrias com as estações de tratamento de esgoto favorece a prática do reúso de água. No entanto a água reutilizada pode apresentar como desvantagem, quando comparada com águas naturais, a temperatura um pouco elevada, porém a oscilação de temperatura nas torres de resfriamento é menor.

#### d) Água Cinza

Os projetos de uso de “água cinza” em residências têm como proposta o uso das águas provenientes de lavatórios, máquinas de lavar roupas e chuveiros. Depois de cloradas, estas águas podem ser utilizadas em bacias sanitárias, na limpeza externa e na rega de jardim.

No entanto, a viabilização do sistema de utilização de água cinza está diretamente ligado aos custos de tratamento para que ela possa ser reaproveitada com segurança, sendo que esses custos encarecem à medida que se torna necessário um tratamento sofisticado.

Uma configuração básica de sistema de utilização de água cinza é composto por:

- uma subsistema de coleta da água servida;
- um subsistema de condução da água formado através de ramais, tubos de queda e coletores;
- unidade de tratamento da água, composta de gradeamento, decantação, filtro e desinfecção; e
- reservatório de acumulação.

Pode ainda ser necessário um sistema de recalque, um reservatório superior e uma rede de distribuição.

Quanto ao consumo de água em uma residência, ROCHA et al. (1998) através do documento técnico de apoio (DTA - E1), do PNCDA, apresenta os dados de consumo coletados para um condomínio de apartamentos de baixa renda. Estes dados indicam que o maior consumo de água em uma residência é o do chuveiro com 55% do consumo total, seguido da pia de cozinha e da máquina de lavar roupas com 18 e 11%, respectivamente.

Cumpre aqui destacar que a utilização da “água cinza” possibilita preservar os recursos hídricos através da diminuição do volume de água captado e reduzir a quantidade de esgoto lançado no meio ambiente.

### **3.3.6. Critérios para Reúso de Água**

O Brasil ainda não estabeleceu critérios para o reúso de água, mas já existem iniciativas para a sua formulação. No entanto, a legislação existente para a potabilização da água e para o lançamento de efluentes em rios pode auxiliar na elaboração dos futuros critérios para tal prática.

Para a água potável, os padrões são estabelecidos de acordo com a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Esta portaria estabelece padrões de potabilidade, procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano. Portanto, estes seriam os critérios recomendáveis para o reúso de água potável.

Já a resolução nº 357 do CONAMA, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Logo, estes critérios seriam considerados para o reúso de água indireto não potável.

Assim, VON SPERLING (1996) apresenta no Quadro 5, de forma simplificada, a associação entre os principais requisitos de qualidade de água e seus correspondentes usos.

QUADRO 5 – USOS DA ÁGUA E OS REQUISITOS DE QUALIDADE

Uso Geral	Uso Específico	Qualidade Requerida
Abastecimento de água doméstico	---	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde</li> <li>- Isenta de organismos prejudiciais à saúde</li> <li>- Adequada para serviços domésticos</li> <li>- Baixa agressividade e dureza</li> <li>- Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor, odor e ausência de microorganismos)</li> </ul>
Abastecimento industrial	Água é incorporada ao produto (alimento, bebidas, remédios)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde</li> <li>- Isenta de organismos prejudiciais a saúde</li> <li>- Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor, odor e ausência de microorganismos)</li> </ul>
	Água entra em contato com o produto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável com o produto</li> </ul>
	Água não entra em contato com o produto (refrigeração de caldeiras)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa dureza</li> <li>- Baixa agressividade</li> </ul>
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde</li> <li>- Isenta de organismos prejudiciais à saúde</li> <li>- Salinidade não excessiva</li> </ul>
	Demais plantações	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações</li> <li>- Salinidade não excessiva</li> </ul>
Dessedentação de animais	---	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais</li> <li>- Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais</li> </ul>
Preservação da flora e da fauna	---	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar</li> </ul>
Recreação e lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido ex.: natação, esqui, surfe)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde</li> <li>- Isenta de organismos prejudiciais à saúde</li> <li>- Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas</li> </ul>
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido – ex.: navegação de lazer, pesca, lazer contemplativo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparência agradável</li> </ul>
Geração de energia	Usinas hidrelétricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa agressividade</li> </ul>
	Usinas nucleares ou termelétricas (torres de resfriamento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa dureza</li> </ul>
Transporte	---	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa presença de material grosseiro que possa por em risco as embarcações</li> </ul>
Diluição de despejos	---	---

FONTE: VON SPERLING (1996)

Mundialmente, o reúso de água planejado tem sido praticado com base, principalmente nas diretrizes da OMS e da EPA.

Em 1973, a Organização Mundial de Saúde (OMS) desenvolveu diretrizes enfocando métodos de tratamento de efluentes, visando a proteção da saúde pública, intituladas “*Reuse of Effluents: Methods of Wastewater Treatment and Public Health Safeguards*”. Estas diretrizes foram atualizadas em 1989, com estudos epidemiológicos. Nesta revisão foram propostos critérios para o uso da água de reúso na agricultura e aqüicultura, logo, foi intitulada “*Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*”.

Passados 16 anos, em 2005, foi realizada uma nova reunião para atualização dos critérios já existentes, sendo que o resultado desta terceira revisão será publicada em breve. Seu nome será “*Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater*” e enfocará o uso de água residuária, excreta e água cinza.

Não obstante, em vários Estados dos Estados Unidos existem legislações específicas para o reúso de águas. Em 2004, a United States Environmental Protection Agency (USEPA) revisou o manual “*Guidelines for Water Reuse*”, onde se encontram resultados de levantamento sobre os sistemas existentes, legislações estaduais, dados consolidados, entre outros, além de critérios recomendados para o reúso de águas nos Estados Unidos.

Dado isso, são apresentadas diretrizes para prática de reúso de água publicadas pela OMS e pela EPA para diversos usos. O Quadro 6 apresenta diretrizes para a prática de reúso de água na aqüicultura.

QUADRO 6 – DIRETRIZES PARA REÚSO DE ÁGUA VISANDO A AQUICULTURA

<b>Tipo de reúso</b>	<b>Limite para Coliformes Fecais</b>	<b>Limite para ovos de Trematodos</b>	<b>Cuidados com a saúde</b>
Alimentação de lagoas para criação de peixes comestíveis, produção de vegetais aquáticos comestíveis	1000/100 ml	Ausente (ovos/L)	Padrões elevados de higiene durante a limpeza dos peixes, antes do cozimento, evitando a contaminação da carne deste pelo líquido intraperitoneal

FONTE: OMS (1989)

Já o Quadro 7 apresenta, segundo a OMS, critérios para a qualidade microbiológica e tratamento o tipo de tratamento necessário para a prática de reúso de efluentes domésticos na agricultura.

**QUADRO 7 – CRITÉRIOS PARA A QUALIDADE MICROBIOLÓGICA E TRATAMENTO REQUERIDO PARA REÚSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS NA AGRICULTURA**

<b>Categoria</b>	<b>Tipo de Reúso</b>	<b>Grupos de Risco</b>	<b>Limite para CF</b>	<b>Limite de Nematodos (ovos/L)</b>	<b>Tratamento Requerido</b>
A	Irrigação de culturas consumidas cruas	Operários, consumidores e o público em geral	1000 / 100 mL	1	Lagoas de estabilização em série, ou tratamento equivalente para obtenção da qualidade microbiológica
B	Irrigação de culturas de cereais, indústrias, forrageiras, pasto, árvore, etc.	Operários	Nenhum padrão específico	1	Lagoas de estabilização com tempo de detenção variando entre 8 e 10 dias ou tratamento equivalente na remoção de helmintos e Coliformes Fecais
C	Irrigação localizada de culturas de cereais, indústrias, forrageiras, pasto, árvore, não ocorrendo a exposição de trabalhadores e do público	Nenhum	Não aplicável	Não aplicável	Pré-tratamento indicado pela tecnologia de irrigação, sendo sempre superior à sedimentação primária

FONTE: OMS (1989)

Ainda em função de parâmetros para a prática de reúso de água, o Quadro 8 exhibe diretrizes para tal prática visando a diversos usos.

QUADRO 8 – DIRETRIZES PARA REÚSO DE ÁGUA VISANDO DIVERSOS USOS

Tipo de uso	Tratamento requerido	Limite para pH	Limite para DBO (mg/L)	Turbidez (NTU)	Quant. mínima Cloro Residual (mg/L)	Limite máximo SST (mg/L)	Limite máximo CF
Irrigação de área com acesso restrito	- Secundário - Desinfecção	6 - 9	≤ 30	---	1	≤ 30	≤ 200/ 100 mL
Irrigação de área com acesso irrestrito <sup>1</sup>	- Secundário - Filtração - Desinfecção	6 - 9	≤ 10	≤ 2	1	---	Ausente / 100 mL
Lagos recreacionais <sup>2</sup>	- Secundário - Filtração - Desinfecção	6 - 9	≤ 10	≤ 2	1	---	Ausente / 100 mL
Uso na construção <sup>3</sup>	- Secundário - Desinfecção	---	≤ 30	---	1	≤ 30	≤ 200/ 100 mL
Uso industrial (alimentação de caldeiras)	- Secundário - Desinfecção	6 - 9	≤ 30	---	1	≤ 30	≤ 200/ 100 mL
Uso industrial (torres de resfriamento)	- Secundário - Desinfecção <sup>4</sup>	6 - 9	≤ 30	---	1	≤ 30	≤ 200/ 100 mL
Recarga de aquíferos <sup>5</sup>	- Primário <sup>6</sup> - Secundário <sup>7</sup>	Depende do local e uso	Depende do local e uso	≤ 2	Depende do local e uso	Depende do local e uso	Depende do local e uso
Reúso ambiental	- Secundário - Desinfecção <sup>8</sup>	---	≤ 30	≤ 30	---	≤ 30	≤ 200/ 100 mL

FONTE: EPA (2004)

NOTA: <sup>1</sup> Todo tipo de irrigação (parques, cemitérios, jardins, quadras de esporte) também bacias sanitárias, proteção contra incêndio e outros usos similares

<sup>2</sup> Contato acidental (pescando, transportando, entre outros)

<sup>3</sup> Compactação de solo, controle de poeiras, lavagem e produção de concreto

<sup>4</sup> Coagulação química e filtração quando necessário

<sup>5</sup> Para expansão ou injeção de água em aquíferos. Essa água não deve ser usada em sistemas de tratamento de água potável

<sup>6</sup> Expansão de aquíferos

<sup>7</sup> Injeção em aquíferos

<sup>8</sup> Tratamento mínimo

QUADRO 9 – DIRETRIZES PARA REÚSO AGRÍCOLA EM DIVERSOS ESTADOS DOS EUA

<b>Reúso Agrícola – Não Alimentos</b>							
	<b>Arizona</b>	<b>Califórnia</b>	<b>Flórida</b>	<b>Havaí</b>	<b>Nevada</b>	<b>Texas</b>	<b>Washington</b>
<b>Trata- mento</b>	Secundário Desinfecção	Secundário Oxidação Desinfecção	Secundário Desinfecção	Oxidação Filtração Desinfecção	Secundário Desinfecção	NE	Oxidação Desinfecção
<b>DBO</b>	NE	NE	20 mg/L	NE	30 mg/L	5 mg/L	30 mg/L
<b>SST</b>	NE	NE	20 mg/L	NE	NE	NE	30 mg/L
<b>Turbidez</b>	NE	NE	NE	2 NTU (máximo)	NE	3 NTU	2 NTU (média)
							5 NTU (máximo)
<b>Coliformes</b>	<b>Fecal</b>	<b>Total</b>	<b>Fecal</b>	<b>Fecal</b>	<b>Fecal</b>	<b>Fecal</b>	<b>Total</b>
	200/100 ml (média)	23/100 ml (média)	200/100 ml (média)	2,2/100 ml (média)	200/100 ml (média)	20/100 ml (média)	23/100 ml (média)
	800/100 ml (máximo)	240/100 ml (máximo em 30 dias)	800/100 ml (máximo)	23/100 ml (máximo)	400/100 ml (máximo)	75/100 ml (máximo)	240/100 ml (máximo)
<b>Reúso Agrícola – Alimentos</b>							
	<b>Arizona</b>	<b>Califórnia</b>	<b>Flórida</b>	<b>Havaí</b>	<b>Nevada</b>	<b>Texas</b>	<b>Washington</b>
<b>Trata- mento</b>	Secundário Filtração Desinfecção	Oxidação Coagulação Filtração Desinfecção	Secundário Filtração Desinfecção <sup>1</sup>	Oxidação Filtração Desinfecção	Secundário Desinfecção	NE	Oxidação Coagulação Filtração Desinfecção
<b>DBO</b>	NE	NE	20 mg/L	NE	30 mg/L	5 mg/L	30 mg/L
<b>SST</b>	NE	NE	5 mg/L	NE	NE	NE	30 mg/L
<b>Turbidez</b>	2 NTU (média)	2 NTU (média)	NE	2 NTU (máximo)	NE	3 NTU	2 NTU (média)
	5 NTU (máximo)	5 NTU (máximo)					5 NTU (máximo)
<b>Coliformes</b>	<b>Fecal</b>	<b>Total</b>	<b>Fecal</b>	<b>Fecal</b>	<b>Fecal</b>	<b>Fecal</b>	<b>Total</b>
	Não detectável	2,2/100 ml (média)	75% das amostras não detectáveis	2,2/100 ml (média)	200/100 ml (média)	20/100 ml (média)	2,2/100 ml (média)
	23/100 ml (máximo)	23/100 ml (máximo em 30 dias)	25/100 ml (máximo)	23/100 ml (máximo em 30 dias)	400/100 ml (máximo)	75/100 ml (máximo)	23/100 ml (máximo)

FONTE: EPA (2004)

NOTA: <sup>1</sup> Alto nível de desinfecção

NE – Não Especificado

QUADRO 10 – DIRETRIZES PARA REÚSO URBANO EM DIVERSOS ESTADOS DOS EUA

<b>Reúso Urbano Restrito</b>							
	<b>Arizona</b>	<b>Califórnia</b>	<b>Flórida</b>	<b>Havaí</b>	<b>Nevada</b>	<b>Texas</b>	<b>Washington</b>
<b>Trata- mento</b>	Secundário Desinfecção	Secundário Oxidação Desinfecção	Secundário Filtração Desinfecção <sup>1</sup>	Oxidação Desinfecção	Secundário Desinfecção	NE	Oxidação Desinfecção
<b>DBO</b>	NE	NE	20 mg/L	NE	30 mg/L	20 mg/L	30 mg/L
<b>SST</b>	NE	NE	5 mg/L	NE	NE	NE	30 mg/L
<b>Turbidez</b>	NE	NE	NE	2 NTU (máximo)	NE	3 NTU	2 NTU (média)
							5 NTU (máximo)
<b>Coliformes</b>	<i>Fecal</i>	<i>Total</i>	<i>Fecal</i>	<i>Fecal</i>	<i>Fecal</i>	<i>Fecal</i>	<i>Total</i>
	200/100 ml (média)	23/100 ml (média)	75% das amostras não detectáveis	23/100 ml (média)	23/100 ml (média)	200/100 ml (média)	23/100 ml (média)
	800/100 ml (máximo)	240/100 ml (máximo em 30 dias)	25/100 ml (máximo)	200/100 ml (máximo)	400/100 ml (máximo)	75/100 ml (máximo)	240/100 ml (máximo)
<b>Reúso Urbano Irrestrito</b>							
	<b>Arizona</b>	<b>Califórnia</b>	<b>Flórida</b>	<b>Havaí</b>	<b>Nevada</b>	<b>Texas</b>	<b>Washington</b>
<b>Trata- mento</b>	Secundário Filtração Desinfecção	Oxidação Coagulação Filtração Desinfecção	Secundário Filtração Desinfecção <sup>1</sup>	Oxidação Filtração Desinfecção	Secundário Desinfecção	NE	Oxidação Coagulação Filtração Desinfecção
<b>DBO</b>	NE	NE	20 mg/L	NE	30 mg/L	5 mg/L	30 mg/L
<b>SST</b>	NE	NE	5 mg/L	NE	NE	NE	30 mg/L
<b>Turbidez</b>	2 NTU (média)	2 NTU (média)	NE	2 NTU (máximo)	NE	3 NTU	2 NTU (média)
	5 NTU (máximo)	5 NTU (máximo)					5 NTU (máximo)
<b>Coliformes</b>	<i>Fecal</i>	<i>Total</i>	<i>Fecal</i>	<i>Fecal</i>	<i>Fecal</i>	<i>Fecal</i>	<i>Total</i>
	Não detectável	2,2/100 ml (média)	75% das amostras não detectáveis	2,2/100 ml (média)	2,2/100 ml (média)	20/100 ml (média)	2,2/100 ml (média)
	23/100 ml (máximo)	23/100 ml (máximo em 30 dias)	25/100 ml (máximo)	23/100 ml (máximo em 30 dias)	23/100 ml (máximo)	75/100 ml (máximo)	23/100 ml (máximo)

FONTE: EPA (2004)

NOTA: <sup>1</sup> Alto nível de desinfecção  
NE – Não Especificado

Segundo SANTOS<sup>3</sup> (1993), os critérios de qualidade para reúso de água são baseados em requisitos de uso específico, em considerações estéticas e ambientais e na proteção da saúde pública. Nos países em desenvolvimento, onde as infecções parasitárias são endêmicas, as orientações recomendadas pela OMS para o reúso de água são consideradas menos restritivas, quando comparados com os da EPA, sendo dirigidas principalmente para a remoção de helmintos.

Quanto ao uso da água cinza, para que seja atingida a segurança sanitária necessária ao uso a que se destina, há a necessidade de tratamento, sendo que quanto mais nobre for seu uso, mais sofisticado será o tratamento.

Com base neste contexto, o Quadro 11 apresenta uma relação de autores e a qualidade microbiológica para a água cinza de acordo com os usos.

QUADRO 11 – QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA CINZA

Fonte	Coliformes Fecais ufc/100 mL			
	Rose et al.	Calif. DHS	Brandes (1978)	Kapisak et al. (1992)
<b>Banho / chuveiro</b>	$6 \times 10^3$ ufc	$4 \times 10^5$ NMP	$< 10$ a $2 \times 10^8$	$6 \times 10^3$ ufc
<b>Água de lavar roupa</b>	126 ufc	$2 \times 10^3 - 10^7$ NMP	---	---
<b>Água de enxágüe de lavagem de roupas</b>	25 ufc	---	---	---
<b>Cozinha</b>	---	---	$< 10$ a $4 \times 10^6$ $9 \times 10^5$	$2 \times 10^9$
<b>Água cinza combinada</b>	6 a 80 ufc <sup>A</sup>	---	$8,8 \times 10^5$ <sup>BCD</sup>	$1,73 \times 10^5$
	$1,5 \times 10^3$ ufc <sup>B</sup>			
	$1,8 \times 10^5$ a $8 \times 10^6$ ufc		$13 \times 10^6$ <sup>CD</sup>	

FONTE: AUSTRALIA (2002)

NOTA: <sup>A</sup> famílias sem crianças; <sup>B</sup> famílias com crianças; <sup>C</sup> outros estudos citados; <sup>D</sup> somente cozinha e banho - ufc = unidades formadoras de colônias; NMP = número máximo provável

<sup>3</sup> Tradução do original de James Crook, por Hilton Felício dos Santos – Coordenador de Projetos I – GE/Sabesp

Para o caso da utilização da água cinza em bacias sanitárias, LAZAROVA et al. (2003) apresentam o Quadro 12, o qual exibe os parâmetros adotados por diversos países.

QUADRO 12 – CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA BACIAS SANITÁRIAS

Local	CF (ucf/100 mL)	CT (ucf/ 100 mL)	E. coli (ucf/ 100 mL)	DBO <sup>5</sup> (mg/L)	Turbidez (UNT)	SST (mg/L)	OD (% de saturação)	pH
EPA <sup>1</sup> (m)	14 para qualquer amostra 0 a 90% de amostras	---	1	10	2	---	---	6 – 9
Flórida <sup>1</sup> (o)	25 para qualquer amostra 0 a 75% de amostras	---	---	20	---	5	---	---
Texas <sup>1</sup> (o)	75 (o)	---	---	5	3	---	---	---
Canadá <sup>2</sup> (o)	Média de 2,2 para quaisquer 14 amostras	---	---	10	5	10	---	---
Alemanha <sup>1</sup> (m)	100 (m)	500 (m)	---	20 (m)	1 – 2 (o)	30	80 – 120	6 – 9
Japão <sup>1</sup> (o)	10 para qualquer amostra	10	---	10	5	---	---	6 – 9
EC água de chuveiro <sup>1,4</sup>	100 (m) 2000 (o)	500 (m) 10000 (o)	---	---	2 (m) 1 (o)	---	80 - 120	6 – 9

FONTE: LAZAROVA et al. (2003)

NOTA: <sup>1</sup> Surendran e Wheatley, 1998; <sup>2</sup> Ministério do Meio Ambiente, terras e parques, British Columbia (decretado em 15 de julho, 1999); <sup>3</sup> EPA, Sul da Austrália, 1999; <sup>4</sup> sugerida como apropriada para a reciclagem da água; <sup>5</sup> Associação de pesquisa e informação em serviços de construção - (o) = obrigatório; (m) = manual

### 3.3.7. Sistema de Reúso de Água

O sistema de reúso de água é composto, quando necessário, por um sistema de pós-tratamento do efluente ofertado pela ETE, pelo sistema de armazenamento, o qual pode ser aberto ou fechado, pelo sistema de distribuição, podendo ser realizado através de rede dupla de abastecimento ou através de caminhão, além da logística para distribuição, a qual pode reduzir o dimensionamento das tubulações. Também é necessária uma forma para identificação do sistema de reúso de água, com a finalidade de evitar o contato acidental.

### 3.3.7.1. Sistema de pós-tratamento do efluente

Trata-se de uma unidade composta por um sistema aeróbio ou anaeróbio, conforme a necessidade, o qual irá melhorar a qualidade do efluente ofertado pela ETE. Esta unidade também deve possuir um sistema de desinfecção, de forma a atender aos padrões necessários ao uso ao qual se destinará.

### 3.3.7.2. Armazenamento

O sistema de armazenamento de água de reúso é semelhante ao de água potável. O reservatório deve ser capaz de armazenar água suficiente para atender as flutuações da demanda e seu volume pode ser determinado através da curva de demanda (EPA, 2004).

Segundo ASANO (1998), o volume necessário para o armazenamento é calculado através da situação mais desfavorável para a hora de maior consumo e o dia de maior consumo. Não obstante, o volume do reservatório depende também da flutuação e disponibilidade de água de reúso.

Os reservatórios podem ser de dois tipos: aberto ou fechado, conforme estão descritos na seqüência.

#### a) Reservatório fechado

Este tipo de reservatório pode ser enterrado ou elevado. Ele é utilizado para abastecer os usos urbanos irrestritos onde as considerações estéticas são importantes.

No entanto, este tipo de reservatório pode provocar alguns problemas, tais como os citados por METCALF e EDDY (2003):

- estagnação da água;
- liberação de odores, principalmente de ácido sulfídrico;
- perda de cloro residual; e
- crescimento de microorganismos.

Estes autores mencionam que é possível amenizar alguns problemas de reservatório fechado de água de reúso através da:

- instalação de aeradores, os quais mantêm o nível de oxigênio dissolvido, diminuindo a formação de odores;
- aplicação de cloro para o controle do crescimento dos microorganismos; e
- recirculação, a qual pode limitar o crescimento dos microorganismos e a formação de odores.

#### b) Reservatório aberto

Este tipo de reservatório, geralmente se apresenta na forma de lagoa, o que pode resultar na degradação da qualidade de água devido ao crescimento biológico, dificultar a fixação do cloro residual e favorecer o processo de evaporação, aumentando da concentração de sólidos dissolvidos totais, embora ele auxilie no tratamento da água. Quando comparado com o reservatório fechado, na maioria das vezes, ele é mais barato, porém requer maior área para implantação, o que pode inviabilizá-lo.

Deve-se ressaltar que este tipo de reservatório pode ocasionar problemas, sendo que alguns são inter-relacionados, tais como os citados por METCALF e EDDY (2003):

- liberação de odores, principalmente de ácido sulfídrico;
- perda de cloro residual;
- perda de oxigênio dissolvido resultando em odores;
- excesso de crescimento de algas e fitoplâncton;
- altos níveis de turbidez e cor;
- crescimento de microorganismos; e
- deterioração da qualidade da água.

No entanto, alguns destes problemas podem ser amenizados através da:

- instalação de aeradores, os quais mantêm as condições aeróbias, diminuindo a formação de odores;
- precipitação de alumínio que pode ser usada na remoção de sólidos suspensos e fósforo. Podendo também ser utilizada para interromper a liberação de fósforos nos sedimentos;
- processos de diluição, acrescentando outro tipo de água àquela armazenada, para melhorar sua qualidade no reservatório;
- foto-oxidação, a qual promove benefícios através da exposição da luz solar na água; e
- tratamento com áreas alagadas, as quais podem melhorar a clarificação do efluente e remover as algas.

De um modo geral, esse tipo de reservatório é apropriado para aplicações locais como irrigação da agricultura, de campos esportivos, entre outros.

Isto posto, o Quadro 13 apresenta uma comparação dos problemas, entre os dois tipos de reservatório, para parâmetros físicos, químicos e biológicos.

QUADRO 13 – COMPARAÇÃO ENTRE RESERVATÓRIOS ABERTOS E FECHADOS

<b>Problemas</b>	<b>Reservatório Aberto</b>	<b>Reservatório Fechado</b>
<b><i>Físico/estético:</i></b>		
Cor	Pode ser causada pela presença de húmus e finas partículas de siltes e argilas carregados através da água corrente.	Podem ser causados pela presença de húmus.
Odores	Exalação de ácido sulfídrico	Exalação de ácido sulfídrico
Temperatura	Durante certos períodos do ano a água pode deixar de ser usada	---
Temperatura de Estratificação	Ocorre uma ou duas vezes por ano, dependendo da latitude	---
Turbidez	Pode ser causada pela água corrente contendo silte ou argilas finas favorecendo o crescimento de algas, afeta a estética da água de reúso	Afeta a estética da água de reúso
<b><i>Químico:</i></b>		
Cloro	Os compostos que possuem cloro podem ser tóxicos a vida aquática	O cloro é comumente usado no controle do crescimento biológico, seus compostos podem causar odores
Oxigênio dissolvido	Baixa quantidade de OD pode causar a morte de peixes e permitir o aparecimento de odores	Falta de oxigênio pode conduzir a liberação de odores.
Nitrogênio	Nutrientes são capazes de estimular o fitoplancton	---
Fósforo	Nutrientes são capazes de estimular o fitoplancton	---
<b><i>Biológico:</i></b>		
Algas	O excesso de algas pode causar odores, aumento de turbidez e obstrução em filtros	---
Sujeira aquática	A presença excessiva de pássaros pode degradar a qualidade da água	---
Bactérias	O crescimento de bactérias é comum, podendo afetar possíveis usos	O crescimento de bactérias é comum, podendo afetar possíveis usos
Clorofila	Excesso de algas e matéria orgânica	---
Helminthos	Pode afetar as possibilidades de reúso	---
Insetos	Pode ser necessário o uso de inseticidas	Insetos podem entrar indevidamente nos reservatórios, sendo necessário o uso de inseticidas
Fitoplancton	Excesso de algas podem causar odores, aumento de turbidez e obstrução em filtros	---
Protozoários	Podem afetar possíveis aplicações da água de reúso	---
Vírus	Podem afetar possíveis aplicações da água de reúso	Podem afetar possíveis aplicações da água de reúso

FONTE: METCALF E EDDY (2003)

### 3.3.7.3. Sistema duplo de abastecimento

O sistema duplo de abastecimento consta de tubulações, bombas, reservatórios, semelhante ao sistema de água potável.

Cabe ressaltar a necessidade de controle e manutenção do sistema de reúso de água de modo a dificultar a possibilidade de conexão cruzada e ruptura da rede. Assim sendo a identificação desta rede pode ser facilitada através da adoção da tubulação com cores diferenciadas, conforme será apresentado no item 3.3.7.6 e através da disposição dos tubos na rede.

Quanto à distribuição dos tubos na rede, segundo a EPA (2004), como regra geral deve ser de aproximadamente 3,00 m na distância horizontal entre as tubulações de água potável e não potável, sendo que a distância vertical mínima deve ser de aproximadamente 0,46 m entre as linhas de água potável e não potável. Quando estas distâncias não puderem ser mantidas, deve-se pedir uma autorização especial, mas uma distância lateral mínima de 1,20 m deverá ser atendida.

Ainda é importante destacar que quando se prevê a expansão da rede, o aumento do diâmetro de tubo em um tamanho pode ser justificado facilmente em diversos casos, pois, a diferença de custo da obra encontra-se principalmente no custo material, sendo que os custos com a escavação, a instalação da tubulação, a remoção de pavimento e a sua substituição, não possuem grande variação (AWWA, 1994).

### 3.3.7.4. Sistema de distribuição através de caminhão

O sistema de distribuição através de caminhão, segundo FLORIO et al. (2002), pode ser economicamente viável para caminhões tanque de 20.000 L. Estes autores indicam o período da noite como o melhor para a distribuição, pois a intensidade de tráfego é menor. Ainda destacam que este tipo de distribuição somente é recomendada para grandes empresas com frota numerosa, além da necessidade de um reservatório para o acondicionamento da água, até a sua utilização.

A Foto 1, apresenta um caminhão tanque utilizado para o transporte de água de reúso na Região Metropolitana de São Paulo.

FOTO 1 – CAMINHÃO TANQUE UTILIZADO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA DE REÚSO



FONTE: FLORIO et al. (2002)

É importante destacar que o caminhão para esta finalidade apresenta cor diferente dos demais caminhões, além de advertências para não ingestão desta água.

#### 3.3.7.5. Logística de distribuição

Segundo SANTOS (2003), a demanda de água de reúso pode variar diária ou sazonalmente, dependendo do tipo de consumo. Geralmente, o sistema opera das 22:00 às 6:00 horas da manhã, para dificultar o acesso irrestrito a água de reúso. Este fator deve ser levado em consideração no dimensionamento e estimativas de custos de tubulações, reservatórios e bombas. Este autor ainda ressalta que a combinação entre demandas diárias e restrições pode gerar picos de consumo de 4 a 6 vezes superior a média diária.

No entanto, a AWWA (1994) adverte que picos de consumo podem criar dificuldades para o sistema e um dos meios mais eficazes para compensá-los é, no caso da agricultura, promover a variação dos dias da semana que cada área deve ser irrigada. Esta medida pode reduzir o volume do reservatório, diminuir a pressão da rede e eliminar a necessidade de ajustar o ciclo de irrigação durante o ano.

Ainda, a AWWA (1994) salienta que as indústrias geralmente trabalham por turnos, o que requer o uso da água durante todo o período. Já os usuários residenciais e comerciais normalmente fazem o uso da água durante o dia. Deste modo, o equilíbrio entre os usuários diurnos e a irrigação noturna propicia o dimensionamento de uma tubulação mais econômica e um sistema mais eficiente.

Frente a estas observações, SANTOS (2003), cita alguns parâmetros a serem seguidos para a execução do projeto de reúso de água, os quais são apresentados no Quadro 14.

QUADRO 14 – CRITÉRIOS DE PROJETO PARA SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO

<b>Tipo</b>	<b>Componente do sistema distribuidor</b>	<b>Critério de projeto</b>
Tubulações	Critério determinante	Condições de funcionamento no pico da demanda
	Velocidade máxima	3 m/s
	Velocidade desejável	0,9 – 1,5 m/s
	Velocidade mínima	0,3 m/s
	Perda de carga do projeto	10 m/1000 m de tubulação
Elevatórias	Critério determinante	Condições de funcionamento no pico da demanda ou na demanda máxima diária, dependendo da disponibilidade da reservação
	Número mínimo de bombas	3
Reservação	Número mínimo de bombas de reserva	1
	Critério determinante	Condições de funcionamento no pico da demanda
	Capacidade mínima	2/3 da demanda de pico diária

FONTE: SANTOS (2003)

### 3.3.7.6. Identificação do sistema de reúso de água

O sistema de reúso de água deve possuir características que facilitem sua identificação, para evitar problemas de ligações cruzadas e uso incorreto durante o abastecimento.

No caso da identificação da tubulação a AWWA (1994) cita a possibilidade de implantação de cores diferenciadas para a rede de água potável e de reúso, ou a

combinação de diferentes materiais. Ainda não há padronização para as cores das tubulações para a rede de reúso de água. Por exemplo, a cidade de St. Petersburg (Flórida) utiliza tubulação na cor marrom, enquanto que Irvine Ranch (Califórnia) a cor púrpura.

Seguindo esta premissa, são apresentados alguns critérios e exemplos que podem evitar o uso inadequado da água de reúso (SANTOS, 2003):

- obediência a distâncias entre tubulações de água de reúso, água potável, água pluvial e esgotos sanitários;
- em Irvine Ranch, nos Estados Unidos, como medida cautelar adicional, adota-se material especial para as tubulações nos pontos de cruzamento vertical com o sistema distribuidor de água potável;
- todas as válvulas de saída da rede de reúso são marcadas por cor diferente (Califórnia) ou por caixas de forma diferente (Flórida);
- todas as tubulações da rede de reúso são diferenciadas por cor diferente ou por rótulos indicando “Esgoto Tratado”, fixados por fitas adesivas em vinil a cada dois metros ao longo da tubulação;
- os hidrômetros do sistema são de marca diferente dos utilizados na rede de água potável e são guardados em almoxarifados distintos, juntamente com as peças de reposição. Em Saint Petersburg, os hidrômetros são marrons e trazem uma faixa amarela, bem diferente dos de água potável, que são prateados;
- os aspersores de irrigação com água não potável e os registros de parada ou de saída possuem terminais de hastes com formato tal que tornam propositalmente difícil sua manobra por pessoal não autorizado;
- o uso de mangueiras não é permitido, sendo especialmente dificultado pela ausência de engates adequados na rede para conexão de mangueiras; e
- os operadores do sistema de água de reúso devem ser treinados e dispor de manuais específicos para o desempenho de suas funções.

Não obstante, a EPA (2004) destaca que os locais irrigados com água de reúso devem possuir alerta avisando que a área foi irrigada com esse tipo de água e salientando o perigo de ingestão. Essas informações são válidas para lagoas ou qualquer outro tipo de área que faça o uso da água de reúso e possa haver contato direto com o público. As inscrições mais comuns são “não beba”, “não nade”, “perigo água de reúso, não potável”, entre outras, além do uso de símbolos padronizados internacionalmente. A Figura 7 exibe um exemplo de placa sinalizadora indicando o uso da água de reúso.

FIGURA 7 – PLACA SINALIZADORA INDICANDO O USO DE ÁGUA DE REÚSO



FONTE: EPA (2004)

### **3.3.8. Critérios para Decisão de Reúso de Água**

#### **3.3.8.1. Benefícios**

Os benefícios das ações de reúso de água podem ser diretos ou indiretos. Ao se praticar uma ação de reúso de água pode-se estar visando uma alternativa atraente do ponto de vista econômico e, além disso, estar contribuindo indiretamente para a conservação e preservação dos mananciais.

No caso da agricultura, a água de reúso pode ser uma ótima alternativa por se tratar de uma água rica em nutrientes, favorecendo a economia de fertilizantes, e, indiretamente, contribuindo para a revitalização da composição do solo desde que aplicada corretamente.

Entre os benefícios gerados pode-se citar a diminuição do volume de esgoto lançado nos corpos d'água e a redução e prevenção de poluição. A prática do reúso de água também pode criar ou manter lagos e habitats ribeirinhos (EPA, 1998).

Nota-se ainda que, para sistemas de reúso adequadamente planejados e administrados, há vários benefícios ambientais e sanitários, tais como:

- diminuição de descarga de esgotos em corpos de água;
- recuperação e economia de água;
- redução ou eliminação da poluição ambiental;
- preservação de recursos subterrâneos, principalmente em áreas onde a utilização excessiva de aquíferos provoca intrusão de cunha salina ou subsidência de terrenos;
- permite a conservação do solo, através da acumulação de “húmus” e aumenta a resistência à erosão; e
- contribui, principalmente em países em desenvolvimento, para o aumento da produção de alimentos, elevando os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais desta população.

A EPA (1998) destaca algumas aplicações e benefícios da água de reúso nos Estados Unidos, como, por exemplo, na Califórnia, o lago Mono Lake's, passou por um processo de redução da qualidade e quantidade da água. Em 1994, o Departamento de Los Angeles desenvolveu um projeto para reaproveitar a água residuária, o que permitiu a restauração do lago.

Já em Incline Village, Nevada, foi construída uma área alagada para dispor a água residuária. Esta ação propiciou a ampliação do habitat existente e a criação de um local educacional para visitas.

A vários anos a água de reúso vem sendo utilizada para irrigar vinhedos na Califórnia de forma crescente. Recentemente a empresa Gallo Wineries e a cidade

Santa Rosa construíram instalações para a irrigação de 1.416.394 m<sup>2</sup> de vinhedos com água de reúso proveniente do sistema “Santa Rosa Subregional Water Reclamation”.

#### 3.3.8.2. Impactos

Os maiores impactos da água de reúso são vislumbrados na agricultura, uma vez que esta ação é beneficiada diretamente com a utilização da água residuária, devido à presença de nutrientes, necessários ao desenvolvimento das plantas. No entanto, esta prática pode ocasionar a salinização do solo através de constantes irrigações, a contaminação do lençol freático devido à percolação, a contaminação do solo através da acumulação de elementos traço, o aumento dos riscos de erosão entre outros.

Neste contexto, é importante evidenciar que o aproveitamento da água de reúso em lagos e na aquíicultura é benéfico, uma vez que estas atividades consomem grande volume de água e não necessitam de alto grau de qualidade. Entretanto, esta água possui altos teores de nutrientes, o que facilita a proliferação de algas, causando a morte de peixes, mau cheiro e alteração no aspecto paisagístico.

#### 3.3.8.3. Riscos

Primeiramente, é importante definir perigo e risco. Perigo é o agente que pode causar efeito adverso à saúde, compreende o perigo biológico, químico e físico, enquanto que risco pode ser caracterizado como a probabilidade para que ocorra algum tipo de contaminação, quer seja no solo, no corpo hídrico, ou diretamente com a população.

Neste sentido, a utilização do esgoto sanitário constitui um perigo, ou seja, um risco potencial, pois os esgotos podem conter cargas elevadas de patógenos, se não forem tratados adequadamente.

Assim sendo, deve-se ter em mente que quanto mais nobre for o uso da água, maior deverá ser a eficácia de seu tratamento e conseqüentemente maior será seu

custo, no entanto, menores serão os riscos relacionados à saúde humana e ao meio ambiente.

Seguindo tal premissa, deve-se salientar a importância da avaliação do risco, a qual é utilizada para quantificar os riscos. Ela é dividida em avaliação e administração do risco.

A avaliação do risco envolve estudos e análises do potencial efeito do perigo a saúde humana, trabalha com informações estatísticas de causa e efeito, as quais servem de ferramenta para decisões. A administração do risco tem como foco os processos de redução de riscos determinados inaceitáveis.

De acordo com METCALF e EDDY (2003), a análise de risco ocorre em quatro etapas, conforme descrito abaixo:

- identificação do perigo: avaliação e determinação, através de pesos, de substâncias que prejudicam a saúde humana. Em seres humanos, as principais fontes de informação são os estudos clínicos, de controles epidemiológicos, de experimentos com animais ou acidentes naturais;
- avaliação da exposição: é um processo em que o organismo entra em contato com o perigo. Há várias formas de exposição, tais como inalação através do ar, ingestão de água através de alimentos, absorção através da pele, entre outros. A avaliação da exposição ocorre através da identificação de uma população potencial receptora e da avaliação de caminhos da exposição, além da quantificação de tais exposições;
- dose-resposta: avalia o potencial que o agente tem em causar resposta a diversos níveis de exposição. A definição desta dose pode ser estabelecida a partir de estudos experimentais ou através de estudos epidemiológicos; e
- caracterização do risco: envolve a avaliação da exposição e da dose-resposta para chegar a probabilidade dos efeitos que possam ocorrer no ser humano para uma determinada condição de exposição.

Estes autores ainda destacam a administração do risco, a qual envolve o desenvolvimento de padrões e diretrizes e a administração de estratégias para constituintes específicos, como os tóxicos e os agentes infecciosos.

Entre os potenciais riscos, devido à utilização da água de reúso, segundo TOZE (2005), estão as substâncias químicas e os componentes farmacêuticos, os patógenos, (descritos abaixo), os metais pesados, os nutrientes e a salinidade do solo (descritos no item 3.3.5) e por fim a aceitabilidade pública, a qual será abordada no item 3.3.8.4.

a) Riscos devido a substâncias químicas e a produtos farmacêuticos

As estações de tratamento de esgoto deveriam receber somente esgotos domésticos, porém existem indústrias que lançam seus esgotos na rede coletora, de forma clandestina.

Este fato faz com que a água residuária tenha substâncias químicas industriais como fenóis e metais pesados. Entretanto no esgoto puramente doméstico é possível encontrar compostos de antibióticos, sedativos, calmantes, entre outros. Para esgotos com estas características o tratamento secundário é capaz de remover a maioria destas substâncias químicas (TOZE, 2005).

b) Riscos devido a patógenos

A maior preocupação associada à água de reúso é a transmissão de doenças infecciosas por agentes patogênicos. Os organismos conhecidos como entéricos, encontrados no esgoto não tratado, habitam a área intestinal podendo causar doenças como a diarreia. O Quadro 15 apresenta alguns agentes infecciosos potencialmente presentes no esgoto doméstico e as doenças associadas a cada organismo.

De um modo geral, BASTOS e BEVILACQUA (2005) destacam que em termos de remoção de organismos patogênicos, as bactérias, seguidas dos vírus, são os organismos mais sensíveis à ação de desinfetantes físicos e químicos e, portanto, são de inativação relativamente fácil em estações de tratamento de esgotos. No

entanto, os cistos de protozoários, e especialmente os ovos de helmintos, são bem mais resistentes, entretanto apresentam tamanho e densidades que favorecem a remoção por sedimentação e filtração.

QUADRO 15 – AGENTES POTENCIALMENTE INFECCIOSOS PRESENTES NO ESGOTO DOMÉSTICO

Organismo	Doença
<b>Bactéria</b>	
<i>shigelia sp</i>	Desintéria bacilar
<i>salmonella sp</i>	Salmonelose e Febre Tifóide
<i>vibrio cholerae</i>	Cólera
<i>escherichia coli</i>	Gastroenterite
<i>yersinia sp</i>	Gastroenterite Aguda
<i>leptospira sp</i>	Leptospirose
<i>campylobacter jejune</i>	Gastroenterite
<b>Protozoários</b>	
<i>entamoeba histolytica</i>	Enterite Aguda
<i>giardia lamblia</i>	Giardíase (Gastroenterite)
<i>cryptosporidium sp</i>	Criptosporidíase, Diarréia, Febre
<i>Baladium coli</i>	Diarréia e desintéria
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose
<b>Helmintos</b>	
<i>ascaris lumbricoides</i>	Ascariíase
<i>ancylostoma</i>	Ancilostomose
<i>necator americanus</i>	Necatoriose
<i>trichuris trichiura</i>	Diarréia e anemia
<i>taenia saginata</i>	Teníase
<i>taenia solium</i>	Teníase
<b>Vírus</b>	
Vírus da Hepatite A	Hepatite infecciosa
Adenovirus	Doenças respiratórias, infecção nos olhos, gastroenterite
Rotavirus	Gastroenterite
Parvovirus	Gastroenterite
Norovirus	Diarréia, vômito e febre
Astrovirus	Gastroenterite
Calicivirus	Gastroenterite

FONTE: EPA (2004)

É importante ressaltar que para a avaliação do risco causado pelos organismos patogênicos a saúde e ao meio ambiente é importante o conhecimento de seu

período de sobrevivência. Assim a EPA (2004) citando FEACHAM et. al.(1983)<sup>4</sup>, apresenta o Quadro 16, o qual exibe o intervalo de sobrevivência de organismos patogênicos na água e no esgoto, nas culturas e no solo, para temperaturas variando entre 20 e 30°C.

QUADRO 16 – TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DE ORGANISMOS PATÓGENOS A 20 E 30°C

Organismos Patogênicos	Tempo de sobrevivência (dias)		
	Água e esgoto	Culturas	Solo
Vírus <sup>a</sup>			
Enterovirus <sup>b</sup>	normalmente menor que 50 podendo chegar a 120	normalmente menor que 15 podendo chegar a 30	normalmente menor que 20 podendo chegar a 100
Bactéria			
Coliformes Fecais <sup>a,c</sup>	normalmente menor que 30 podendo chegar a 60	normalmente menor que 15 podendo chegar a 30	normalmente menor que 20 podendo chegar a 70
<i>Salmonella sp</i> <sup>a</sup>	normalmente menor que 30 podendo chegar a 60	normalmente menor que 15 podendo chegar a 30	normalmente menor que 20 podendo chegar a 70
<i>shigelia sp</i> <sup>a</sup>	normalmente menor que 10 podendo chegar a 30	normalmente menor que 5 podendo chegar a 10	---
<i>vibrio cholerae</i> <sup>d</sup>	normalmente menor que 10 podendo chegar a 30	normalmente menor que 2 podendo chegar a 5	normalmente menor que 10 podendo chegar a 20
Protozoários			
Cistos de <i>entamoeba histolytica</i>	normalmente menor que 15 podendo chegar a 30	normalmente menor que 2 podendo chegar a 10	normalmente menor que 10 podendo chegar a 20
Helmintos			
Ovos de <i>ascaris lumbricoides</i>	Muitos meses	normalmente menor que 30 podendo chegar a 60	Muitos meses

FONTE: EPA (2004) apud FEACHAM et. al.(1983)

NOTA: <sup>a</sup> No esgoto a sobrevivência virótica bacteriana é menor que na água

<sup>b</sup> Inclui polivírus, echovírus e coxsackievírus

<sup>c</sup> Coliforme fecal não é patógeno, mas freqüentemente é usado como indicador

<sup>d</sup> *V. cholerae* em meio aquoso é tema de incerteza atualmente

Independente das citações anteriores a respeito dos potenciais riscos, DERRY et al. (2005) propõe outra metodologia para a estimação do risco, a qual é sugerida através do produto de duas tabelas. Uma das tabelas indica o valor, a

<sup>4</sup> FEACHEM, R.G.; BRADLEY D. J.; GARELICK, H.; MARA, D. D. Sanitation and Disease-Health Aspects of Excreta and Wastewater Management. **World Bank**, 1983.

descrição e os critérios adotados para a probabilidade de ocorrência de uma determinada ação. A outra tabela, semelhante à primeira, refere-se à probabilidade da consequência devido à ocorrência.

Assim sendo, o autor sugere que se crie uma terceira tabela listando todas as possibilidades de risco, atribua-se notas para estes riscos de acordo com as duas tabelas criadas anteriormente, e se faça o produto destas notas. O resultado deste produto indica uma seqüência de possibilidades de risco, quando comparadas.

#### 3.3.8.4. Aceitabilidade

A opinião pública é de fundamental importância para a iniciação da prática do reúso de água.

TOZE (2005), comenta que comunidades geralmente tendem a ser favoráveis e experimentam a água residuária. No entanto, muitas vezes demonstram-se desfavoráveis quando há a possibilidade de contato físico com este tipo de água, sendo que geralmente o público demonstra preocupação quanto ao nível de tratamento do esgoto. Este autor ainda relata que existe maior aceitabilidade quando são irrigadas áreas distantes dos centros urbanos. Entretanto, existem preocupações de consumidores e exportadores quanto aos riscos sanitários e os impactos ambientais.

Uma pesquisa realizada na região sul da cidade de Tampa (Flórida), relatada pela EPA (2004), mostrou que 84% dos usuários residenciais e 94% dos comerciais acreditam que a utilização da água de reúso é segura para irrigação de seus jardins. O mesmo grupo declarou-se atraído por práticas de reúso de água, isto é, 84% do grupo residencial e 90% do comercial.

Outra pesquisa relatada pela EPA (2004), realizada na cidade de São Francisco, Califórnia, demonstrou que a maioria dos entrevistados considera benéfica a utilização da água residuária. Os usos que obtiveram maior aceitabilidade foram a água para controle de incêndios, seguida da irrigação de parques e golfs, em terceira posição a limpeza de ruas, em quarto lugar o uso da água de reúso em bacias sanitárias

e finalmente na quinta posição o uso da água residuária com o intuito de redução do racionamento durante os períodos de secas.

#### 3.3.8.5. Potencialidade das ações

Neste item é abordada de forma qualitativa a necessidade e as características do tratamento de esgoto e de forma quantitativa a disponibilidade de recursos hídricos para o suprimento das necessidades da demanda.

##### a) Análise Qualitativa

A análise qualitativa visa atender as necessidades de critérios estabelecidos para lançamento de águas residuárias em corpos receptores além da adequação de tratamentos de esgoto.

O objetivo do tratamento de águas residuárias visando a sua reutilização é a redução da concentração de constituintes indesejáveis, cuja presença inviabiliza ou prejudica o seu uso.

Em linhas gerais, o tratamento do esgoto é usualmente classificado em níveis, a saber: tratamento preliminar, primário, secundário e terciário, sendo este último usado eventualmente.

Frente a esta problemática, VAN HAANDEL (2005) apresenta através do Quadro 17 os principais constituintes do esgoto sanitário, os problemas por eles atribuídos e as formas de tratamento indicadas.

QUADRO 17 – PRINCIPAIS CONSTITUINTES DE ESGOTO SANITÁRIO, PROBLEMAS CAUSADOS E TRATAMENTOS

<b>Constituinte</b>	<b>Problemas causados</b>	<b>Tratamento</b>
Sólidos em suspensão	<i>Assoreamento</i> : do corpo receptor	Tratamento primário: separação eventualmente com digestão
Patógenos	<i>Contaminação</i> : transmissão de doenças por: - microrganismos: vírus, bactérias, protozoários - ovos de helmintos	Eliminação por morte morrida: dar tempo ao tempo ou morte matada: usar métodos químicos ou físicos.
Nutrientes	<i>Eutrofização</i> : crescimento exacerbado da vida aquática (água verde)	Remoção de nitrogênio e fósforo ou uso na agricultura

FONTE: VAN HAANDEL (2005)

Cabe salientar que os processos biológicos de tratamento de esgoto procuram reproduzir, em condições controladas, os processos naturais de estabilização da matéria orgânica, podendo ser classificados, segundo as bactérias envolvidas, em dois tipos: aeróbios e anaeróbios.

O processo aeróbio caracteriza-se pela intermediação de uma massa bacteriana aeróbia na oxidação da matéria orgânica, transformando-a em produtos mais estáveis, principalmente água e dióxido de carbono. A presença da massa bacteriana aeróbia implica na necessidade de fornecimento de oxigênio através de aeração mecânica que, por sua vez, significa consumo de energia elétrica para acionamento dos aeradores. O sistema aeróbio mais aplicado é o sistema de lodo ativado e suas variantes: lagoas aeradas e valos de oxidação.

Assim sendo, o Quadro 18 exhibe, para esgoto sanitário, as diferenças de desempenho entre os sistemas de lagoas e lodo ativado. Cabe salientar que os valores apresentados são valores aproximados, uma vez que dependem de critérios de projeto.

QUADRO 18 – DIFERENÇAS ENTRE OS DESEMPENHOS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO E LODO ATIVADO

<b>Parâmetro</b>	<b>Lagoa de Estabilização (%)</b>	<b>Lodo Ativado (%)</b>
DBO <sub>5</sub>	90	95
DQO	80	90
SST	80	90
Coliformes	99,9	90
Ovos de helmintos	99,9	50

FONTE: VAN HAANDEL (2005)

Já, o processo anaeróbio ocorre na ausência de oxigênio livre, ocorrendo a formação de uma biomassa anaeróbia (lodo anaeróbio) e, como um dos subprodutos principais do processamento da matéria orgânica, tem-se o biogás, o qual é composto basicamente de metano e gás carbônico.

Atualmente no Brasil, segundo KATO et al. (1999), os principais tipos de reatores anaeróbios utilizados são: lagoas anaeróbias, decanto-digestores, filtros anaeróbios, reatores anaeróbios de manto de lodo (UASB) e, mais recentemente, os reatores anaeróbios de leito expandido ou fluidizado, sendo que estes últimos podem se apresentar individualmente ou combinados.

Estes autores apresentam ainda alguns valores comuns de DBO do efluente e de remoção para alguns sistemas anaeróbios, conforme exibido no Quadro 19.

QUADRO 19 – VALORES COMUNS PARA DBO DO EFLUENTE E DE REMOÇÃO EM SISTEMAS ANAERÓBIOS

<b>Sistema Anaeróbio</b>	<b>DBO do efluente (mg/L)</b>	<b>Remoção de DBO (%)</b>
Lagoas anaeróbias	70 – 160	40 – 70
Reator UASB	60 – 100	55 – 75
Fossa séptica	80 – 150	35 – 60
Tanque Imhoff	80 – 150	35 – 60
Fossa séptica seguida de filtro anaeróbio	40 – 60	75 – 85
Reator compartimento	70 – 160	40 – 65
Reator de leito expandido	60 – 100	60 – 75

FONTE: KATO et al. (1999)

Especialmente o reator UASB, apresenta grande sucesso entre os reatores anaeróbios. Isto pode ser explicado pelo baixo consumo de energia despendido, além de acomodar altas cargas orgânicas volumétricas, com tempo de detenção curto, de algumas horas, dependendo das condições operacionais e das características do esgoto. No entanto, este sistema além de exalar maus odores requer a necessidade de uma etapa de pós-tratamento para atender as exigências legais.

#### b) Análise Quantitativa

A utilização dos recursos hídricos e os seus diversos usos tem se intensificado com o aumento populacional e o crescimento econômico. Originalmente a água era utilizada principalmente para dessedentação de animais e usos domésticos, já a agricultura utilizava principalmente a água da chuva. Com o desenvolvimento das civilizações, os tipos de usos aumentaram, disputando com os recursos hídricos, muitas vezes escassos, e estabelecendo conflitos entre os usuários (LANNA, 2002).

Cabe aqui citar o abastecimento público, o consumo industrial, a irrigação, a recreação, a dessedentação de animais, a geração de energia elétrica, o transporte, a diluição de despejos, a preservação da flora e fauna como alguns dos possíveis usos múltiplos da água.

Com base nos usos múltiplos, o Quadro 20 apresenta as principais categorias de uso da água, classificando-as quanto a sua forma de utilização em consuntivo, não-consuntivo e local.

QUADRO 20 – PRINCIPAIS CATEGORIAS DE USO DA ÁGUA

<b>Infra-estrutura social</b>	<b>Agricultura e aqüicultura</b>	<b>Indústria</b>	<b>Em todas as classes de uso</b>	<b>Conservação e preservação</b>
Dessedentação (C) Navegação (NC) Usos domésticos (C) Recreação (NC) Usos públicos (C) Amenidades ambientais (NC)	Agricultura (C) Piscicultura (NC) Uso de estuários (NC, L) Preservação de banhados (L)	Arrefecimento (C) Mineração (NC) Hidroeletricidade (NC) Processamento industrial (C) Termoeletricidade (C) Transporte hidráulico (C)	Transporte, diluição e depuração de efluentes (NC)	Consideração de valores de opção, de existência ou intrínsecos (NC, L)

FONTE: LANNA (2002)

NOTA: C = consuntivo; NC = não-consuntivo; L = local

Diante deste contexto, cabe esclarecer as três formas de utilização da água citadas anteriormente.

- consuntivo: refere-se a usos que retiram a água de sua fonte natural, diminuindo suas disponibilidades, espacial e temporalmente;
- não-consuntivo: refere-se a usos que retornam à fonte de suprimento, praticamente a totalidade da água utilizada, podendo haver alguma modificação no seu padrão temporal de disponibilidade; e
- local: refere-se aos usos que aproveitam a disponibilidade de água em sua fonte sem qualquer modificação relevante, temporal ou espacial, de sua disponibilidade.

Diferentes tipos de atividades destinadas ao aproveitamento da água necessitam de diferentes garantias de abastecimento. Assim sendo, atividades menos exigentes quanto à garantia de abastecimento podem melhor explorar a sazonalidade das vazões. É fato que quanto menor a qualidade requerida para um determinado uso da água, maior será a disponibilidade hídrica, enquanto que, usos que necessitam de

uma maior garantia de atendimento, estão sujeitos a disponibilidades mais restritas, havendo, portanto uma complementaridade entre a disponibilidade e o uso.

LANNA (2002), destaca que os usos múltiplos dos recursos hídricos podem ser uma opção inicial, mas também é uma conseqüência natural do desenvolvimento econômico. No entanto, a integração harmônica destes usos é a opção existente e tem como alternativa os conflitos entre usuários.

Já, TUNDISI (2003), destaca que as estimativas e projeções sobre os usos futuros dos recursos hídricos variam bastante, em função de análises de tendências diversificadas, algumas baseadas em projeções dos usos atuais, outras em função de reavaliações dos usos atuais, além da introdução de medidas de economia da água, tais como, a prática de reúso e medidas legais para diminuição dos usos e consumo e formas para evitar o desperdício, através de cobranças pelo uso da água e do princípio do poluidor-pagador.

Assim sendo, este autor apresenta algumas projeções de FALKENMARK e LINDH<sup>5</sup>, para os usos múltiplos da água em 2015 e faz uma comparação caso seja adotada a prática de reúso de água na indústria, conforme pode ser observado no Quadro 21.

QUADRO 21 – PROJEÇÕES PARA USOS MÚLTIPLOS DE ÁGUA ATÉ 2015

<b>Setor</b>	<b>2015 (sem reúso industrial) km<sup>3</sup>/ano</b>	<b>2015 (com reúso industrial) km<sup>3</sup>/ano</b>
Doméstico	890	890
Industrial	4.100	1.145
Agricultura	5.850	5.850
<b>Total</b>	<b>10.884</b>	<b>7.885</b>

FONTE: TUNDISI citando FALKENMARK e LINDH (2003)

Ainda considerando a necessidade da oferta de água para atender aos usos múltiplos e com a preocupação de assegurar vazão ecológica aos recursos hídricos,

---

<sup>5</sup> FALKENMARK, M.; LINDH, G. "How can we cope with the water resources situation by the year 2050?", *Ambio*, v. 3, n. 3-4. p. 114-122, 1974

consultou-se através de correio eletrônico a professora Doutora Monica Porto, perguntando qual seria a porcentagem da vazão de efluente de uma ETE que deveria ser devolvida ao rio. Obteve-se como resposta que não há limite, a única diferença ocorre no processo de outorga, pois uma ETE que não devolve nada implicará que a outorga de captação será dada como uso consuntivo.

A mesma questão foi colocada ao senhor Norberto Ramom da SUDERHSA, através de contato pessoal e a resposta obtida foi a mesma, não há a necessidade de lançamento de água residuária em corpos d'água, implicando somente no processo de outorga.

Diante do contexto da quantidade de recursos hídricos disponíveis e dos usos múltiplos, LANNA (2002), comenta que se deve destinar estes recursos naturais, para os usos com maiores prioridades. Isso pode ser obtido através de adequação política de outorga de cotas ou de cobrança pelo uso da água.

#### 3.3.8.6. Avaliação econômica

O processo de avaliação econômica merece cautela, uma vez que ele determinará se o projeto de reúso de água será viável e poderá ser implementado.

A análise econômica envolve custos de implantação, manutenção e operação. Quanto às despesas de implantação, são considerados os custos de construção, equipamentos, isto é, custos com tubulação, bombas, estação de tratamento, sistemas adicionais de tratamento, entre outros, e custos de montagem (JORDÃO e PESSOA, 2005).

Já, os custos anuais que envolvem manutenção e operação, devem ser estimados para um período entre 20 e 25 anos. Estes valores devem ser convertidos para o valor presente. Fazem parte destas despesas os custos com pessoal, energia, produtos químicos, manutenção preventiva, transporte e disposição final do lodo gerado (JORDÃO e PESSOA, 2005).

No entanto, ASANO (1998), comenta que o custo anual durante a vida útil (*life cycle cost*) é calculado através da divisão da amortização dos custos iniciais com os custos de manutenção e operação. Sendo que a amortização do custo anual é baseada em um período de vida útil de 20 anos e em uma taxa de retorno de 10% ao ano.

JORDÃO e PESSOA (2005), advertem que os valores encontrados na literatura em dólar devem permanecer, ao passo que os valores obtidos em Reais, quando convertidos em dólar, podem não corresponder à realidade devido a possíveis distorções provocadas por fatores políticos-econômicos diversos.

No caso específico da água de reúso, a AWWA (1994) destaca que avaliações econômicas envolvem análises de alternativas de ações de reúso e sistemas de distribuição. No entanto, ressalta que a viabilidade dos projetos deve ser justificada quando os benefícios de determinada ação excedem aos seus custos.

### 3.4. GESTÃO DA CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

#### 3.4.1. Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos

O planejamento dos recursos hídricos visa a avaliação das demandas e da disponibilidade destes recursos, além do prévio conhecimento de seu destino entre os usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais com a mínima degradação ambiental (SETTI et al., 2000).

Mundialmente, a busca dos máximos benefícios com a mínima degradação ambiental é motivo de diversas discussões. Os próximos parágrafos abordam de forma cronológica alguns eventos.

No início dos anos 70, as Nações unidas promoveram a 1ª Conferência Internacional para o Meio Ambiente Humano, na cidade Estocolmo na Suécia. Este encontro foi importante, sobretudo para marcar a variável ambiental como parte integrante das relações políticas, econômicas e sociais.

Cabe aqui destacar 2 dos 23 princípios enunciados desta Conferência, a saber:

- *1º princípio*: o homem tem o direito fundamental à liberdade, à igualdade e ao desfrute de condições de vida adequadas, em um meio ambiente de qualidade tal que lhe permita levar uma vida digna e gozar de bem-estar, e é portador solene da obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente, para as gerações presentes e futuras. A esse respeito, as políticas que promovem ou perpetuam o apartheid, a segregação racial, a discriminação, a opressão colonial e outras formas de opressão e de dominação estrangeira permanecem condenadas e devem ser eliminadas.
- *2º princípio*: os recursos naturais da Terra, incluídos o ar, a água, o solo, a flora e a fauna e, especialmente, parcelas representativas dos ecossistemas naturais, devem ser preservadas em benefício das gerações atuais e futuras, mediante um cuidadoso planejamento ou administração adequada.

A partir deste momento ocorreram vários eventos de caráter nacional e internacional para tratar do tema meio ambiente. E em 1987, o Relatório de Brundtland difundiu o conceito de desenvolvimento sustentável, o qual é enunciado conforme segue: “Desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”. A ANA (2002) destaca que, no cenário internacional, o movimento pela modernização encontra respaldo na Declaração de Dublin, convocada como um evento preparatório para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento do Rio de Janeiro. A Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente em Dublin, realizada em janeiro de 1992 constitui um marco na modernização dos sistemas de gestão.

Esta Declaração destaca que a escassez e o desperdício da água doce representam sérias e crescentes ameaças ao desenvolvimento sustentável e proteção ao meio ambiente. A saúde e o bem-estar do Homem, a garantia de alimentos, o desenvolvimento industrial e o equilíbrio dos ecossistemas estarão sob risco se a gestão da água e do solo não se tornarem realidade na presente década, de forma bem

mais efetiva do que tem sido no passado. Desta Conferência surgiram também os chamados Princípios de Dublin, que norteiam, até hoje, a gestão das águas em todo o mundo, os quais citam que:

- as águas doces são um recurso natural finito e vulnerável, essencial para a sustentação da vida, do desenvolvimento e do meio ambiente. A gestão da água deve ser integrada e considerado seu todo, quer seja a bacia hidrográfica e/ou os aquíferos;
- o desenvolvimento e a gestão da água devem ser baseados na participação de todos, quer sejam usuários, planejadores e decisores políticos, de todos os níveis;
- as mulheres têm um papel central na provisão e proteção da água; e
- a água é um recurso natural dotado de valor econômico em todos seus usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

Ainda em 1992, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio-92. Ela teve como objetivo a formação de uma aliança mundial entre os países, os setores chave da sociedade e as pessoas. Assim sendo, procurou-se fazer acordos internacionais para a obtenção de respeito dos interesses de todos e a proteção da integridade do sistema ambiental e do desenvolvimento mundial. Um dos principais documentos, fruto da Rio-92, foi a Agenda 21, para a implantação do desenvolvimento sustentável.

Alguns princípios da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que merecem destaque são:

- *Princípio 1*: os seres humanos constituem o centro das preocupações relacionadas com o desenvolvimento sustentável e tem direito à vida saudável e produtiva em harmonia com a natureza;
- *Princípio 3*: o direito ao desenvolvimento deve exercer-se de forma a responder equitativamente às necessidades de desenvolvimentos ambientais das gerações presentes e futuras;

- *Princípio 4*: com a finalidade de alcançar o desenvolvimento sustentável, a proteção do meio ambiente deverá constituir parte integrante do processo de desenvolvimento e não poderá ser considerado na forma isolada;
- *Princípio 10*: o melhor modo de tratar as questões ambientais é com a participação dos cidadãos interessados. Na esfera nacional, toda pessoa deverá ter acesso às informações que as autoridades políticas possuam sobre meio ambiente, isto inclui as informações sobre materiais e atividades que causem perigo às comunidades, assim como a oportunidade de participação de processos decisórios. Os países devem facilitar e financiar a sensibilização e a participação da população, participando as informações a todos. Deverá possibilitar acesso aos procedimentos judiciais e administrativos e o ressarcimento dos danos e dos recursos pertinentes.

No Brasil, em 1997, foi promulgada a Lei Nº 9.433, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos e criando o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, com base na moderna visão mundial sobre gestão de águas. Esta lei trouxe importantes conceitos para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, entre eles, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento e planejamento, a gestão descentralizada e participativa, a água considerada de domínio público, recurso finito e dotada de valor econômico.

Não obstante, no ano 2000 foi aprovada a Declaração do Milênio pela Assembléia Geral das Nações Unidas. Ela reúne os planos de todos os Estados-Membros da ONU, para melhorar a vida de todos os habitantes do planeta no século XXI.

Dois anos após, em 2002, ocorreu a conferência internacional em Johannesburg, na África do Sul, conhecida como Rio + 10, a qual pretendia estabelecer metas para o desenvolvimento sustentável no planeta. Esta conferência procurou:

- reafirmar os compromissos expressos na Agenda 21;
- recomendar a colaboração internacional, através de parcerias, como a melhor forma de implementar a Agenda 21;
- manifestar a necessidade urgente de apoiar o acesso dos agricultores pobres aos recursos produtivos; e
- sugerir o aumento do comércio internacional e o fim das barreiras alfandegárias como meios para conseguir o Desenvolvimento Sustentável.

Com base no contexto nacional e internacional exposto, a gestão de recursos hídricos é equacionada, isto é, procura resolver as questões de escassez relativa aos recursos hídricos, bem como fazer o seu uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade.

### **3.4.2. Princípios e Conceitos sobre Planejamento e Gestão da Conservação da Água**

O foco da gestão da conservação da água está baseado no uso racional dos recursos hídricos, de modo a obter um bom rendimento, garantindo a recuperação, preservação e a conservação do recurso.

Segundo TUCCI et al. (2003), o desenvolvimento dos recursos hídricos e a conservação dos sistemas naturais constituem um desafio da sociedade brasileira e passa por vários aspectos, relacionados com as condições sociais e econômicas. Os mesmos autores citam os aspectos institucionais, a água no desenvolvimento urbano, a energia, o transporte através da navegação, o desenvolvimento rural, as enchentes e secas, entre outros, como elementos associados ao desenvolvimento dos recursos hídricos.

Já SETTI et al. (2000), cita alguns princípios considerados fundamentais na implantação do processo de gerenciamento de recursos hídricos, a saber:

- acesso aos recursos hídricos deve ser um direito de todos;

- a água deve ser considerada um bem econômico;
- a bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade de planejamento;
- a disponibilidade da água deve ser distribuída segundo critérios sociais, econômicos e ambientais;
- deve haver um sistema de planejamento e controle;
- a cooperação internacional deve visar ao intercâmbio científico e tecnológico;
- o desenvolvimento tecnológico e de recursos humanos deve ser constante;
- quando os rios atravessam ou servem de fronteiras entre países, a cooperação internacional é indispensável;
- os usuários devem participar da administração da água;
- a avaliação sistemática dos recursos hídricos de um país é uma responsabilidade nacional e recursos financeiros devem ser assegurados para isso; e
- a educação ambiental deve estar presente em toda ação programada.

De uma forma geral a gestão dos recursos hídricos engloba os retornos de uso da água, as quais recompõem os recursos da bacia. Para RIZZI (2001), este retorno conduz a proposição de diretrizes quanto ao tratamento de efluentes e formas de contaminação, com uma interação específica com resíduos e águas residuárias urbanas e industriais. Com base nisto este autor adota a concepção de ciclo hidrológico como forma distinta de configuração, onde a questão da contaminação se coloca de forma interativa com outros planos de saneamento, como por exemplo, os planos de tratamento de água residuária e dos resíduos sólidos.

### **3.4.3. Considerações sobre Planejamento e Gestão do Reúso da Água**

Segundo o MANUAL OF PRACTICE – WATER REUSE, para a implementação de um projeto de reúso, visando beneficiar algumas das atividades já citadas, deverá ser realizado um levantamento com os seguintes enfoques:

- relação dos potenciais usuários, qualidade e quantidade de água necessária para atendê-los;
- levantamento de dados da região que receberá a água de reúso (demanda);
- levantamento de dados da fonte fornecedora da água de reúso (oferta);
- verificação dos parâmetros a serem atendidos para viabilizar o reúso;
- desenvolvimento de formas de distribuição da água;
- análise técnica, econômica, ambiental e social; e
- avaliação dos riscos e aceitação pública.

Neste sentido, a AWWA (1994) faz alusões tais como as citadas acima, ao mesmo tempo em que ressalta a importância de identificação dos benefícios e impactos adversos provocados pelo sistema de reúso de água.

### **3.4.4. Programas de Conservação da Água**

Vários são os programas que propõem medidas de conservação de água, entre eles destaca-se em âmbito federal o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) e a nível estadual o Programa de Uso racional da Água (PURA), desenvolvido em São Paulo. Cabe destacar igualmente o PCA (SANTOS, 2005), objeto de enfoque desse trabalho.

De um modo geral o PNCDA, tem como objetivo a promoção do uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e o adiamento de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas. Ainda, tem por objetivos específicos definir e implementar

um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas.

Este programa é composto por 16 documentos, os quais possuem uma visão ampla de combate ao desperdício, buscando maior eficiência no uso da água em todas as fases de seu ciclo de utilização, isto é, desde a captação até o consumo final. Neste sentido o PNCDA busca, (SILVA et al., 1998):

- a promoção da produção de informações técnicas confiáveis para o conhecimento da oferta, da demanda e da eficiência no uso da água de abastecimento urbano;
- apoiar o planejamento de ações integradas de conservação e uso racional da água em sistemas municipais, metropolitanos e regionais de abastecimento, incluindo componentes de gestão de demanda (residencial e não residencial), de melhoria operacional no abastecimento e de uso racional da água nos sistemas prediais;
- apoiar os serviços de saneamento básico no manejo de cadastros técnicos e operacionais com vistas à redução nos volumes de águas não faturadas;
- apoiar os serviços de saneamento básico na melhoria operacional voltada à redução de perdas físicas e não físicas, notadamente em macromedição, micromedição, controle de pressão na rede e redução de consumos operacionais na produção e distribuição de água;
- promover o desenvolvimento tecnológico de componentes e equipamentos de baixo consumo de água para uso predial, inclusive normalização técnica, códigos de prática e capacitação laboratorial; e
- apoiar os programas de gestão da qualidade aplicados a produtos e processos que envolvam conservação e uso racional da água nos sistemas público e prediais.

Não obstante, o PURA prevê um conjunto de ações no intuito da promoção do uso racional da água em nível dos sistemas prediais. Este programa é resultado de parceria entre a SABESP, a USP e o IPT, o qual prevê ações no intuito de conservação da água em nível residencial. Ele foi criado para atender os seguintes objetivos básicos:

- desenvolver e disponibilizar ao público produtos que propiciam o uso da água de forma eficiente;
- desenvolver modelos no intuito de mensurar a influência decorrente do uso de aparelhos sanitários economizadores de água sobre a magnitude da demanda de água nas edificações; e
- elaborar documentação técnica e institucional visando embasar ações do programa.

Já o PCA consta de uma ferramenta de apoio para o planejamento e gestão de ações de conservação da água de bacias hidrográficas em áreas urbanas. Este programa é detalhado na seqüência.

### 3.5. PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA NO MEIO URBANO (PCA)

O PCA, (SANTOS, 2005), contém duas linhas de atuação, a conservação da água nas edificações e a conservação da água na infra-estrutura sanitária. A linha de atuação respectiva às edificações é um sub-programa denominado Programa de Conservação da Água nas Edificações (PCAE), anteriormente identificado como PGUAE (SANTOS, 2001), enquanto que aquela referente à infra-estrutura é outro sub-programa denominado Programa de Conservação da Água na Infra-estrutura Sanitária (PCAI).

O PCAE objetiva o planejamento e gestão das ações de conservação da água nas edificações por meio de hierarquização sob aspectos da viabilidade econômica, do benefício gerado e do risco sanitário associado. O PCAI, por sua vez, apresenta estrutura similar ao PCAE, tendo como diferença básica o enfoque sobre a infra-estrutura sanitária.

Ao gestor é possível aplicar o PCA enfocando apenas as edificações, aplicado o PCAE, ou focar apenas a infra-estrutura sanitária, através do PCAI. No entanto, para uma atuação mais abrangente, deveriam ser aplicados simultaneamente os dois sub-programas. Desta forma, o planejamento e o programa de gestão resultante apresentariam maior complexidade quando comparados aqueles gerados isoladamente pelo PCAE ou PCAI. Nesta aplicação conjunta, uma série de interações entre os sub-programas seriam consideradas e os resultados obtidos para a confecção do planejamento e gestão da conservação da água possibilitariam avaliar, por exemplo, o impacto de medidas de conservação da água nas edificações sobre a conservação da água nos mananciais hídricos.

É possível destacar que a consideração de tais questões é fundamental para o êxito da aplicação de um programa de conservação da água, pois possibilita uma abordagem sistêmica sobre os seus usos na infra-estrutura sanitária e nos recursos hídricos.

O PCAI prevê uma série de etapas que objetivam a gestão do uso da água na infra-estrutura sanitária urbana, especificamente nos Sistemas de Abastecimento de Água e Sistemas de Esgotamento Sanitário. Na totalidade são cinco as etapas, sendo a primeira etapa referente à caracterização do cenário de interesse. A segunda trata da caracterização das ações de conservação da água. Não obstante, igualmente referente às ações de conservação de água, seguem as etapas Avaliação da Aplicabilidade, Hierarquização e Planejamento e Gestão. Tais etapas são descritas na seqüência.

### ***1ª Etapa - Caracterização do Cenário***

Objetiva caracterizar o cenário de interesse sob vários aspectos, tais como:

- identificação e descrição dos usuários: identificar e descrever os usuários por tipo de demanda;
- avaliação do perfil e da aceitabilidade do usuário: avaliação de aspectos sociais, econômicos e técnicos relacionados ao usuário, assim como a aceitabilidade do mesmo em relação às ações de conservação de água;

- estimativa quali-quantitativa da demanda de água: constam de estimativas para avaliar a demanda de água por usuário, em seus aspectos quali-quantitativos. Isso permite tanto o levantamento do histórico do consumo quanto a sua parametrização (estimativa de volume consumido por uso); e
- prospecção de relações entre o consumo de água e variáveis diversas: análise estatística desenvolvida no intuito de avaliar a influência sobre o consumo de água de variáveis diversas como a sazonalidade, a temperatura ambiente, os dias do mês, entre outros. Para esta análise são utilizadas a Correlação e a Análise de Regressão.

Uma vez caracterizado o cenário, torna-se importante à caracterização das ações de conservação da água.

### ***2ª Etapa - Caracterização das Ações de Conservação de Água***

Tais ações de conservação são classificadas em ações de economia e de proteção ambiental. As ações de economia dividem-se em uso racional e uso de fontes alternativas. Enquanto que as ações de proteção ambiental dividem-se em tratamento e disposição final dos efluentes. O respectivo processo de caracterização ocorre em duas fases, conforme descrito na seqüência:

#### **a) Concepção e seleção das ações de conservação de água**

Prevê a concepção de cada ação de conservação, o que inclui um esboço da configuração física e espacial, além da estimativa do respectivo potencial de oferta e demanda de água. Concluídas as concepções, a seqüência requer uma seleção entre as mesmas, sendo que ela deve considerar, conforme a realidade do cenário descrito, questões como aceitabilidade do usuário, viabilidade técnica preliminar, disponibilidade de espaço, entre outras.

#### **b) Caracterização das ações selecionadas**

Com base na concepção previamente definida, caracteriza-se cada uma das ações selecionadas de acordo com as intervenções de combate ao desperdício via perdas

no Sistema de Abastecimento de Água, conscientização dos agentes, entre outras. Com relação à caracterização das ações relacionadas ao uso de fontes alternativas, tem por ação metodológica fundamental a definição da oferta de água. Portanto, faz-se necessário a caracterização qualitativa das respectivas águas, através do levantamento dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, e a caracterização quantitativa por meio da estimativa dos volumes que podem ser disponibilizados.

Concluída esta etapa, faz-se necessária à avaliação da aplicabilidade das ações de conservação de água.

### ***3ª Etapa - Avaliação da Aplicabilidade das Ações de Conservação de Água***

Considerando as ações de conservação de água selecionadas e caracterizadas, torna-se necessário um sistema que avalie sua aplicabilidade em função tanto dos requisitos quali-quantitativos impostos pelos usos previstos quanto de uma análise da relação custo-benefício-risco pertinente.

Dado isto, o custo é trabalhado via análise de viabilidade econômica enquanto o benefício é avaliado em função da economia de água, da proteção ambiental e da geração de renda. Já, o risco é avaliado por meio da análise de risco em função do potencial de exposição do usuário.

### ***4ª Etapa - Hierarquização das Ações de Conservação de Água***

Considerando os riscos aceitáveis, a viabilidade econômica, os níveis de conservação de água possíveis, a aceitabilidade pública, os graus de impacto ambiental, os benefícios previstos, entre outras variáveis, ou seja, avaliadas as aplicabilidades das ações de conservação de água, para aquelas efetivamente aplicáveis, faz-se necessário hierarquizá-las quanto à preferência em uma escala temporal. Para tanto, torna-se importante à utilização de ferramentas de Sistemas de Apoio à Decisão para o planejamento e posterior confecção do Plano Conservação da Água no Meio Urbano.

Nesse sentido, o PCAI apresenta a Análise Multicritério como o Sistema de Apoio a Decisão referencial para a condução do processo de hierarquização. Tal escolha fundamenta-se no fato deste tipo de análise trabalhar com critérios de ordem qualitativas e mensuráveis quantitativas.

#### ***5ª Etapa - Planejamento e Gestão da Conservação da Água***

Nesta última fase do Programa, depois de caracterizados os usos e as ações de economia, e depois de avaliada a aplicabilidade de tais ações, torna-se possível propor um planejamento otimizado que promova a economia esperada e garanta a segurança sanitária. Para tanto, o programa prevê a organização de um conjunto de procedimentos que permita a análise da aplicabilidade integrada das ações, da economia obtida e do risco sanitário associado. O resultado desta análise embasará, portanto a confecção do Plano de Conservação da Água.

Esse Plano de Gestão apresentará diretrizes para o gerenciamento de conservação da água no meio urbano, a partir das ações definidas hierarquicamente. Tal plano deve possibilitar o gerenciamento do processo planejado através de relações, interfaces, urgências e dinamismo, deve contemplar ainda estratégias de avaliação para o acompanhamento do processo. Desta forma, é possível organizar um cronograma de aplicação das ações de conservação da água ao longo do tempo, além de um programa de monitoramento das ações e de seus efeitos.

### **3.6. ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

A análise multicritério de apoio à decisão tem por objetivo resolver problemas complexos envolvendo diversas variáveis. Assim sendo, esta metodologia permite incorporar na tomada de decisões, tanto parâmetros qualitativos quanto indicadores de natureza quantitativa.

### 3.6.1. Justificativa

Durante este estudo foram encontrados diversos trabalhos da área de Engenharia Sanitária, os quais optaram por usar algum método de análise multicritério objetivando ou a escolha da melhor alternativa ou classificando-as. Entre estes estudos pode-se destacar:

- Análise Multicritério aplicada a sistemas de esgotamento sanitário no Distrito Federal (HARADA e NETTO, 1999);
- Escolha de um programa de controle da qualidade da água para consumo humano: aplicação do Método AHP (ABREU et al., 2000);
- A utilização da metodologia multicritério de apoio à decisão na priorização de projetos de implantação de sistemas de esgotos sanitários (MOREIRA e BECKHAUSER, 2001);
- Uso de análise multicritério na ordenação de prioridades em empreendimentos de saneamento (HARADA, 2001);
- Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento de recursos hídricos (ZUFFO et al., 2002);
- Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com o uso de análise estratégica de decisão (CALIJURI et al., 2002); e
- Sistemas de apoio à decisão para alocação de água em projetos de irrigação (CARVALHO, 2003).

Assim sendo, optou-se por trabalhar com um método de análise multicritério denominado *Analytic Hierarchy Process* (AHP), pois a literatura o aponta como um método de fácil entendimento, versátil, capaz de manipular simultaneamente critérios qualitativos e mensuráveis quantitativamente.

Segundo BEVILACQUA e BRAGLIA (2000) o Método AHP possibilita a apresentação de decisões de problemas complexos considerando diversos fatores,

sendo possível realizar julgamentos que não pertencem necessariamente ao administrador.

Quanto as suas vantagens, cabe citar:

- permite avaliações qualitativas;
- simplicidade e robustez;
- disponibilidade de software gratuito;
- fácil visualização, percorrendo três etapas: estruturação, comparação e prioridades;
- a estruturação do problema fornece uma visão global, ajudando o decisor na avaliação da dimensão e conteúdo dos critérios por ação;
- este método tem aplicação em várias áreas técnicas;
- alta transparência no processamento e nos resultados; e
- existe grande quantidade de publicações científicas abordando este método.

Já, quanto as suas limitações, destaca-se:

- deve-se refletir com cautela quanto à identificação dos níveis de hierarquia, pois isto pode afetar o desempenho do objetivo da análise;
- os pesos, que constituirão a matriz, devem ser estipulados com cuidado; e
- faz comparação par a par, sendo sugeridas no máximo nove alternativas, o que conduz a um elevado número de julgamentos.

### **3.6.2. Histórico do Método AHP**

O Método AHP foi idealizado por Thomas L. Saaty na década de 70 e posteriormente atualizado pelo mesmo autor. O AHP surgiu como resposta ao planejamento de contingência militar e empresarial, tomada de decisão, alocação de recursos escassos, resolução de conflitos e a necessária participação política nos acordos negociados.

### 3.6.3. Método AHP

Para SAATY (1980) o Método AHP está fundamentado na intuição humana, isto é, baseado na reflexão que envolve a identificação de objetos ou idéias e o relacionamento entre elas. A técnica fundamental da percepção é a decomposição e a síntese, as quais fazem parte da lógica humana.

Ao passo que, OZDEMIR e SAATY (2005), comparando o Método AHP com o processo da intuição humana, ressaltam que desde a matriz de julgamento até os dados nela inseridos expressam a incerteza na comparação de julgamentos humanos par a par.

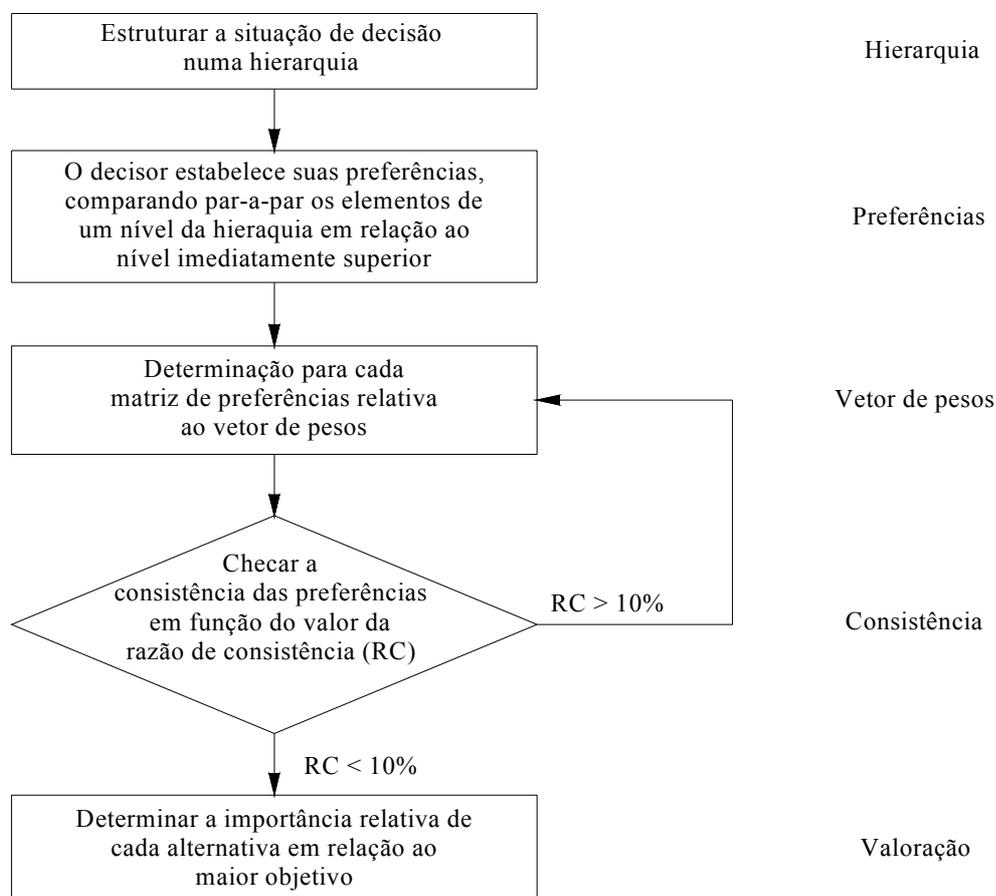
Com base nas citações anteriores, em geral, a aplicação de métodos de análise multicritério inicia-se com uma seção de *brainstorming* ou “tempestade de idéias”, a qual possui duas etapas, uma divergente onde a proposta é ter muitas idéias e outra convergente em que as idéias são selecionadas, agrupadas e então avaliadas.

Assim sendo, a construção dos níveis hierárquicos do Método AHP tem como base as idéias resultantes da fase convergente do *brainstorming*. Através desta construção é possível analisar um problema e tomar uma decisão, e é através de uma visão global que o problema pode ser naturalmente visualizado, facilitando a comparação par a par.

Já, BEYNON (2002) destaca a matriz de julgamento, o nível de consistência e os valores de prioridade, ou seja, os pesos resultantes da análise, como aspectos importantes no Método AHP.

Diante deste contexto pode-se dizer que a matriz de julgamento, é uma matriz quadrada, as interações necessárias variam de acordo com o número de critérios a serem analisados de acordo com a equação  $N_c = (n(n-1)/2)$ , sendo  $N_c$  o número de comparações e  $n$  o número de critérios analisados. Quanto ao nível de consistência, trata-se de um valor associado a cada matriz de julgamento. SAATY (1980) sugere que a Razão de Consistência (RC) aceitável seja igual ou inferior a 10%, e que os valores de prioridade são os resultados obtido através da combinação de matrizes.

Isto posto, o organograma que segue sintetiza os principais passos da metodologia AHP no processo de tomada de decisão.



Quanto à estruturação do problema, ela é tida como uma das mais importantes atividades do processo decisório. Nesta fase, é necessário cautela, uma vez que, um problema mal estruturado pode levar a resultados ruins, portanto não confiáveis.

Para iniciar a fase de estruturação, primeiramente é necessária a compreensão da complexidade do problema que se pretende solucionar. Para isto, é fundamental analisar e caracterizar todo o sistema envolvido no problema de tomada de decisão em questão.

Diante desta problemática, SAATY (1990) menciona que ao se construir sistemas de hierarquias não se deve esquecer de detalhes, a saber:

- representar o problema de forma completa, sempre que possível, cuidando para não perder a sensibilidade ao mudar os elementos;

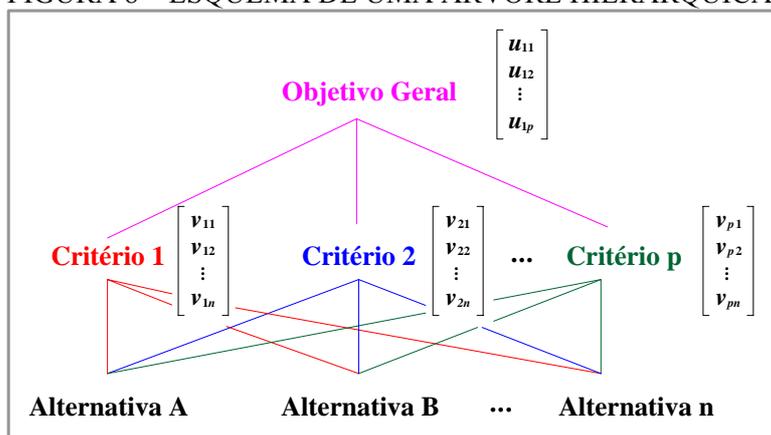
- considerar o ambiente que cerca o problema;
- identificar as emissões ou atributos que contribuem para a solução; e
- identificar os participantes associados com o problema.

Cabe aqui esclarecer que a organização de qualquer problema inicia-se na construção de uma árvore hierárquica. Este processo permite estruturar qualquer problema complexo, com múltiplos critérios, não só quantitativos, mas também qualitativos. É um processo flexível que recorre à lógica e à intuição.

Isto posto, a árvore hierárquica é estruturada de forma que o objetivo do problema encontra-se no primeiro nível, no segundo são apresentados os critérios e em um terceiro nível os sub-critérios e assim por diante. No último nível sempre estarão as alternativas a serem avaliadas. É possível elaborar árvores com mais de três níveis, o que torna o sistema cada vez mais complexo.

A Figura 8 apresenta um esquema simplificado de árvore hierárquica com três níveis.

FIGURA 8 – ESQUEMA DE UMA ÁRVORE HIERÁRQUICA



Para a análise de cada alternativa  $A_i$ , um valor é calculado da seguinte forma:  $u_{11} \cdot v_{1i} + u_{12} \cdot v_{2i} + u_{13} \cdot v_{3i} + \dots + u_{1p} \cdot v_{pi}$ . Assim, há um entrelace de pesos e o resultado final das comparações é um autovalor de pesos, também denominado  $\lambda_{\max}$ , com o qual se obtém um autovetor, fornecendo a escala hierárquica.

Com o objetivo de comparar as matrizes criadas para cada nível, Saaty estabeleceu uma escala variando de 1 a 9, conforme apresentado no Quadro 22.

QUADRO 22 – ESCALA DE JULGAMENTOS DE IMPORTÂNCIA DO MÉTODO AHP

Intensidade de Importância	Definição	Significado
1	Importância igual	Dois critérios/alternativas contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância levemente forte sobre a outra	A contribuição de um dos critérios/alternativas é levemente superior à do outro
5	Importância forte	Um critério/alternativa é fortemente favorecido em comparação com o outro
7	Importância muito forte	Um critério/alternativa é favorecido muito fortemente sobre o outro
9	Importância absoluta	A importância/preferência de um critério/alternativa domina em absoluto o outro
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos	Valores utilizados quando o julgamento está entre dois valores ímpares
Recíprocos	Se a alternativa $i$ tem uma das intensidades de importância ou de preferência de 1 a 9, quando comparada com a atividade $j$ , então $j$ tem o valor recíproco quando comparado com $i$ .	
Racionais	Proporção que surgem na escala	Se consistência tiver que ser forçada para obter $n$ valores numéricos para completar a matriz

FONTE: SAATY (1980)

Segundo SAATY (1980), há algumas razões para o limite nove estipulado em sua escala, entre elas destacam-se:

- as distinções qualitativas são significativas na prática e têm característica de precisão, quando os itens comparados apresentam a mesma ordem de magnitude ou estão próximos com relação à propriedade usada para fazer a comparação;
- nota-se que a habilidade do ser humano para fazer distinções qualitativas é bem representada por cinco atributos, sendo eles: igual, fraco, forte, muito forte e absoluto. Desta forma, pode-se estabelecer compromissos entre atributos adjacentes quando uma precisão maior for necessária;
- com a finalidade de reforçar o item anterior, um método prático frequentemente utilizado para avaliação é a classificação de estímulos, tais

como: rejeição, indiferença e aceitação. Para melhor classificação, cada um destes estímulos será dividido em: baixo, médio e alto. Assim sendo, são indicadas 9 áreas de distinções significativas; e

- o limite psicológico de  $7 \pm 2$  itens em uma comparação simultânea sugere que ao se tomar mais do que  $7 + 2$  itens satisfazendo a descrição do primeiro item, e se eles diferirem entre si levemente, o ser humano precisará de nove pontos para distinguir estas diferenças.

Depois de estabelecida a estruturação do problema, através da árvore hierárquica e conhecendo-se a escala estabelecida por Saaty, obtêm-se a matriz de julgamento para cada critério em cada nível, a qual possui a forma abaixo:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Esta matriz deve atender as seguintes condições:

- Se  $a_{ij} = \alpha$ , então  $a_{ji} = 1/\alpha$ , sendo  $\alpha \neq 0$ ;
- Se  $C_i$  tem igual importância que  $C_j$ , então  $a_{ij} = 1$ ,  $a_{ji} = 1$  e  $a_{ii} = 1$  para todo  $i$ .

Sendo:

$a_{ij} \rightarrow$  comparação paritária entre os critérios  $C_i$  e  $C_j$

$\alpha \rightarrow$  valor de intensidade de importância

Sendo que cada julgamento  $a_{ij}$  deve ser considerado como uma estimativa de importância entre o critério  $i$  em relação ao critério  $j$ , identificados na linha  $i$  e coluna  $j$ , respectivamente relativo ao critério do nível imediatamente acima.

O processo para o julgamento segue a estrutura formulada na árvore hierárquica, da seguinte forma:

- levantamento da importância do objetivo geral, também denominado meta, com relação aos critérios, os quais fazem parte do segundo nível; e
- levantamento da importância de cada critério, pertencentes ao segundo nível, com relação a cada alternativa, as quais pertencem ao terceiro nível.

Caso existam mais níveis o processo será o mesmo descrito anteriormente.

No entanto, OZDEMIR e SAATY (2005) salientam que os julgamentos a serem aplicados na matriz de julgamento podem conter um certo grau de incerteza, isto está associado à fragilidade do decisor ao comparar dois critérios/alternativas e atribuir valores a eles. Estes autores comentam que tal fato é aceito pelo método através do índice de consistência menor ou igual a 10%.

Após o estabelecimento dos julgamentos, o problema concentra-se na obtenção dos pesos  $w_1, w_2, \dots, w_n$ , que são obtidos através do autovetor associado ao maior autovalor, ou valores de prioridade e determinam a escala de prioridade.

Estes pesos devem, segundo SAATY (2004), serem normalizados, para obtenção de valores em uma única unidade de medida. Esta normalização converte os valores encontrados em valores semelhantes, com o objetivo de obtenção de uma resposta mais precisa.

SAATY (1990) afirma que a normalização não é somente um mecanismo operacional. Ela contém informações sobre o domínio total das alternativas comparadas, permitindo apontar a prioridade do critério para cada alternativa, isto de acordo com o domínio relativo da alternativa.

O ato de normalizar o autovetor consiste em deixar todas as suas coordenadas com valores entre zero e um. O processo é simples, divide-se cada coordenada do autovetor pelo somatório de todas as coordenadas, assim, o somatório das coordenadas do novo autovetor é sempre igual a um.

No entanto, SAATY (2004) alerta que a normalização perde informações sobre as medidas originais, a unidade de medida original e também seu zero associado.

### 3.6.4. Verificações do Método AHP

#### 3.6.4.1. Índice de Consistência e Razão de Consistência

Conforme comentado anteriormente, devido aos julgamentos aplicados à matriz de julgamento apresentarem certo grau de incerteza, em decorrência da fragilidade do decisor, SAATY (1980) menciona a verificação do índice de consistência e da razão de consistência.

Assim sendo, a matriz é considerada consistente somente se  $\lambda_{\max} = n$ , ao passo que  $\lambda_{\max}$  é o autovalor associado ao maior autovalor da matriz de comparações resultante das operações e  $n$  é a ordem da matriz.

Seguindo tal premissa, a metodologia descrita abaixo deve ser aplicada para a verificação do Índice de Consistência (IC), o qual indica o grau de inconsistência durante a aplicação do Método AHP.

Este índice pode ser obtido através da resolução da seguinte equação:

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

Sendo:

$\lambda_{\max}$  = maior autovalor da matriz

$n$  = ordem da matriz

De forma semelhante, a Razão de Consistência (RC) pode ser obtida através da resolução do seguinte cálculo:

$$RC = IC / IR$$

Sendo:

IC = Índice de Consistência

IR = Índice Randômico

Cabe salientar que o IR pode ser obtido no Quadro 23, o qual é resultado do estudo do Dr. R. Uppuluri do Oak Ridge National Laboratory, o qual trabalhou

estatisticamente com 100 amostras de matrizes que variam sua ordem de 1 a 15. Tais matrizes a princípio por serem randômicas têm a pior média de consistência.

QUADRO 23 – RELAÇÃO ENTRE A ORDEM DA MATRIZ E O ÍNDICE RANDÔMICO

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>IR</b>	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

FONTE: SAATY (1980)

Se o valor obtido para RC for igual a zero ela é considerada consistente e caso este valor seja inferior a 0,10 ela é considerada aceitável. Este índice deve ser interpretado como um fator de alerta para o decisor e não como um erro não desejado.

#### 3.6.4.2. Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é uma ferramenta que ajuda a perceber a estabilidade da decisão em face do desconhecimento e das incertezas dos fatores analisados (OZDEMIR e SAATY, 2005).

Já, BEVILACQUA e BRAGLIA (2000) sugerem que quando aumentada a prioridade de um critério diminuem proporcionalmente as prioridades dos demais, da mesma forma as prioridades globais das alternativas são recalculadas.

Assim sendo, a alteração na estrutura do problema, adicionando ou retirando algum critério na árvore hierárquica, pode provocar mudanças na resposta final do problema, o que poderá refletir em incertezas.

#### 3.6.4.3. Robustez

Durante o preenchimento das matrizes é possível ocorrer falhas ou enganos, os quais acarretarão índices de consistência muito grandes além de gerar distorções nos resultados. Com o objetivo de identificação de tais equívocos são realizados testes de robustez.

De acordo com SAATY (2003) para a identificação do local onde ocorreu tal equívoco, deve-se fazer transformações da matriz inicial do tipo:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}. \text{ Cada elemento desta matriz deve servir de base para o}$$

cálculo de uma nova matriz, a qual identificará, através do maior número da matriz, a possível localização da fonte de imprecisão dos resultados. Esta nova matriz é obtida através do cálculo da equação  $\varepsilon_{ij} = a_{ij}w_j / w_i$ , onde  $w_i$  e  $w_j$  são vetores.

Uma vez indicada a posição onde há possibilidade de erro é recomendado fazer a análise visual para verificar se não há um erro grosseiro, caso não haja, LIPOVETSKY e CONKLIN (2002) sugerem que se arbitrem outros valores, verificando-se o comportamento do índice de consistência. Provavelmente o melhor valor para aquele elemento será o que apresentar um menor índice de consistência.

Este mesmo autor descreve cinco passos, de simples transformação aritmética, para realização do teste de robustez.

- *Passo 1:* Trocar os elementos da matriz inicial  $A$  citada acima, de acordo com  $b_{ij} = \frac{a_{ij}}{1+a_{ij}}$ , assim será construída uma nova matriz, denominada matriz  $B$ .
- *Passo 2:* Construir uma nova matriz, denominada  $C$ , a partir do produto de elemento a elemento da matriz  $B$  e sua transposta  $B'$ .
- *Passo 3:* Pegar a diagonal da matriz produto  $B$  e  $B'$ .
- *Passo 4:* Subtrair os elementos da matriz diagonal dos elementos da matriz  $C$ , obtendo a matriz  $D$ .
- *Passo 5:* Com o auxílio da matriz  $D$  é possível encontrar um novo autovalor para o cálculo do novo autovetor.

Para LIPOVETSKY e CONKLIN (2002) a aplicação do método de robustez é conveniente, uma vez que é de simples aplicação e pode trazer maior confiabilidade aos resultados obtidos com o Método AHP.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O item 4 – Materiais e Métodos está subdividido conforme segue:

- **item 4.1 – introdução:** contextualização das etapas do PCA com o estudo de caso;
- **item 4.2 – caracterização do cenário:** consta da descrição da área de estudo, composta pelo raio de abrangência de aproximadamente 10 km, a partir das ETE's Santa Quitéria e Belém; da avaliação da aceitabilidade do usuário quanto à utilização da água de reúso, realizada através de questionários; da análise quantitativa da demanda de água, obtida através do levantamento dos possíveis usuários e suas necessidades; e por fim da análise qualitativa da oferta de água residuária por parte das duas ETE's em estudo;
- **item 4.3 – caracterização das ações de conservação de água:** neste item são concebidas 52 possíveis ações de reúso de água para a área de estudo, as quais passam por um processo de seleção, sendo selecionadas nove destas ações para aprofundamento dos estudos, onde são apresentados os possíveis usuários, os volumes de demanda necessários e croquis ilustrando cada sistema proposto;
- **item 4.4 – avaliação da aplicabilidade das ações de conservação de água:** cabe a este item a análise quali-quantitativa da água residuária ofertada para a prática de reúso, além das análises de custos, benefícios, impactos e riscos, as quais são fundamentais para o levantamento dos pesos necessários para a aplicação do sistema de hierarquização, Método AHP; e
- **item 4.5 – processo para hierarquização das ações de conservação de água:** é apresentada a árvore hierárquica, a qual exhibe a estrutura o problema; a escala de comparação, com a uniformização dos pesos obtidos no item 4.4; a matriz de julgamento com a estrutura completa do problema; e finalmente são descritas as simulações hierárquicas obtidas através do

Método AHP, as quais foram divididas em: 1 simulação inicial e 13 simulações adicionais.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

Neste item objetiva-se, por meio de um estudo de caso, demonstrar a aplicação da metodologia prevista no PCA para a estruturação de diretrizes para o planejamento do reúso de água no meio urbano. São inicialmente propostas 52 ações, das quais as nove mais importantes são selecionadas, devido em parte as limitações impostas pelo Método AHP, comentadas no item 3.6.1. Tais ações são compostas de diferentes sistemas de tratamento e reservação, de distribuição, ou seja, rede e/ou caminhão, e usuários.

Diante deste contexto, cada ação selecionada será detalhada de forma a possibilitar análises quali-quantitativas, de custos, benefícios, impactos e por fim de risco. Cabe ressaltar que esse levantamento é de fundamental importância para a utilização do Método AHP, o qual possibilitará a hierarquização das ações, facilitando o planejamento de implantação da prática de reúso de água. Seguindo esta premissa, o estudo de caso é apresentado em cinco etapas.

Em uma primeira etapa escolheu-se duas ETE's com sistemas de tratamento diferentes, ETE santa Quitéria, sistema anaeróbio e ETE Belém, sistema aeróbio, obtendo, portanto qualidades diferentes de efluentes tratados. Dentro da área delimitada, foram identificados e descritos os possíveis usuários, de acordo com seus perfis e a aceitabilidade. Estimou-se quali-quantitativamente a demanda de água por parte dos usuários e a oferta por parte da ETE.

Na segunda etapa ocorreu a caracterização das ações de conservação de água objetivando dois enfoques, primeiramente através da concepção e seleção das ações de conservação de água e posteriormente através da caracterização das ações selecionadas.

Em uma terceira etapa avaliou-se a aplicabilidade de cada ação selecionada anteriormente, através de análises quali-quantitativas impostas pelos usos previstos, além da relação custo-benefício-risco pertinente.

Na quarta etapa desenvolveu-se uma situação inicial para o estabelecimento da hierarquização das ações analisadas nas etapas anteriores. Para o fator econômico foi considerado o custo total anual, também foram avaliados os riscos e impactos ambientais e sanitários e por fim os benefícios, tais como, expansão da vida útil do sistema de abastecimento de água potável (SAAP), possíveis gerações de renda, a economia de água alcançada, além dos benefícios ambientais. Para tanto, tornou-se importante a utilização de ferramentas de Sistemas de Apoio à Decisão. Nesse sentido, adotou-se a Análise Multicritério como o Sistema de Apoio à Decisão referencial para a condução do processo de hierarquização, particularmente o Método AHP. Tal escolha fundamenta-se no fato deste tipo de análise trabalhar com critérios de ordem qualitativas e mensuráveis quantitativamente.

Ainda na quarta etapa, desenvolveram-se simulações adicionais à inicial para avaliar os efeitos das seguintes alterações: variação do peso dos critérios, variação do peso dos sub-critérios, exclusão de sub-critérios, variação das características de algumas ações e também a exclusão de algumas ações.

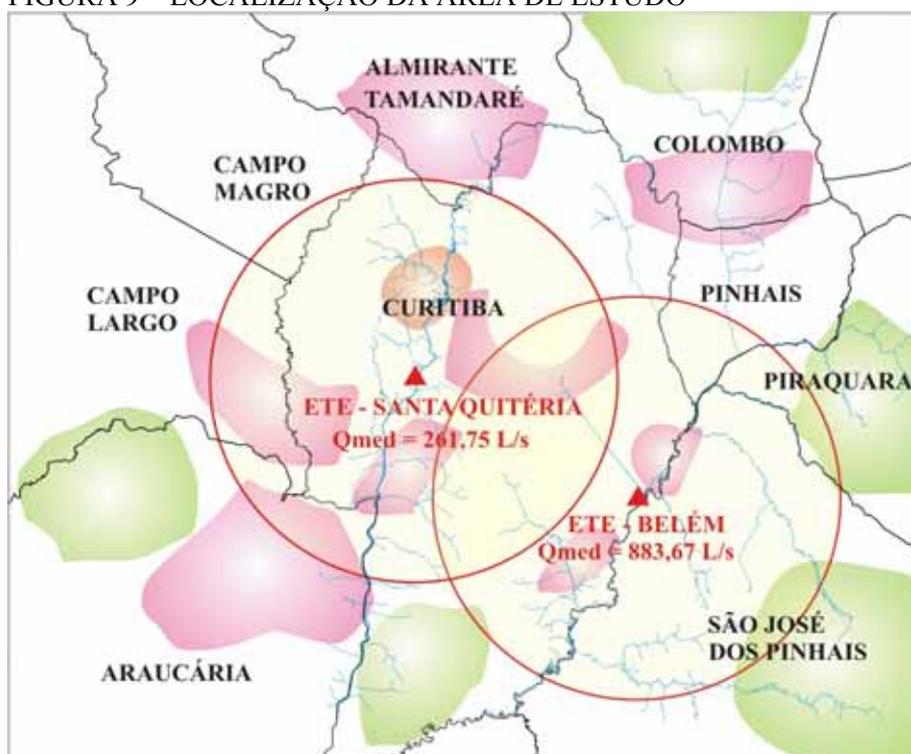
Depois de concluídas as etapas anteriormente descritas, é possível propor um planejamento otimizado que promova a economia esperada e garanta a segurança sanitária. A conclusão destas fases embasará, portanto a confecção do Plano de Conservação da Água, o qual apresentará diretrizes para o gerenciamento de conservação da água no meio urbano, a partir das ações definidas hierarquicamente.

#### 4.2. CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO

A área de abrangência deste estudo é delimitada por um raio de aproximadamente 10 km a partir das ETE's Santa Quitéria e Belém, formando uma área de interseção.

A Figura 9 apresenta o panorama geral da área de estudo, onde as manchas esverdeadas indicam as áreas aproximadas de agricultura, enquanto que as rosadas apontam os pólos industriais e a mancha alaranjada indica uma concentração de ruas e praças que passam por processo de higienização pela PMC. A figura também exhibe as delimitações dos municípios adjacentes a Curitiba, a localização das ETE's, os rios principais e as áreas de abrangências obtidas a partir do raio aproximado de 10 km.

FIGURA 9 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



#### 4.2.1. ETE Santa Quitéria

A ETE Santa Quitéria teve início de operação em 1995, está localizada na sub-bacia do Rio Barigüi, na rua Travessa do Rosário, s/n, no bairro Santa Quitéria. Possui tratamento do tipo anaeróbio, com 06 UASBs em funcionamento, dos 08 previstos para final de plano. Atende a parte oeste de Curitiba e lança seus efluentes no rio Barigüi, a aproximadamente 40 km de sua foz.

Segundo a SANEPAR os dados de projetos da ETE Santa Quitéria são:

- população atendida: 214.118 habitantes;

- vazão média: 420,00 L/s;
- tempo de detenção: 8 horas/reator;
- volume dos reatores: 2.000,00 m<sup>3</sup>/reator; e
- remoção de matéria orgânica: 80%.

A Foto 2 apresenta uma vista aérea da ETE Santa Quitéria.

FOTO 2 –VISTA AÉREA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANTA QUITÉRIA



FONTE: SANEPAR

Fazem parte da área de estudo da ETE Santa Quitéria quatro municípios, nos quais encontram-se 41 indústrias pertencentes a diversos ramos, 38 áreas públicas que passam pelo processo de limpeza, devido à intensa circulação de pedestres, trata-se de 30 ruas onde ocorrem feiras livres e 8 praças ou calçadas onde transitam muitos pedestres, as quais, muitas vezes, são usadas indevidamente como sanitários.

A Tabela 1 apresenta as áreas e a população total dos municípios pertencentes à área de estudo da ETE Santa Quitéria. Também exibe dados da área e da população pertencente somente à área de delimitada pelo raio aproximado de 10 km para esta ETE, os quais foram estimados através de proporção.

TABELA 1 – DADOS REFERENTES À ÁREA PERTENCENTE A ETE SANTA QUITÉRIA

Município	Área do Município (km <sup>2</sup> )	População do Município <sup>1</sup>	Porcentagem da área <sup>2</sup>	Área ETE <sub>SQ</sub> <sup>2</sup> (km <sup>2</sup> )	População ETE <sub>SQ</sub> <sup>2</sup>
Araucária	469.000.000	110.956	4,05	18.994.000	4.494
Campo Largo	1.249.000.000	103.176	2,51	31.355.000	2.590
Campo Magro	275.000.000	24.657	2,63	7.235.000	649
Curitiba	435.000.000	1.727.010	58,98	256.575.265	1.018.639

FONTE: IBGE (2004)

NOTA: Dados organizados pela autora

<sup>1</sup> População estimada para o ano de 2004

<sup>2</sup> Porcentagem, área e população pertencente somente ao raio aproximado de 10 km a partir da ETE Santa Quitéria

#### 4.2.2. ETE Belém

A ETE Belém está localizada na bacia do Alto Iguaçu, no bairro Boqueirão, próximo ao Parque Iguaçu. Ela possui processo de tratamento aeróbio, através da aeração prolongada em valo de oxidação tipo carrousel. Esta ETE atinge ótima qualidade no tratamento do efluente durante a maior parte do tempo, lançando seus efluentes no Rio Iguaçu. Ela atende parte do município de São José dos Pinhais e parte de Curitiba, e teve início de operação em 1980.

Segundo a SANEPAR os dados de projetos são:

- população atendida: 470.000 habitantes;
- vazão média: 852,00 L/s;
- tempo de detenção: 28 horas;
- volume dos reatores: 84.000,00 m<sup>3</sup>; e
- remoção de matéria orgânica: 97%.

A Foto 3 apresenta um panorama da ETE Belém.

FOTO 3 –VISTA AÉREA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELÉM



FONTE: SANEPAR

Fazem parte da área de estudo da ETE Belém quatro municípios, nos quais encontram-se 18 indústrias pertencentes a diversos ramos e 13 ruas onde ocorrem feiras livres.

A Tabela 2 apresenta as áreas e a população total dos municípios pertencentes à área de estudo da ETE Belém. Também exhibe dados da área e da população pertencente somente à área de delimitada pelo raio aproximado de 10 km para esta ETE, os quais foram estimados através de proporção.

TABELA 2 – DADOS REFERENTE À ÁREA PERTENCENTE A ETE BELÉM

Município	Área do Município (km <sup>2</sup> )	População do Município <sup>1</sup>	Porcentagem da área <sup>2</sup>	Área ETE <sub>B</sub> <sup>2</sup> (km <sup>2</sup> )	População ETE <sub>B</sub> <sup>2</sup>
Curitiba	435.000.000	1.727.010	28,14	122.424.265	486.041
Pinhais	61.000.000	117.078	21,14	12.896.000	24.751
Piraquara	228.000.000	94.188	21,30	48.567.000	20.063
São José dos Pinhais	946.000.000	243.750	13,77	130.272.000	33.566

FONTE: IBGE (2004)

NOTA: Dados organizados pela autora

<sup>1</sup> População estimada para o ano de 2004<sup>2</sup> Porcentagem, área e população pertencente somente ao raio aproximado de 10 km a partir da ETE Belém

### **4.2.3. Avaliação da aceitabilidade do usuário**

A avaliação de aceitabilidade foi realizada através do uso de questionários, (Apêndice A), encaminhados por correspondência eletrônica a pessoas com diversos níveis de instrução e profissão. É notório que normalmente a taxa de retorno de questionários é pequena, assim sendo, foram enviados cerca de 250 questionários, dos quais obteve-se resposta de 60, sendo que 9 destes questionários foram descartados por estarem totalmente preenchidos e não demonstrarem credibilidade.

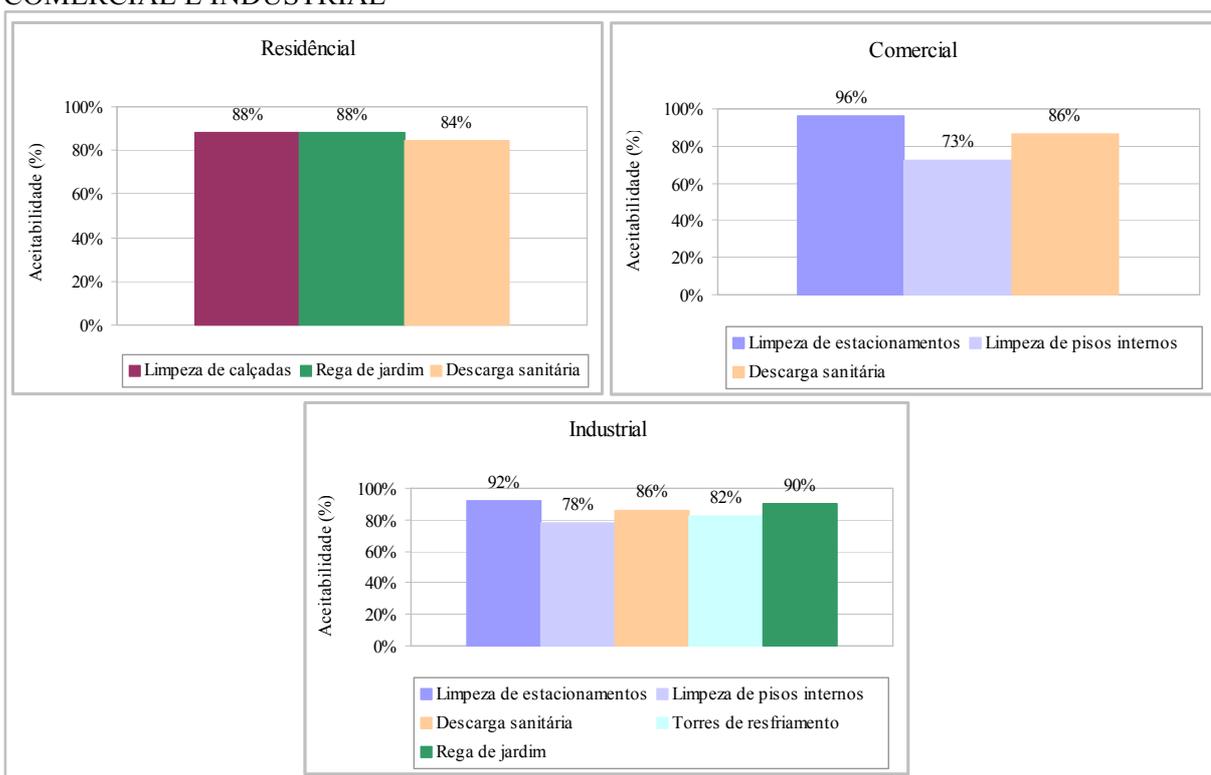
Em geral o público entrevistado possui idade entre 20 e 40 anos, sendo que cerca de 80% dos entrevistados possui escolaridade acima do segundo grau e aproximadamente 20% possui até o primeiro grau completo. Cabe destacar que a maioria dos entrevistados reside em Curitiba. Acredita-se que este perfil obtido de entrevistados é reflexo de uma pesquisa realizada através de correspondência eletrônica, caso as entrevistas tivessem sido realizadas pessoalmente o perfil dos entrevistados poderia ter sido outro. Cabe ainda salientar que o perfil de entrevistados não interferiu no resultado do questionário, pois a intenção deste questionário é apenas a verificação da reação da população sobre o assunto reúso de água, onde se percebeu a necessidade de maiores informações a respeito deste assunto.

Optou-se por criar um questionário pequeno com perguntas abrangentes e de fácil entendimento com o objetivo do recebimento do maior número de respostas possível. Estes questionários foram elaborados com perguntas simples, para que o entrevistado colocasse apenas “x”, nos itens em que concordava.

A finalidade dos questionários foi a verificação da reação da população frente à proposta de reúso de água. Diversos questionários tiveram o campo de sugestões preenchido, o que mostrou uma maior preocupação, por parte do entrevistado com o assunto abordado. Quanto às sugestões, na maior parte das vezes, os entrevistados mostraram-se preocupados com o controle da qualidade da água residuária na saída da ETE e ressaltaram a necessidade de maiores esclarecimentos à população sobre o assunto.

Quanto aos usos residencial, comercial e industrial a aceitabilidade se demonstrou boa, de forma geral obteve-se aprovação acima de 75%, sendo que para alguns usos ela foi superior a 90%. No entanto, notou-se que há variação, para um mesmo uso, de acordo com o setor em que a água é reutilizada. O Gráfico 2 apresenta as porcentagens de aprovação da água de reúso para os três setores.

GRÁFICO 2 – ACEITABILIDADE PÚBLICA PARA OS SETORES RESIDENCIAL, COMERCIAL E INDUSTRIAL



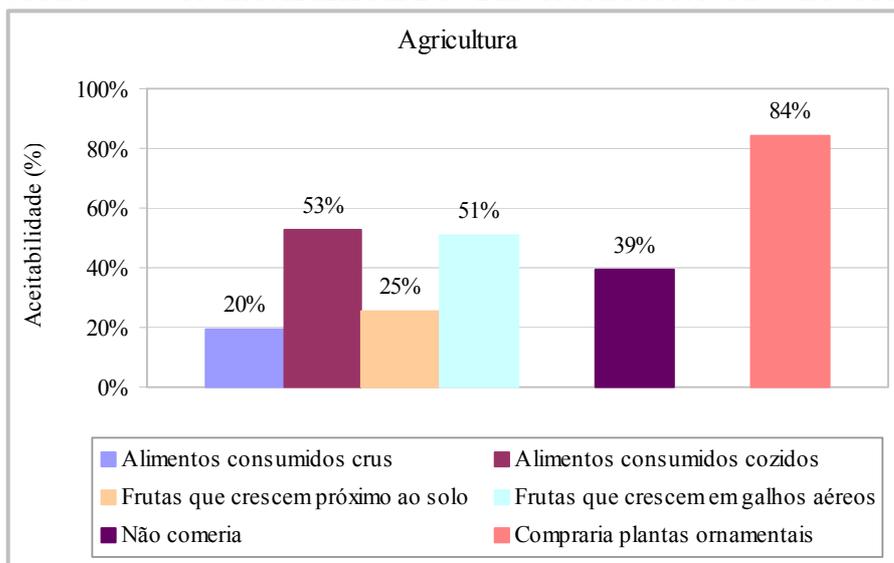
Já, quanto à agricultura, os entrevistados mostraram-se receosos. Apenas 20% dos entrevistados aceitam consumir alimentos crus irrigados com água de reúso. Ao passo que quando os alimentos podem ser consumidos cozidos a aceitabilidade aumenta em 33%, perfazendo um total de 53%.

Ao se questionar a respeito do consumo de frutas o resultado encontrado foi semelhante ao dos outros alimentos. Apenas 25% dos entrevistados aceitam consumir frutas que crescem próximas do solo, enquanto que 51% dos entrevistados aprovam o consumo de frutas que crescem em galhos aéreos, as quais não têm contato direto com a água de reúso.

Ressalta-se, no entanto que 39% dos entrevistados afirmaram que não comeriam nenhum tipo de alimento irrigado com água de reúso. Ao passo que 84% afirmaram que compraria plantas ornamentais irrigadas com este tipo de água.

O Gráfico 3 ilustra os fatos mencionados anteriormente.

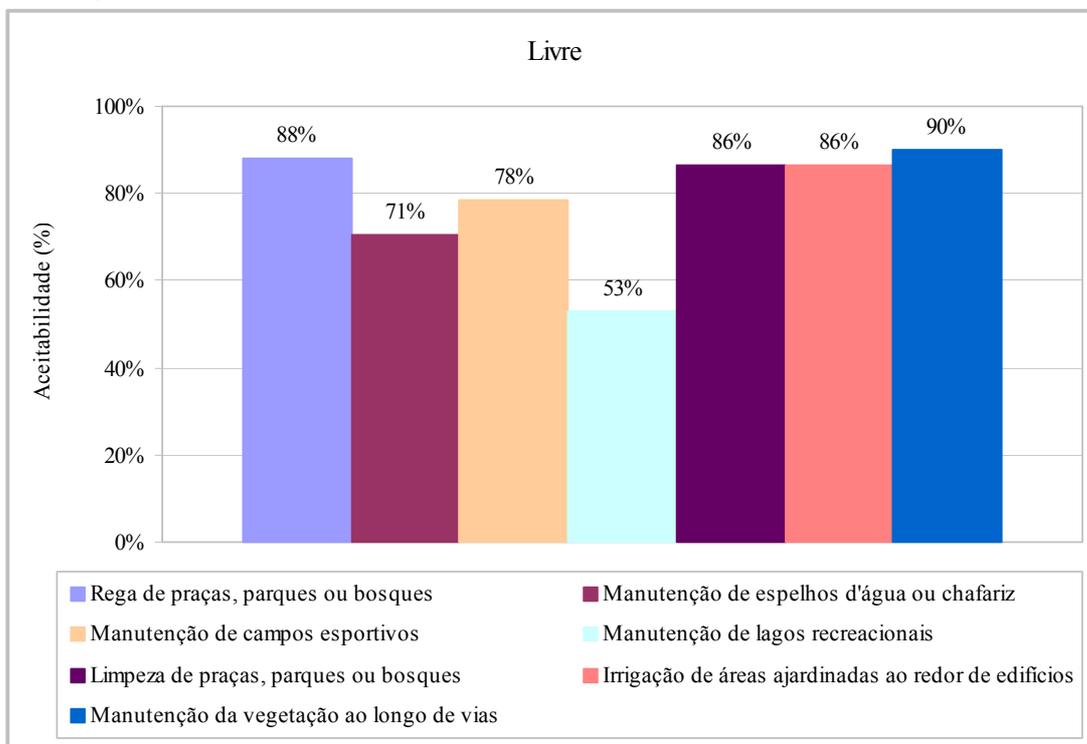
GRÁFICO 3 – ACEITABILIDADE PÚBLICA PARA A AGRICULTURA



Quando indagado a respeito da aceitabilidade de água residuária em atividades realizadas em meios públicos (livre), tais como a rega de praças, parques e bosques, manutenções de campos esportivos ou espelhos d'água, entre outros, obteve-se uma boa aceitabilidade, em média superior a 80%. No entanto, no que se refere à manutenção de lagos recreacionais houve rejeição por parte de 47%, dos entrevistados.

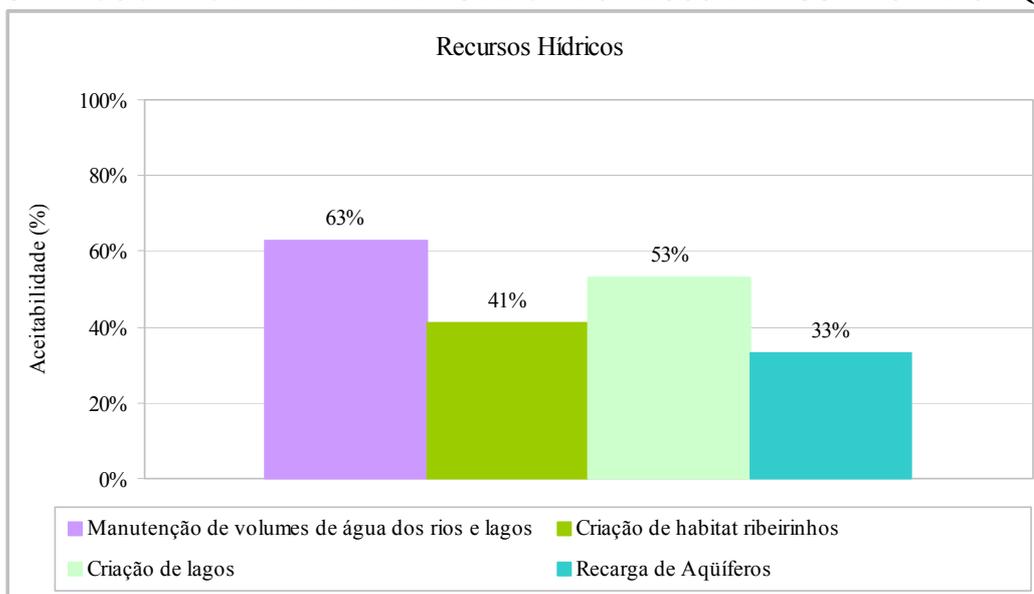
O Gráfico 4 apresenta a situação descrita anteriormente.

GRÁFICO 4 – ACEITABILIDADE PÚBLICA PARA O USO DA ÁGUA DE REÚSO EM ÁREAS LIVRES



No entanto, os entrevistados mostraram-se reticentes a aprovação do uso da água de reúso em meios aquáticos, conforme mostrado no Gráfico 5. A manutenção de volumes de água dos rios e lagos recebeu apenas 63% da aceitação pública. Considera-se que esta porcentagem poderia ser maior, caso a população obtivesse maiores informações a este respeito, uma vez que é prática comum das ETE's o lançamento de efluentes tratados em corpos receptores.

GRÁFICO 5 – ACEITABILIDADE PÚBLICA DO REÚSO DE ÁGUA NO MEIO AQUÁTICO

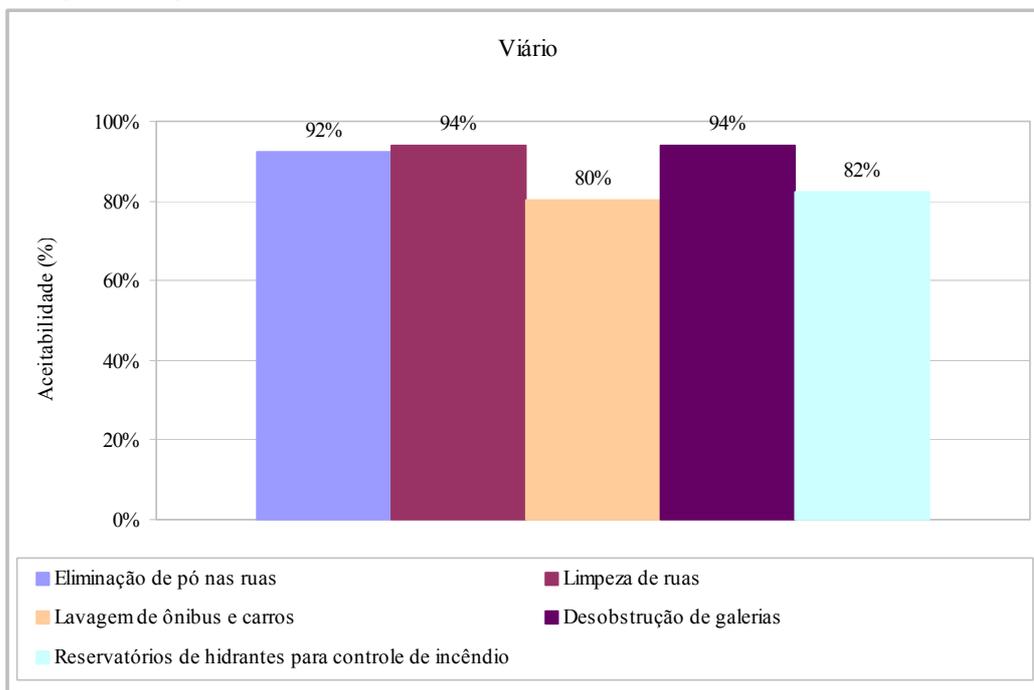


Da mesma forma, houve rejeição quanto ao uso da água de reúso para dessedentação de animais, criação e consumo de peixes. Estes usos obtiveram porcentagem de aceitação de 29% para a dessedentação de animais e apenas 18% para a criação e consumo de peixes.

Ao se questionar a aceitabilidade quanto ao aproveitamento da água de reúso como adubo para irrigação, obteve-se apenas 67% de aprovação. Acredita-se que esta porcentagem poderia ser maior, caso os entrevistados conhecessem as vantagens atribuídas ao solo e aos produtos irrigados com água residuária, caso administrada de forma adequada.

Não obstante, os entrevistados mostraram-se adeptos ao uso da água de reúso na eliminação de pó nas ruas, na limpeza de ruas, lavagem de ônibus e carros, em seu uso para controle de incêndio e desobstrução de galerias. A porcentagem da aceitabilidade foi superior a 80%, para todos os usos conforme apresentado no Gráfico 6.

GRÁFICO 6 – ACEITABILIDADE PÚBLICA QUANTO AO USO DA ÁGUA DE REÚSO NO MEIO VIÁRIO



Por fim, procurou-se saber qual o valor que os entrevistados estariam dispostos a pagar pela água de reúso. Praticamente a metade dos entrevistados se demonstrou disposta a pagar 25% do valor da água potável. Ao passo que 35% afirmaram que pagariam 50% do valor da água potável. Já, os 22% restantes estão distribuídos da seguinte forma: 4% pagariam pela água de reúso o mesmo valor da água potável, 10% pagariam 75% deste valor e apenas 8% expressaram-se contra o pagamento pela utilização da água de reúso.

De um modo geral, percebe-se que os usos que obtiveram maior aceitabilidade são aqueles em que não há contato direto da água de reúso com o público. Nota-se também que devido à falta de esclarecimentos alguns usos foram rejeitados ou não atingiram a aceitabilidade esperada.

#### 4.2.4. Análise Quantitativa da Demanda de Água

As indústrias citadas nos Quadros 24, 25 e 26 foram levantadas por GIORDANI (2002) e são consideradas as principais indústrias com vazões

significativas na região de estudo. É importante destacar que estas vazões são somente para torres de resfriamento. Isto posto, o Quadro 24 exhibe as indústrias pertencentes ao raio aproximado de 10 km da área de abrangência da ETE Santa Quitéria.

QUADRO 24 – DADOS DAS INDÚSTRIAS PERTENCENTES A ETE SANTA QUITÉRIA

Nº	Indústria	Setor	Vazão de Resfriamento (L/s)
1	Brafer	Construções metálicas	0,61
2	Novo Nordisk	Bioindustrial	1,93
3	Becton Dicknson	Cirurgico	0,67
4	Inepar	Equipamentos elétricos	0,43
5	Esquipar	Químico	1,69
6	Plastipar	Embalagens	2,33
7	Selectas	Alimentício	0,24
8	Bosch	Maquinário e eletrodomésticos	3,02
9	Isdralit	Fibrocimento	1,74
10	Charlex	Textil	2,75
11	Peróxidos	Químico	9,67
12	Alba	Químico	4,51
13	White Martins	Gases industriais	1,10
14	Furukawa	Produtos elétricos	0,96
15	Pepsico	Indústria de bebidas	3,28
16	Kvaerner	Alimentos	0,31
17	New Holland	Maquinário para agricultura	1,48
18	Cocelpa	Indústria papelreira	53,61
19	Tortuga	Produtos de borracha	0,69
20	Repar	Refinaria de óleo	228,22
21	Van Lerr	Indústria de embalagens	2,11
22	Quimilaus	Indústria química	0,03
23	Imcopa	Import. e export. de óleo	6,69
24	Dyno	Indústria química	3,05
25	Berneck	Aglomerados	0,93
26	Diamantina Fossanese	Acessórios para vestuários	0,23
27	Tecpar	Pesquisas laboratoriais	0,19
28	Centralpar	Cooperativa de alimentos	2,14
29	Betontex	Concreto	0,35
30	Antartica Polar	Bebidas	0,74
31	Volvo	Montadora de veículos	2,22
32	Trombini 1	Papeleiro	12,23
33	Trombini 2	Serraria	0,75
34	Bel Paladar	Alimentício	0,09
35	Horlle	Papeleiro	1,81

FONTE: GIORDANI (2002)

Cabe salientar que as maiores vazões de resfriamento são as das indústrias Repar e Cocelpa com 228,22 e 53,61 L/s, ao passo que as demais indústrias apresentam vazão média aproximada de 2,20 L/s.

Já o Quadro 25 apresenta as indústrias pertencentes à área de interseção das ETE's Santa Quitéria e Belém. A maior vazão de resfriamento é apresentada pela indústria Eletrolux, aproximadamente 3,50 L/s, as demais vazões são consideradas pequenas.

QUADRO 25 – DADOS DAS INDÚSTRIAS PERTENCENTES A ÁREA DE INTERSEÇÃO

Nº	Indústria	Setor	Vazão de Resfriamento (L/s)
36	Eletrolux	Eletrodomésticos	3,54
37	Paranaense	---	0,33
38	Quimofram	Químico	0,05
39	Trevo	Químico	1,31
40	Anaconda	Alimentício	0,15
41	Grés	Cerâmico	0,01
42	Diana	Alimentício	0,81

FONTE: GIORDANI (2002)

Por fim, o Quadro 26 exhibe a relação de indústrias pertencentes à área de atuação da ETE Belém. Entre as indústrias listadas destacam-se a Iguazú Celulose e a Britânia, com 9,39 e 7,04 L/s, respectivamente.

QUADRO 26 – DADOS DAS INDÚSTRIAS PERTENCENTES A ETE BELÉM

Nº	Indústria	Setor	Vazão de Resfriamento (L/s)
43	Brasholandia	Equipamentos Industriais	1,33
44	Spaipa	Bebidas	5,55
45	Multilift	Fibrocimento	0,44
46	Boticário	Farmacêutico	0,61
47	Britânia	Eletrodomésticos	7,04
48	Nutritional	Alimentícios	1,85
49	Sol	Bebidas	0,06
50	Iguazú Celulose	Papeleiro	9,39
51	Benetton	Indústria Textil	0,87
52	Bardusch	Indústria Textil	0,98
53	Cia Providência (SJP)	Tubos e tecidos	1,04

FONTE: GIORDANI (2002)

Da mesma forma é apresentado no Quadro 27 a relação de locais que atualmente passam pelo processo de limpeza pública. Fazem parte desta listagem locais de feira livre e praças ou calçadas transitadas por pedestres, as quais são

utilizadas indevidamente como sanitário. A Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC), realiza a higienização destes locais com o auxílio de caminhão pipa e água potável.

QUADRO 27 – LOCAIS QUE PASSAM POR PROCESSO DE LIMPEZA PÚBLICA

Local	Nº	Local	Bairros
Santa Quitéria	1	Rua Colombo	Ahú
	2	Rua Alberto Bolliger	Juvevê
	3	Rua São Domingos	Pilarzinho
	4	Rua Henrique Itiberê da Cunha	Bom Retiro
	5	Rua Duque de Caxias	São Francisco
	6	Praça 29 de Março	Mercês
	7	Rua D. Pedro II	Batel
	8	Rua Aristides Athayde Junior	Bigorrião
	9*	Passeio Público	Centro
	10*	Rodoferroviária	Centro
	11*	Praça Rui Barbosa	Centro
	12*	Praça Santos Andrade	Centro
	13*	Boca Maldita	Centro
	14*	Agência Central do Correio	Centro
	15*	Largo da Ordem	Centro
	16*	Catedral	Centro
	26	Rua João Dembinski	Campo Comprido
	27	Rua Maria Homan Wisniewski	CIC
	28	Rua Fernando de Souza Costa	Fazendinha
	Interseção	29	Rua Rio do Sul
30		Rua Professor João Argemiro de Loyola	Seminário
31		Rua Fábio de Souza	Santa Quitéria
32		Rua Professor Dario Velozo	Vila Isabel
33		Rua Neuraci Neves do Nascimento	Santa Felicidade
34		Rua Albino Potulski	Santo Inácio
35		Rua Pedro Hansaul	Portão
17		Rua do Herval	Cristo Rei
18		Rua Nunes Machado	Rebouças
19		Rua Coronel Dulcídio	Água Verde
20		Rua Francisco Nunes	Rebouças
21		Rua Coronel João da Silva Sampaio	Jardim Botânico
22	Rua Rio de Janeiro	Vila Guaira	
23	Rua D. Pedro I	Água Verde	
24	Rua Teodorico Gonçalves Guimarães	Vila Fanny	
25	Praça Joaquim Menelau de Almeida Torres	Hauer	
36	Rua Coronel José Carvalho de Oliveira	Uberaba	
37	Rua Cascavel	Xaxim	
38	Rua Gabriel Corisco Domingues	Boqueirão	
Belém	39	Rua Carlos Essfelder	Boqueirão

FONTE: CURITIBA (2004)

NOTA: \* Locais utilizados indevidamente como sanitários clandestinos

De acordo com citações de GIORDANI (2002), são utilizados cerca de 0,37 L/s de água potável na limpeza rotineira dos locais onde ocorrem feiras livres, e

regularmente em locais públicos utilizados indevidamente como sanitários. Esta autora ainda descreve o processo de lavagem realizado pela PMC, o qual consta de seis serventes que utilizam água, sabão e vassoura para realização da higienização dos locais. Deve-se salientar que a limpeza de ruas é praticada somente em Curitiba, pois os demais municípios consideram este tipo de serviço dispensável.

Já, o caso do setor agrícola é diferente, não é possível quantificar a agricultura da forma como foi apresentado o setor industrial e de limpeza, uma vez que ela encontra-se dispersa na região de estudo. Diante deste fato, optou-se por trabalhar com valores médios estimados, a partir de dados do IBGE (2004). Segundo este órgão as culturas mais representativas na região são arroz, feijão, milho, soja e trigo.

Para conhecer o consumo de água aproximado das culturas consultou-se a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), onde se obteve a informação de que as culturas dependem das condições de clima, principalmente quanto à temperatura e umidade do ar, tipo do solo, espécie e estado de desenvolvimento da planta. Quanto à soja, foi informado que por enquanto, a irrigação dessa cultura não é economicamente viável, pois ela é uma planta bastante rústica e a estiagem dificilmente consegue afetá-la a ponto de comprometer a produção, desta forma não compensa investir altos valores com projetos de irrigação.

Para o cálculo do consumo médio de água das culturas adotou-se os dados citados por LIMA et al. (sem data), citando a PLANVASF<sup>6</sup> (1989). Cabe destacar que estes dados refletem a situação do nordeste do Brasil e, portanto as necessidades de água das culturas na região de Curitiba são menores que as do nordeste, isto devido a diferença de índice pluviométrico entre as duas regiões.

O Quadro 28 apresenta o consumo de água por hectare para diferentes culturas em um ano.

---

<sup>6</sup> CODEVASF; SUDENE; OEA. Plano diretor para o desenvolvimento do Vale do São Francisco, PLANVASF, 192 P, 1989.

QUADRO 28 – CONSUMO DE ÁGUA PARA DIFERENTES CULTURAS EM UM ANO

Culturas	Consumo de água (m <sup>3</sup> /ha)
Arroz (inundado)	19.862
Feijão	4.573
Milho	6.057
Soja	2.824
Trigo	3.640

FONTE: LIMA et al.

As áreas totais dos plantios destas culturas, para a área circunscrita pelo raio aproximado de 10 km, foram estimadas através de proporção. Do mesmo modo, com o auxílio do Quadro 28 foi obtido o consumo médio de água.

Assim sendo, as Tabelas 3 e 4 exibem o consumo médio de água para cada cultura, de acordo com cada município.

TABELA 3 – DADOS DA AGRICULTURA PARA A ETE SANTA QUITÉRIA

Município/ Agricultura	Área Plantada (ha)		Consumo de água (L/s)
	Dados IBGE (2004)	Área da ETE*	
<b>Araucária</b>			
Arroz (inundado)	4.550	184,27	116,06
Feijão	4.550	184,27	26,72
Milho	14.500	587,23	112,79
Soja	600	24,30	2,18
Trigo	1.700	68,85	7,95
<b>Total</b>			<b>265,69</b>
<b>Campo Largo</b>			
Arroz (inundado)	5.350	134,31	84,59
Feijão	5.350	134,31	84,59
Milho	15.100	379,07	238,75
Soja	350	8,79	5,53
Trigo	280	7,03	4,43
<b>Total</b>			<b>417,89</b>
<b>Campo Magro</b>			
Arroz (inundado)	2.650	69,72	43,91
Feijão	2.650	69,72	43,91
Milho	4.150	109,18	68,77
Soja	50	1,32	0,83
Trigo	60	1,58	0,99
<b>Total</b>			<b>158,41</b>

Continua na próxima página

Conclusão da Tabela 3

Município/ Agricultura	Área Plantada (ha)		Consumo de água (L/s)
	Dados IBGE (2004)	Área da ETE*	
<b>Curitiba (Santa Quitéria)</b>			
Arroz (inundado)	25	14,75	9,29
Feijão	25	14,75	9,29
Milho	170	100,27	63,15
Soja	0	0,00	0,00
Trigo	10	5,90	3,71
<b>Total</b>			<b>85,44</b>

NOTA: Dados organizados pela autora

\* Área circunscrita pelo raio aproximado de 10 km

TABELA 4 – DADOS DA AGRICULTURA PARA A ETE BELÉM

Município/ Agricultura	Área Plantada (ha)		Consumo de água (L/s)
	Dados IBGE (2004)	Área da ETE*	
<b>Curitiba</b>			
Arroz (inundado)	2.650	745,80	469,72
Feijão	4.150	1.167,96	735,60
Milho	50	14,07	8,86
Soja	60	16,89	10,64
Trigo	0	0,00	0,00
<b>Total</b>			<b>1.224,82</b>
<b>Pinhais</b>			
Arroz (inundado)	10	2,11	1,33
Feijão	10	2,11	1,33
Milho	150	31,71	19,97
Soja	0	0,00	0,00
Trigo	0	0,00	0,00
<b>Total</b>			<b>22,64</b>
<b>Piraquara</b>			
Arroz (inundado)	230	48,99	30,86
Feijão	230	48,99	30,86
Milho	420	89,47	56,35
Soja	85	18,11	11,40
Trigo	0	0,00	0,00
<b>Total</b>			<b>129,46</b>
<b>São José dos Pinhais</b>			
Arroz (inundado)	1.565	215,51	135,73
Feijão	1.565	215,51	135,73
Milho	6.650	915,76	576,76
Soja	50	6,89	4,34
Trigo	120	16,52	10,41
<b>Total</b>			<b>862,98</b>

NOTA: Dados organizados pela autora

\* Área circunscrita pelo raio aproximado de 10 km

Já no que tange a reutilização da água cinza nas residências, LOBATO (2005), cita um tempo médio para banho de 10 minutos e uma vazão para o chuveiro de 15 L/min. Diante deste contexto criou-se a Tabela 5, a qual apresenta os dados para os municípios que fazem parte da área de abrangência, das ETE's Santa Quitéria e Belém.

TABELA 5 – DADOS PARA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA

ETE	Município	População Total	% da ETE <sup>1</sup>	População da área da ETE <sup>2</sup>	Consumo de Água (L/s)
Santa Quitéria	Araucária	110.956	4,05	4.494	7,80
	Campo Largo	103.176	2,51	2.590	4,50
	Campo Magro	24.657	2,63	649	1,13
	Curitiba (Santa Quitéria)	1.727.010	58,98	1.018.639	1.768,47
<b>Total</b>					<b>1.781,90</b>
Belém	Curitiba (Belém)	1.727.010	28,14	486.041	843,82
	Pinhais	117.078	21,14	24.751	42,97
	Piraquara	94.188	21,30	20.063	34,83
	São José dos Pinhais	243.750	13,77	33.566	58,27
<b>Total</b>					<b>979,90</b>

NOTA: Dados trabalhados pela autora

<sup>1</sup> Porcentagem aproximada que faz parte da área de estudo circunscrita pelo raio aproximado de 10 km

<sup>2</sup> População pertencente a área de estudo circunscrita pelo raio aproximado de 10 km

#### 4.2.5. Análise Qualitativa da Oferta de Água Residuária

A análise da qualidade da água residuária, das ETE's em estudo, foi realizada com base no Boletim Anual de Controle Operacional das ETE's Belém e Santa Quitéria do ano de 2004, fornecido pela SANEPAR. O pós-tratamento apresenta as características citadas no Quadro 29, sendo que os Boletins completos encontram-se no Anexo A.

QUADRO 29 – PARÂMETROS DO EFLUENTE DAS ETE's SANTA QUITÉRIA E BELÉM

ETE	Parâmetros	Máximo	Médio	Mínimo
Santa Quitéria	Vazão (L/s)	356,10	261,75	188,00
	DQO (mg/L)	212,00	159,12	129,00
	DBO (mg/L)	88,33	65,13	52,50
	Sólidos Suspensos (mg/L)	86,00	61,48	33,50
	Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	1,08	0,43	0,13
	PH	7,53	7,10	6,87
Belém	Vazão (L/s)	964,00	883,67	808,00
	DQO (mg/L)	51,00	31,75	16,00
	DBO (mg/L)	16,00	5,92	3,00
	Sólidos Suspensos (mg/L)	36,30	15,58	2,40
	Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	5,90	1,66	0,10
	pH	7,40	6,93	6,60

FONTE: SANEPAR (2004)

Isto posto, procurou-se comparar os dados do Quadro 29 com os parâmetros citados no Quadro 8, critérios da EPA (2004). Apesar dos critérios da EPA serem mais restritivos que os da OMS optou-se por adotá-los, uma vez que se considerou que o cumprimento de diretrizes mais restritivas pode favorecer a aceitabilidade perante os usuários além de diminuir os riscos impostos pela prática do reúso de água. No entanto espera-se que após a consolidação da prática do reúso de água possa haver uma maior flexibilização dos critérios adotados.

Quanto à análise dos dados da água residuária proveniente da ETE Santa Quitéria, percebe-se que ela não atende a nenhum uso, por exemplo, a DBO média de seu efluente é 65,13 mg/L. De acordo com a EPA (2004) a DBO máxima permitida é de 30 mg/L para usos menos restritivos, como é o caso do uso industrial para torres de resfriamento. Enquanto que para usos mais restritivos este valor chega a 10 mg/L, caso de lagos recreacionais, por exemplo. Seguindo a mesma metodologia de análise, o efluente desta ETE não atende aos demais parâmetros citados pela EPA (2004).

Diante destas observações será necessária a implantação de um sistema de pós-tratamento para adequação dos parâmetros aos usos. Cabe aqui ressaltar que não

foi realizada análise para coliformes fecais, uma vez que a SANEPAR não faz este tipo de análise atualmente. Neste caso é importante a inclusão de um sistema complementar de tratamento, como por exemplo, um sistema de lodo ativado compacto e um sistema de desinfecção.

Já, a ETE Belém, a qual possui sistema de lodos ativados, fornece um efluente com melhor qualidade, quando comparado com o da ETE Santa Quitéria. A DBO desta ETE é em média 5,92 mg/L, atendendo, desta forma, os parâmetros impostos para os diversos usos. Seguindo tal premissa, os demais parâmetros também são atendidos. Assim como a ETE Santa Quitéria, esta ETE também não possui análise para coliformes fecais, sendo, portanto indicada à implantação de um sistema de desinfecção.

#### 4.3. CARACTERIZAÇÃO DAS AÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

O processo de caracterização das ações de conservação de água está baseado na concepção, critérios de seleção, caracterização das ações selecionadas e descrição destas ações escolhidas.

##### 4.3.1. Concepção das ações de reúso de água

Primeiramente, procurou-se classificar os usos em quatro categorias, sendo elas: a produção de alimentos, os serviços urbanos, o industrial e o ambiental. Posteriormente, foram determinados os setores de aplicação para cada uso, para finalmente estabelecer o uso para cada setor. Na seqüência é apresentada toda esta estrutura.

- Produção de alimentos
  - Agricultura
    - cultivo de alimentos consumidos crus;
    - cultivo de alimentos consumidos cozidos;
    - cultivo de frutas provenientes de grandes árvores;
    - cultivo de plantas ornamentais;

- Piscicultura
- Serviços urbanos
  - Higiene em áreas públicas
    - limpeza de calçadas;
    - limpeza de praças, parques e bosques;
    - limpeza de ruas;
  - Higiene em áreas privadas
    - limpeza de estacionamento e pisos internos;
    - lavagem de veículos;
    - descarga sanitária em edificações;
  - Operação / manutenção da infraestrutura
    - manutenção de espelhos d'água e chafariz;
    - eliminação de pó;
    - desobstrução de galerias;
    - reservatório de hidrantes para controle de incêndio;
    - manutenção de vegetação ao longo das vias;
  - Serviços públicos de irrigação
    - irrigação de jardim;
    - irrigação de praças, parques e bosques;
    - irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios;
    - manutenção de campos esportivos;
- Industrial
  - alimentação de caldeiras;
  - torres de resfriamento;
  - processos industriais (reciclagem);
  - higienização de ambiente;
- Ambiental
  - Preservação do ciclo hidrológico;
    - manutenção de lagos recreacionais;
    - manutenção da vazão de rios e lagos;
    - recarga de aquíferos;

- Conservação e preservação
  - dessedentação de animais;
  - manutenção de flora e fauna local;
  - melhoria na qualidade da água do corpo receptor;
- Intervenção no habitat natural
  - criação de habitat ribeirinho;
  - criação de lagos;
  - reflorestamento;

De posse da classificação acima e de um mapa com a localização das possíveis demandas (ver Apêndice C), foram idealizados os possíveis cenários de atendimento com a água de reúso. Procurou-se identificar pólos industriais, aglomerados de ruas que necessitam higienização, pontos localizados de agricultura embora dispersos. Os cenários contam com diferentes formas de fornecimento da água de reúso, isto é, somente caminhão, somente rede, o uso de hidrantes e a combinação destas formas de distribuição.

Diante deste contexto, foram listadas 52 possíveis ações para as áreas que circunscrevem as duas ETE's. O Apêndice B apresenta a relação de todos os cenários idealizados.

#### **4.3.2. Seleção das Ações de Conservação de Água**

Uma fase de grande importância do trabalho é a seleção das ações idealizadas anteriormente. Este procedimento foi realizado conforme a descrição que segue.

##### **4.3.2.1. Critérios de seleção**

De posse das 52 possíveis ações, conforme já destacado, fez-se necessário realizar uma seleção das ações mais atrativas. Essa análise foi realizada de forma simplificada tendo como base os quesitos que seguem, sendo que muitos deles foram analisados conjuntamente.

- ♦ Aceitabilidade do usuário

Este tipo de análise foi realizada através da aplicação do questionário de aceitabilidade pública dos usos da água de reúso (Apêndice A).

Frente aos dados obtidos com os questionários, apurou-se que ações como irrigação de alimentos consumidos crus, frutas que crescem próximo do solo e o consumo de peixes apresentaram alto índice de rejeição perante aos entrevistados, conforme mencionado no item 4.2.3, sendo portanto descartadas.

Um uso caracterizado com grande potencial de utilização da água de reúso é a manutenção do lago recreacional do Parque Náutico, ação 49, exibida no Apêndice B, no entanto este uso foi excluído devido à rejeição dos entrevistados.

- ♦ Magnitude da vazão

Os grupos de ações que apresentaram vazões muito baixas foram automaticamente descartados, uma vez que para justificar o reúso de água é necessário comprovar um consumo de água expressivo.

Desta forma, algumas ações pertencentes à área de abrangência da ETE Santa Quitéria foram descartadas, tais como as de número 9 e 10, de uso industrial, com vazões de 4,71 e 1,16 L/s, respectivamente. Também foram excluídas as ações de número 20 a 25, por se tratar de usos urbanos com vazões entre 0,02 e 1,62 L/s.

Já na área de abrangência da ETE Belém, não foi diferente, foram excluídas as ações de serviços urbanos, 44 e 45, com vazão igual a 0,01 L/s e a ação 52, conjunto de usos industrial e urbano, por apresentar uma vazão aproximada de 6,25 L/s.

- ♦ Magnitude de distância

A distância é um fator preponderante na tomada de decisão, uma vez que grandes distâncias entre o ponto de consumo e a ETE dificultam a implantação da ação,

independente da forma como a água de reúso irá chegar ao ponto consumidor, isto é, por caminhão ou rede.

Considerando que as ações não se encontram muito próximas das ETE's, tem-se, portanto um fator limitante, o qual, aliado a outros, como os custos de implantação e as vazões de demanda, causam a inviabilidade de uma série de ações.

- ♦ Densidade de possíveis usuários

No caso de indústrias, a densidade pode ser denominada “pólo industrial”. A proximidade entre os possíveis usuários é de suma importância, uma vez que facilita a prática de reúso, viabilizando os custos de implantação.

Algumas ações foram privilegiadas devido à formação de pólos, é o caso da ação 11, onde há 25 indústrias com uma vazão de demanda aproximada de 332,05 L/s.

- ♦ Engajamento dos possíveis usuários

Por se tratar de uma ação que envolve a sensibilização do usuário, há a necessidade de um programa de esclarecimentos para a promoção de mudança de hábitos. Neste sentido, sugere-se o uso de palestras e cartilhas explicativas, salientando-se os ganhos ambientais, sociais e econômicos, além dos riscos sanitários que esta prática propicia.

As ações que podem ser privilegiadas com tais ações educativas são o uso da água cinza em residências (ações 26 e 47), além de ações que envolvem indústrias e agricultura.

- ♦ Qualidade do efluente fornecido pela ETE

Faz-se necessário uma análise da qualidade do efluente fornecido pela ETE e a comparação com os possíveis usos e suas qualidades requeridas.

- ♦ Custos de implantação do sistema

Constam do levantamento de custos para implantação de reservatórios, adutoras, redes de abastecimento e estações elevatórias. No entanto, na fase de seleção foram considerados valores simplificados, somente para a exclusão de ações que teriam custo exagerado de implantação quando comparados com os benefícios que seriam propiciados.

Neste sentido, foram eliminadas as ações 37, 38 e semelhantes, compostas por apenas três indústrias e com vazão de demanda considerada muito pequena.

- ♦ Avaliação técnica preliminar

Toda avaliação técnica preliminar levou em consideração itens avaliados anteriormente, como é o caso da distância entre a ETE e o ponto consumidor, a logística necessária para atender a demanda, a densidade dos usuários, entre outros.

- ♦ Análise das condições de autodepuração dos Rios Iguaçu e Barigüi

De posse de dados dos rios citados, tais como: vazão, profundidade, velocidade, temperatura, DBO e OD foi realizado um estudo de autodepuração. Foram executadas simulações para verificar o comportamento deles, com e sem o lançamento de efluente, após tratamento na ETE.

Este estudo foi fundamental para verificar se o lançamento do efluente traz benefícios ao corpo receptor, como o antecipamento de sua autodepuração e conseqüentemente, o aumento da vazão favorecendo as comunidades à jusante. Ele serviu de instrumento para a análise de seleção das ações 31, 32, 50 e 51.

Assim, de acordo com a Portaria, da antiga SUREHMA, nº 020/92 de 12 de maio de 1992, a bacia do Iguaçu está enquadrada da forma como segue.

*Art. 1º - Todos os cursos d'água da Bacia do Rio Iguaçu, de domínio do Estado do Paraná, pertencem à classe "2".*

*Art. 2º - Constitui exceção ao enquadramento constante no Art. 1º.*

*VII – Rio Barigüi, contribuinte da margem direita do Rio Iguaçu, à jusante do Parque Barigüi, município de Curitiba, que pertence à classe "3".*

Cabe salientar que a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA estabelece para a classe 2 as águas que podem ser destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário, tais como natação, esqui-aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- à aquicultura e à atividade de pesca.

Enquanto que para a classe 3 está Resolução estabelece que as águas podem ser destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- à pesca amadora;
- à recreação de contato secundário; e
- à dessedentação de animais.

a) Análise sobre a bacia do Rio Iguaçu

O principal rio da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), nasce nas proximidades do limite dos municípios de Curitiba, Pinhais e São José dos Pinhais. Na maior parte de seu percurso na RMC, o Iguaçu, possui seção transversal com largura da ordem de 30 m e profundidade média de 3 m, com uma capacidade média de escoamento de 60 m<sup>3</sup>/s e apresentando declividades baixas, variando entre 0,2 e 0,3 m/km (SUDERHSA, 2000).

Os dados citados no Quadro 30, fornecidos pela SUDERHSA, foram coletados na estação denominada “ETE-Sanepar”, localizada no ponto de lançamento da ETE Belém, sendo que estes dados foram coletados em 08/04/2002.

QUADRO 30 – DADOS DO RIO IGUAÇU

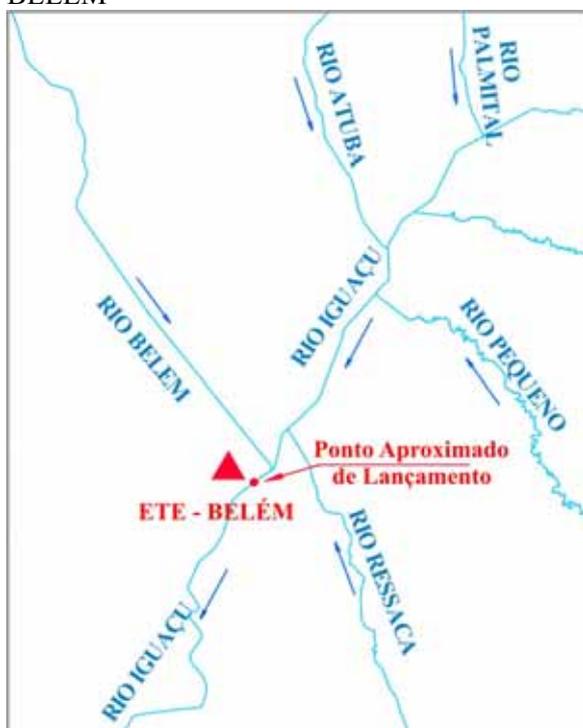
Parâmetros	Valor
Vazão (L/s)	850*
OD (mg/L O <sub>2</sub> )	1,4
DBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	8,3
T (°C)	23

FONTE: SUDERHSA (2000)

NOTA: \* Considerou-se o Q<sub>95</sub>, valor fornecido pelo PLANO DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA DA BACIA DO ALTO IGUAÇU (2000)

A Figura 10 exhibe o local aproximado onde a ETE Belém lança seu efluente no Rio Iguaçú.

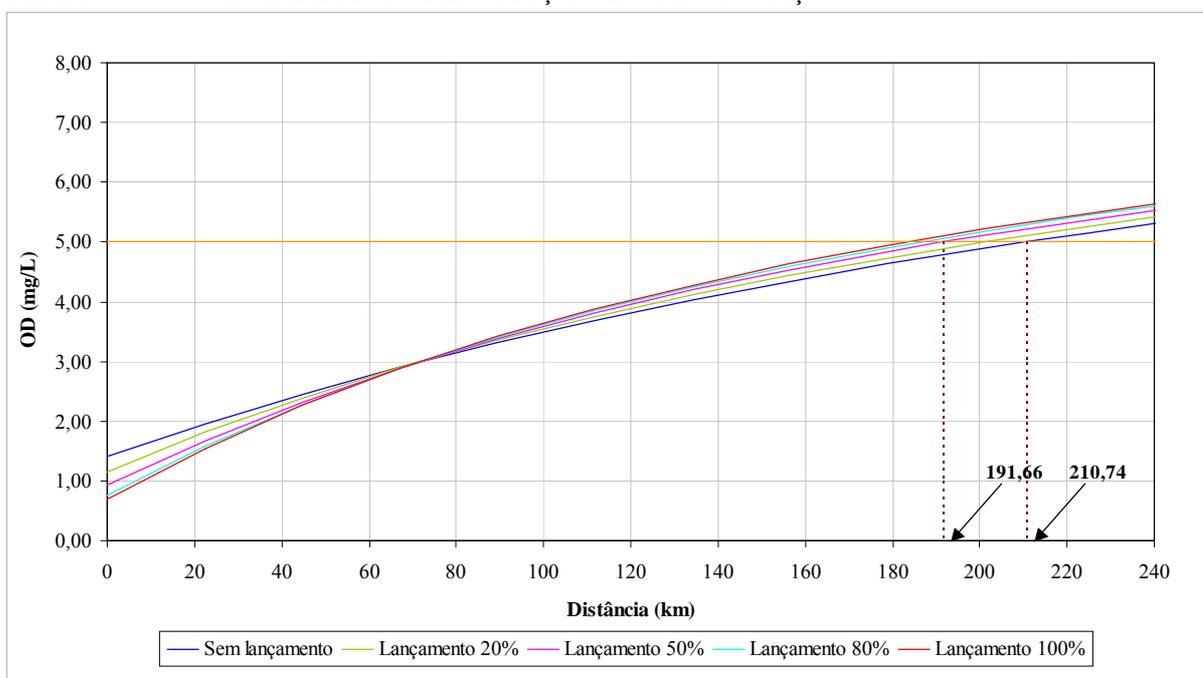
FIGURA 10 – LOCALIZAÇÃO APROXIMADA DO LANÇAMENTO DE EFLUENTE DA ETE BELÉM



O estudo da curva de autodepuração foi realizado com base no modelo de Streeter-Phelps. Os cálculos foram realizados através da utilização dos valores médios dos parâmetros de pós-tratamento da ETE Belém, citados no Quadro 29. Também foram utilizados os dados do Rio Iguaçu citados no Quadro 30. O objetivo deste estudo é a verificação da possibilidade de lançamento do efluente no rio e os possíveis efeitos causados no próprio rio.

Neste estudo foram consideradas diversas situações de lançamento, conforme apresentado no Gráfico 7.

GRÁFICO 7 – CURVA DE AUTODEPURAÇÃO DO RIO IGUAÇU



O Gráfico 7 indica que o curso d'água apresenta uma capacidade de autodepuração superior à capacidade de degradação da água residuária, ou seja o tempo crítico pode ser considerado igual a zero e os menores valores de OD ocorrem no ponto de mistura.

Através do estudo percebeu-se que para o lançamento de 50% da vazão de efluente da ETE Belém o rio atinge OD de 5,0 mg/L a uma distância de 191,66 km, enquanto que se não for lançado efluente no rio este mesmo OD será atingido a uma distância de 210,74 km, havendo, portanto um ganho na distância, de

aproximadamente, 19,08 km de água depurada a jusante. Percebe-se que a variação de OD no ponto de mistura é mínima, variando entre 1,40 e 0,69 mg/L, para lançamento de 100% do efluente e sem lançamento, respectivamente, sendo que para 50% do lançamento este OD é de 0,92 mg/L.

Após esta análise percebe-se que o lançamento de efluentes da ETE Belém contribui para a melhoria do rio, sendo, portanto uma possível ação de reúso de água a ser implantada.

#### b) Análise sobre a bacia do rio Barigüi

A bacia do rio Barigüi está localizada no Primeiro Planalto Paranaense, na RMC, percorrendo no sentido norte-sul os municípios de Almirante Tamandaré, Curitiba e Araucária. Sua extensão é de aproximadamente 60 km entre sua nascente e sua foz no Rio Iguaçu.

A Figura 11 exibe o local aproximado onde a ETE Santa Quitéria lança seu efluente no Rio Barigüi.

FIGURA 11 – LOCALIZAÇÃO APROXIMADO DO LANÇAMENTO DE EFLUENTE DA ETE SANTA QUITÉRIA



Os dados citados no Quadro 31, fornecidos pela SUDERHSA, foram coletados na estação denominada “Ponte da Caximba”, localizada a jusante do ponto de lançamento da ETE Santa Quitéria e os dados foram coletados em 05/08/2002.

QUADRO 31 – DADOS DO RIO BARIGÜI

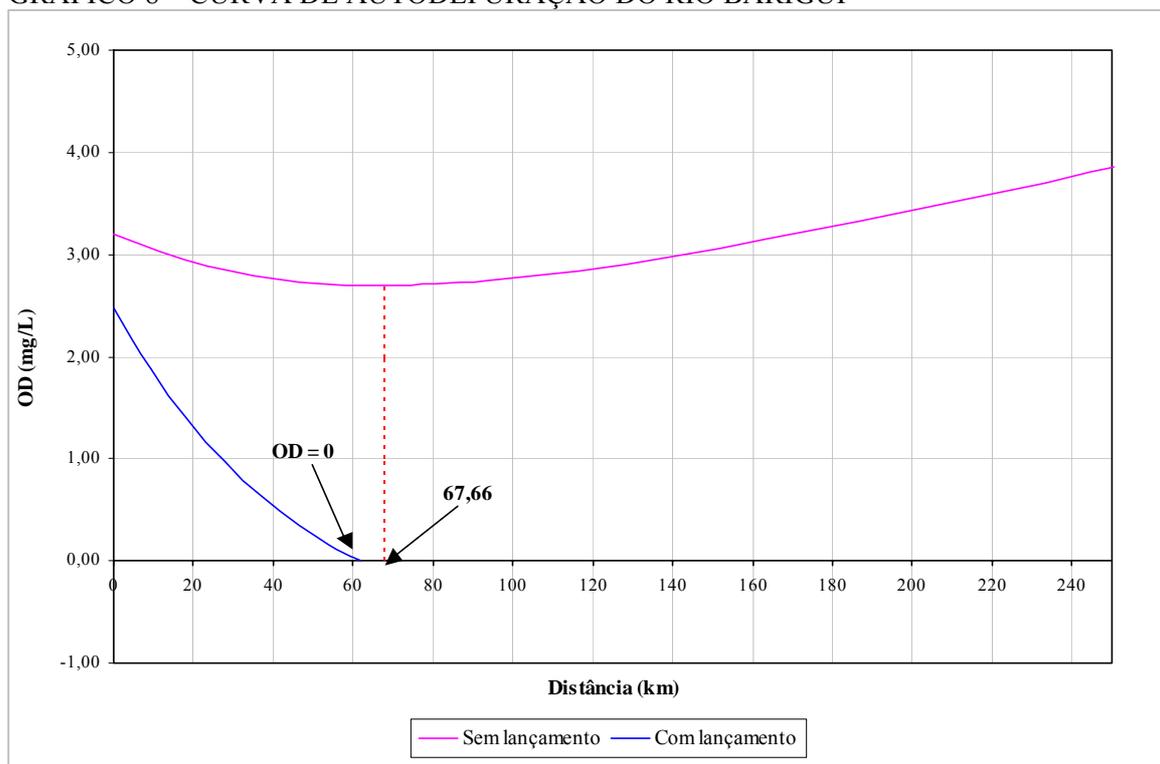
<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
Vazão (L/s)	891*
OD (mg/L O <sub>2</sub> )	3,2
DBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	16
T (°C)	15

NOTA: \* Considerou-se o Q<sub>95</sub>, valor fornecido pelo PROJETO BARIGUI (2003)

De posse dos dados citados no Quadro 31, foi realizado um estudo para o conhecimento da curva de autodepuração. O objetivo deste estudo é a verificação da possibilidade de lançamento da efluente no rio e os possíveis efeitos causados no próprio rio, a fim de avaliar a possibilidade de reúso indireto.

Para o estudo da curva de autodepuração foram adotados os valores médios dos parâmetros de pós-tratamento da ETE Santa Quitéria, citados no Quadro 29. Foram analisadas duas situações, primeiramente considerando o lançamento de efluente da ETE e posteriormente considerando apenas o rio, isto é, sem o lançamento de efluente. O Gráfico 8 exibe a curva de autodepuração nas duas situações.

GRÁFICO 8 – CURVA DE AUTODEPURAÇÃO DO RIO BARIGÜI



Avaliando-se o Gráfico 8, percebe-se que se não houver o lançamento de efluentes, o rio começa a melhorar a sua qualidade a uma distância de 67,66 km do ponto de lançamento. No entanto, se ocorrer o lançamento de efluentes, o rio passa por uma situação anaeróbia a uma distância aproximada de 62 km, piorando consideravelmente a sua qualidade.

Após esta análise, percebe-se que o lançamento de efluente da ETE Santa Quitéria compromete a qualidade das águas do rio Barigüi e, portanto, a prática de reúso de água indireto deve ser descartada.

#### 4.3.3. Ações Selecionadas

Como já salientado, entre as 52 ações de reúso de água, foram selecionadas as nove ações mais interessantes para a aplicação do reúso de água na área de estudo, onde se levou em consideração a aceitabilidade por parte do público usuário, as vazões de demanda, distâncias entre ETE e usuário, densidade e engajamento de usuários,

qualidade do efluente fornecido pela ETE, custos preliminares e avaliação técnica preliminar. A Tabela 6 apresenta as nove ações selecionadas.

TABELA 6 – AÇÕES SELECIONADAS

Ação	Descrição		Atendimento	Vazões (demanda) (L/s)	Vazão Total (demanda) (L/s)	Água economizada no manancial (L/s)
11	TRE1+A5+CR3+	RD5	G10	299,72	330,57	261,75 <sup>P</sup>
		CM7	G11	30,85		
12	TRE1+A1+CR1+	RD6	G12	281,83	281,83	261,75 <sup>P</sup>
13	TRE1+A1+CR1+	RD1	G1+G2	330,57	596,26	261,75 <sup>P</sup>
		CM8	G14	265,69		
26	AC		G25	-	-	356,38 <sup>T</sup>
30	TRE1+A13+H9+	CM23	G18+G21 <sup>(1)</sup>	54,58	59,09	59,09 <sup>T</sup>
		CM20	G5	4,51		
35	TRE2+A15+CR5+RD10		G27+G28+G29 <sup>(1)</sup>	72,28	72,28	72,28 <sup>T</sup>
36	TRE2+A15+CR5+CM22		G27+G28+G29 <sup>(1)</sup>	72,28	72,28	72,28 <sup>T</sup>
40	TRE2+A15+CR5+	CM25	G33	1.224,82	2.087,80	441,83 <sup>P</sup>
		CM26	G34	862,98		
50	TRE2+LD2+MVR+MQR+RI		MVQR+RI=Q <sub>ecológica</sub>	441,83	441,83	--- <sup>(2)</sup>

NOTA: <sup>P</sup> Atende de forma parcial a demanda

<sup>T</sup> Atende de forma total a demanda

<sup>(1)</sup> Atende incêndio e desobstrução de galerias, vazão estimada para estes usos 50 L/s

<sup>(2)</sup> Não há economia no manancial, somente se está devolvendo a água residuária tratada a ele

TRE<sub>1</sub>: Tratamento adicional e reservação na ETE Santa Quitéria; TRE<sub>2</sub>: Tratamento adicional e reservação na ETE Belém; Ai: Adutora de número i; CRi: Centro de reservação de número i; CMi: Caminhão de número i; RD: Rede; Hi: Hidrante de número i; AC: Água Cinza; RI: Reúso Indireto; LD: Lançamento direto; MVR: Manutenção da vazão do rio; MQR: Manutenção da qualidade do rio; MVQR: Manutenção da vazão e qualidade do rio; Gi: Grupo de ações de número i

Cabe aqui esclarecer que a vazão necessária para combate a incêndio foi considerada de acordo com citações de TSUTIYA (2005), o qual referencia que nos EUA a vazão adotada é de aproximadamente 31,4 L/s. Com base nisto adotou-se para combate a incêndio e desobstrução de galerias a vazão de 50 L/s, sendo que caso esta vazão não seja utilizada completamente, o excesso será lançado no rio.

Também é importante esclarecer que a vazão total de oferta da ETE Belém é de 883,67 L/s. No entanto, a análise da curva de autodepuração do Rio Iguaçu mostrou que o lançamento da água residuária desta ETE favorece seu processo de

autodepuração, conforme mencionado no sub-item “a” do item 4.3.2. Logo, estabeleceu-se que 50% desta vazão será utilizada para atender a demanda da ação 50, sendo que os outros 50% atenderão a quaisquer outras ações.

Referente a Tabela 6, as ações de número 11 a 30 fazem parte da área de influência da ETE Santa Quitéria enquanto que as demais fazem parte da ETE Belém.

#### 4.3.4. Descrição das Ações Selecionadas

##### a) Ação 11

Trata-se de reúso industrial, classificado como direto. Esta ação atende de forma total os pólos industriais denominados G10 e G11, citados na Tabela 7, sendo que a Repar será atendida de forma parcial, uma vez que sua vazão de demanda é de 228,22 L/s e o valor aproximado ofertado pela ETE Santa Quitéria é 261,75 L/s, desta forma ela será atendida com aproximadamente 157 L/s.

A relação de indústrias, seus setores e as vazões de resfriamento estão exibidos na Tabela 7.

TABELA 7 – INDÚSTRIAS PERTENCENTES AOS GRUPOS G10 E G11

Grupo	Nº	Indústria	Setor	Vazão de resfriamento (L/s)
G10	2	Novo Nordisk	Bioindustrial	1,93
	5	Esquipar	Químico	1,69
	8	Bosch	Maquinário e eletrodomésticos	3,02
	11	Peróxidos	Químico	9,67
	12	Alba	Químico	4,51
	18	Cocelpa	Papeleiro	53,61
	20	Repar*	Refinaria de óleo	228,22
	23	Imcopa	Import. e export. de óleo	6,69
	24	Dyno	Química	3,05

Continua na próxima página

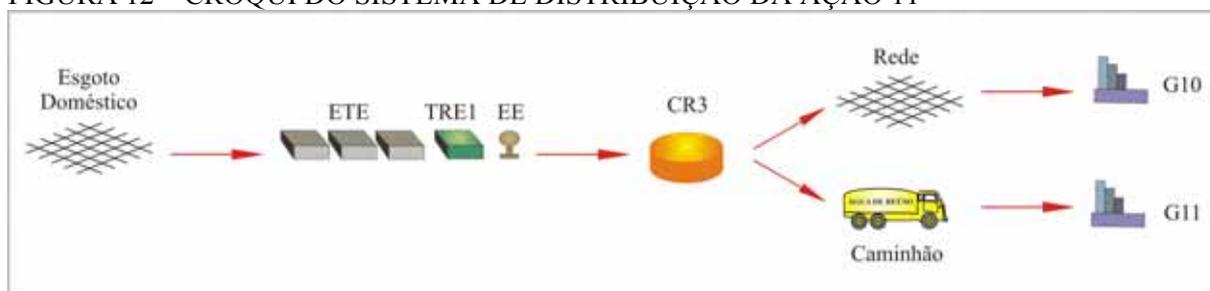
Conclusão da Tabela 7

Grupo	Nº	Indústria	Setor	Vazão de resfriamento (L/s)
G11	1	Brafer	Construções metálicas	0,61
	3	Becton Dicknson	Cirúrgico	0,67
	4	Inepar	Equipamentos elétricos	0,43
	6	Plastipar	Embalagens	2,33
	7	Selectas	Alimentício	0,24
	9	Isdralit	Fibrocimento	1,74
	10	Charlex	Textil	2,75
	13	White Martins	Gases industriais	1,10
	14	Furukawa	Produtos elétricos	0,96
	15	Pepsico	Indústria de bebidas	3,28
	16	Kvaerner	Alimentos	0,31
	17	New Holland	Maquinário para agricultura	1,48
	19	Tortuga	Produtos de borracha	0,69
	21	Van Lerr	Indústria de embalagens	2,11
	22	Quimilaus	Indústria química	0,03
25	Berneck	Aglomerados	0,93	

NOTA: \* Será atendida com uma vazão de 157,92 L/s de água residuária

Já, a Figura 12 apresenta o croqui do sistema de distribuição. Nele estão ilustrados: a rede coletora de esgoto doméstico, sendo que este esgoto é encaminhado a ETE (estação de tratamento de esgoto), seqüencialmente passa pelo TRE1, ou seja, um centro de tratamento e reservação, então a água residuária é encaminhada através de uma estação elevatória (EE) para um centro de reservação (CR3). Após este processo a água residuária será encaminhada aos pólos industriais, G10 e G11, por rede e caminhão, respectivamente.

FIGURA 12 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA AÇÃO 11

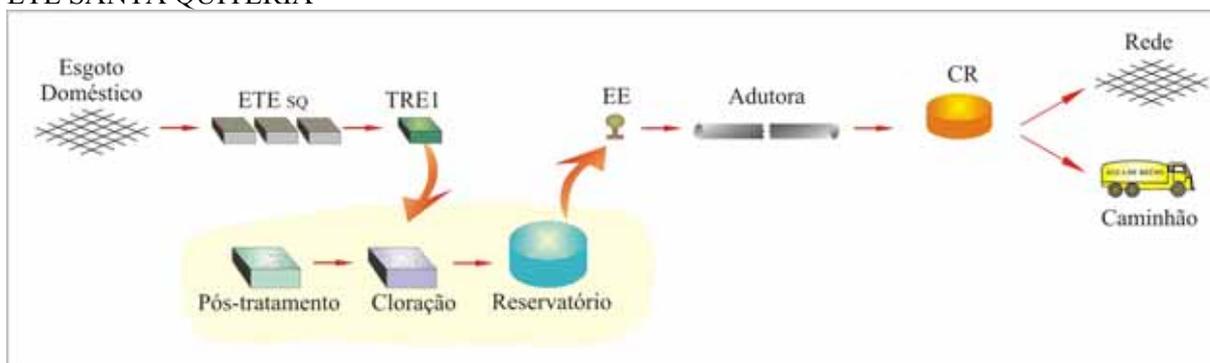


Como mencionado anteriormente, o TRE1 é um centro de tratamento e reservação, no qual há um pós-tratamento realizado através de uma caixa de passagem

e um sistema compacto de lodo ativado, seguido de um tanque de cloração para promoção da desinfecção da água residuária. Acoplado a este sistema há um reservatório de passagem para promoção da desinfecção da água residuária, através de cloração, sendo que seu volume depende do comprimento da adutora, uma vez que, foi considerado um tempo de detenção para cloração de 30 minutos, iniciando-se no reservatório do TRE1 e finalizando-se no CR (centro de reservação). Os reservatórios adotados, são do tipo fechado, conforme descrito no item 3.3.7.2, com aeradores para manter o nível de OD e diminuir a formação de odores.

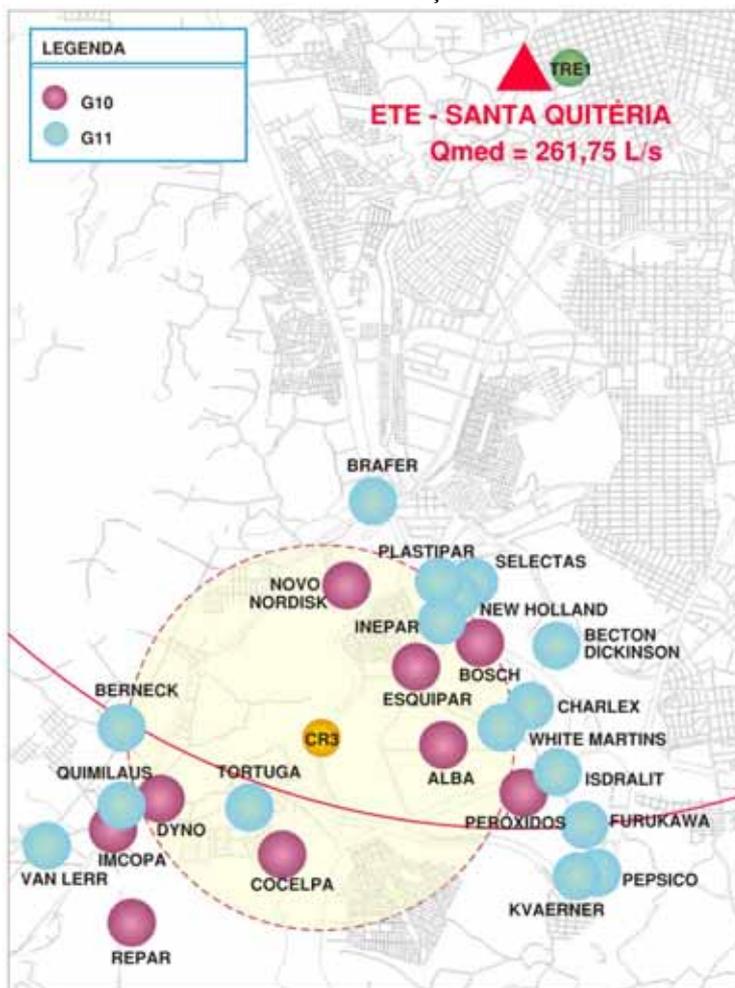
Isto posto, a Figura 13, ilustra de forma geral, a situação descrita.

FIGURA 13 – SISTEMA GERAL DO TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE EFLUENTE DA ETE SANTA QUITÉRIA



Quanto ao atendimento dos grupos G10 e G11, devido à variação de distâncias entre o centro de reservação (CR3) e as indústrias que compõe estes grupos, optou-se por se estabelecer um raio aproximado de 2700 metros a partir do CR3. Assim, as indústrias circunscritas por este raio serão atendidas através de rede, enquanto que as demais serão atendidas através de caminhão pipa. São exceção as indústrias Imcopa, Repar e Peróxidos por apresentar alto consumo de água, podendo ser abastecida por rede. De forma semelhante, ou seja, considerando a vazão de consumo, as indústrias Inepar, Tortuga e White Martins serão atendidas através de caminhão. A Figura 14 ilustra tal distribuição.

FIGURA 14 – PANORAMA DA AÇÃO 11

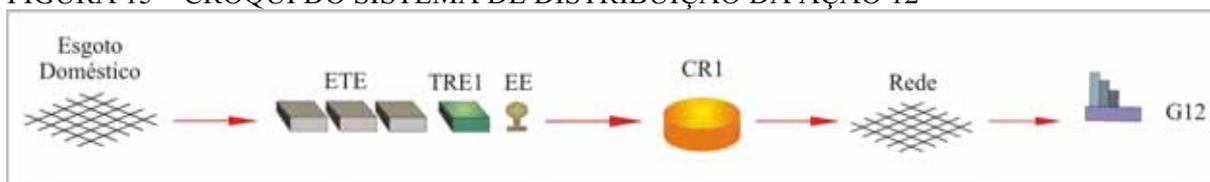


## b) Ação 12

A ação 12 atende apenas duas indústrias, sendo as de maior consumo de água da área de estudo. Compete destacar que a Repar, refinaria de óleo, possui uma vazão de demanda de 228,22 L/s, enquanto a Cocelpa, indústria papelreira, uma vazão de 53,61 L/s. Assim sendo as duas indústrias perfazem um volume total de 281,83 L/s, portanto a Repar será atendida apenas com 208,14 L/s.

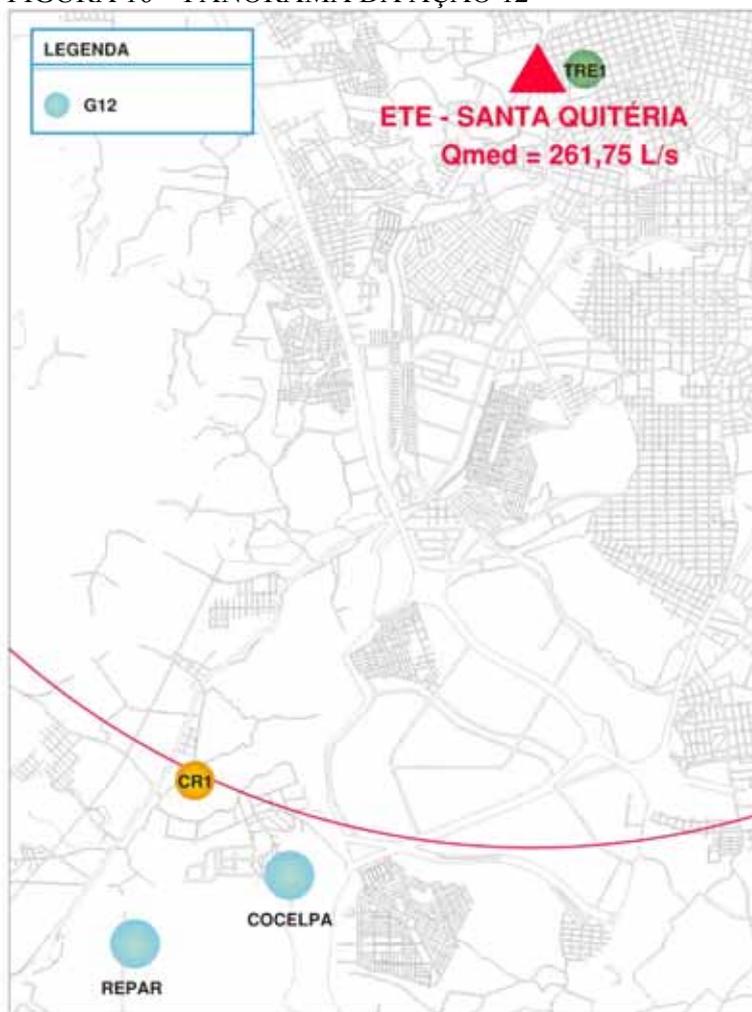
Diante deste contexto, a Figura 15 apresenta o croqui de distribuição. É importante esclarecer que este sistema, quanto ao TRE1 e EE, é semelhante ao apresentado na ação 11, porém, neste caso há a substituição do CR3 pelo CR1, ambos com as mesmas características, no entanto em localizações diferentes no meio urbano.

FIGURA 15 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA AÇÃO 12



Já a Figura 16 mostra o panorama geral da ação em estudo, indicando a localização das duas indústrias, da ETE e do Centro de Reservação.

FIGURA 16 – PANORAMA DA AÇÃO 12



### c) Ação 13

Esta ação envolve o atendimento ao setor agrícola denominado G14 o qual atende o município de Araucária e aos pólos indústrias pertencentes aos grupos G1 e G2, conforme apresentado na Tabela 8. Neste caso, o atendimento será de forma

parcial uma vez que a demanda é muito superior ao da oferta da ETE Santa Quitéria. Assim, optou-se por atender apenas 44% da vazão de demanda da Repar, ou seja aproximadamente 130 L/s e quanto ao setor agrícola haverá um atendimento aproximado de 10,5% do volume apresentado na Tabela 3, ou seja, aproximadamente 28 L/s. Caso a agricultura não consuma toda a água de reúso reservada a ela, a Repar consumirá o excedente.

TABELA 8 – INDÚSTRIAS PERTENCENTES AOS GRUPOS G1 E G2

Grupo	Nº	Indústria	Setor	Vazão de resfriamento (L/s)
G1	1	Brafer	Construções metálicas	0,61
	2	Novo Nordisk	Bioindustrial	1,93
	3	Becton Dicknson	Cirúrgico	0,67
	4	Inepar	Equipamentos elétricos	0,43
	5	Esquipar	Químico	1,69
	6	Plastipar	Embalagens	2,33
	7	Selectas	Alimentício	0,24
	8	Bosch	Maquinário e eletrodomésticos	3,02
	9	Isdralit	Fibrocimento	1,74
	10	Charlex	Têxtil	2,75
	11	Peróxidos	Químico	9,67
	12	Alba	Químico	4,51
	13	White Martins	Gases industriais	1,10
	14	Furukawa	Produtos elétricos	0,96
	15	Pepsico	Indústria de bebidas	3,28
	16	Kvaerner	Alimentício	0,31
	17	New Holland	Maquinário para agricultura	1,48
G2	18	Cocelpa	Indústria papelreira	53,61
	19	Tortuga	Produtos de borracha	0,69
	20	Repar*	Refinaria de óleo	228,22
	21	Van Lerr	Indústria de embalagens	2,11
	22	Quimilaus	Indústria química	0,03
	23	Imcopa	Import. e export. de óleo	6,69
	24	Dyno	Indústria química	3,05
	25	Berneck	Aglomerados	0,93

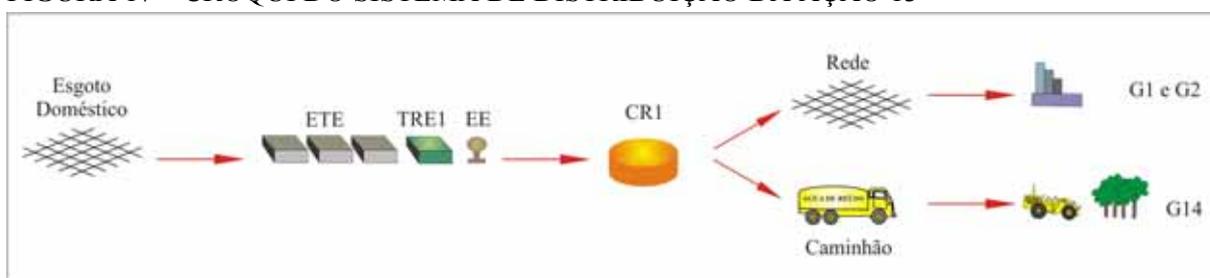
NOTA: \* Devido ao grande volume de demanda da ação, optou-se por atender apenas 130 L/s desta indústria

É importante esclarecer que a água residuária será utilizada somente para irrigar alimentos que serão consumidos cozidos e frutas que crescem em galhos aéreos. Estas restrições atendem a opinião pública, obtida através de questionários e citada no item 4.2.3.

Quanto ao atendimento, os pólos industriais (G1 e G2) deverão ser atendidos por rede, enquanto que a agricultura, por ser dispersa, receberá a água de reúso através de caminhão. Cabe aqui mencionar que ambas as ações serão atendidas a partir do centro de reservação CR1, sendo que os agricultores irão até o centro de reservação para adquirir a água de reúso.

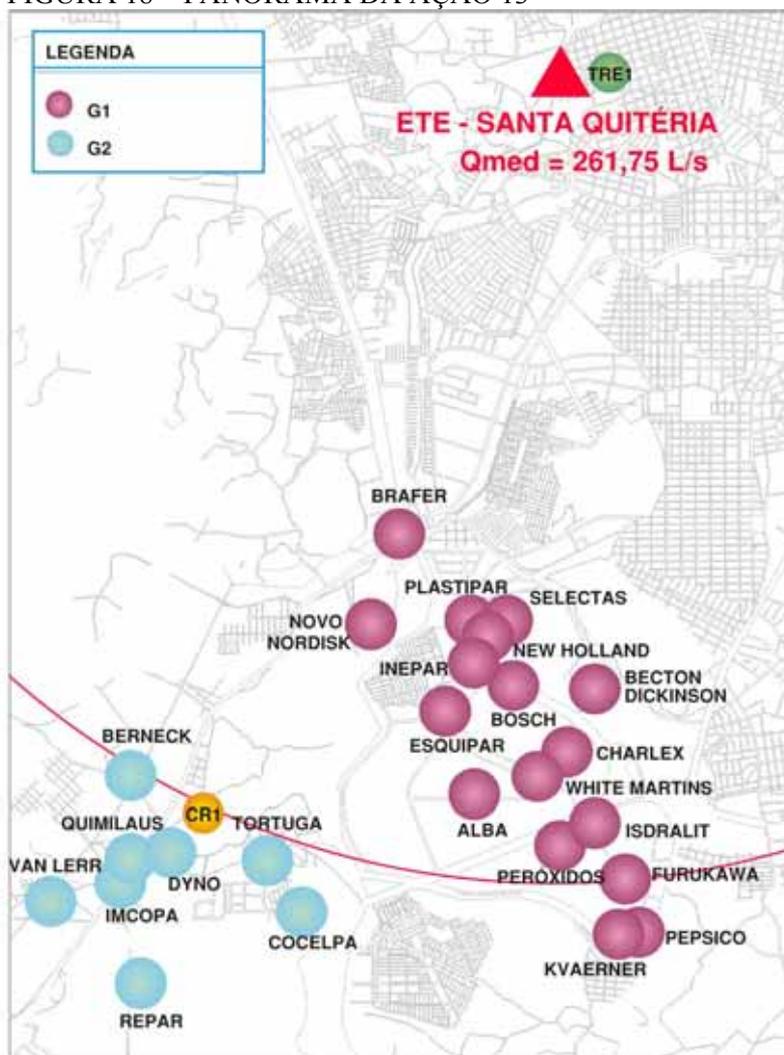
A Figura 17 apresenta o croqui da situação descrita acima, sendo que o sistema é semelhante ao da ação 12, anteriormente descrito.

FIGURA 17 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA AÇÃO 13



Já a Figura 18 apresenta uma visão geral da distribuição das indústrias no meio urbano, sendo que a linha vermelha que cruza a figura delimita a área circunscrita pelo raio aproximado de 10 km.

FIGURA 18 – PANORAMA DA AÇÃO 13



## d) Ação 26

Esta ação de reúso não leva em consideração o efluente da ETE e sim o próprio efluente gerado na residência. Trata-se do uso da água cinza, caracterizado pelo reaproveitamento da água proveniente de chuveiros. Serão utilizadas somente as água provenientes de chuveiros, devido ao maior volume de água residuária produzida na residência, conforme citado no sub-item “d” do item 3.3.5.

Cabe salientar que a água cinza será reaproveitada somente em bacias sanitárias, reduzindo a possibilidade de contato direto. Esta restrição de uso deve-se ao fato de que o controle da qualidade da água será realizado na própria residência, o que pode levar a riscos sanitários, quando mal operado.

Outra condição importante a se destacar é o fato de se ter admitido que em apenas 20% das residências da região sob estudo haveria a adesão ao uso da água cinza. Conseqüentemente, considerou-se apenas 20% da vazão total obtida nas residências, totalizando uma vazão de 356,38 L/s.

e) Ação 30

A ação 30 engloba os grupos G18 e G21 pertencentes a uso de serviços urbanos, enquanto que o grupo G5 pertence a um pólo industrial. Neste caso o atendimento será exclusivamente realizado através de caminhões. Cabe aqui esclarecer que foi considerada uma vazão de 50 L/s para atendimento, quando necessário, para ações de combate a incêndio e desobstrução de galerias, conforme comentado no item 4.3.3.

Assim sendo a Tabela 9 apresenta a relação de indústrias, enquanto que a Tabela 10 exhibe as ruas e locais públicos que passam por processo de higienização e fazem parte desta ação.

TABELA 9 – RELAÇÃO DE INDÚSTRIAS PERTENCENTES A AÇÃO 29

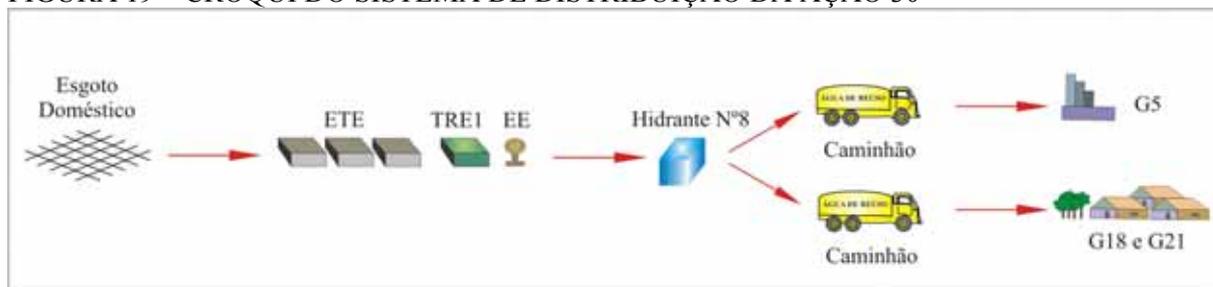
<b>Grupo</b>	<b>Nº</b>	<b>Indústria</b>	<b>Setor</b>	<b>Vazão de resfriamento (L/s)</b>
G5	36	Eletrolux	Eletrodomésticos	3,54
	40	Anaconda	Alimentício	0,15
	41	Grés	Cerâmico	0,01
	42	Diana	Alimentício	0,81

TABELA 10 – RUAS E LOCAIS PÚBLICOS PERTENCENTES A AÇÃO 29

Grupo	Nº	Ruas/Locais Públicos	Bairros	Vazão de Consumo (L/s)
G18	1	Rua Colombo	Ahú	0,011
	2	Rua Alberto Bolliger	Juvevê	0,011
	3	Rua São Domingos	Pilarzinho	0,003
	4	Rua Henrique Itiberê da Cunha	Bom Retiro	0,003
	5	Rua Duque de Caxias	São Francisco	0,003
	6	Praça 29 de Março	Mercês	0,002
	7	Rua D. Pedro II	Batel	0,005
	8	Rua Aristides Athayde Junior	Bigorrilho	0,002
	9	Passeio Público	Centro	0,486
	10	Rodoferroviária	Centro	0,417
	11	Praça Rui Barbosa	Centro	0,597
	12	Praça Santos Andrade	Centro	0,347
	13	Boca Maldita	Centro	0,347
	14	Agência Central do Correio	Centro	0,694
	15	Largo da Ordem	Centro	1,111
	16	Catedral	Centro	0,486
G21	17	Rua do Herval	Cristo Rei	0,004
	18	Rua Nunes Machado	Rebouças	0,009
	19	Rua Coronel Dulcídio	Água Verde	0,009
	20	Rua Francisco Nunes	Rebouças	0,008
	21	Rua Coronel João da Silva Sampaio	Jardim Botânico	0,007
	22	Rua Rio de Janeiro	Vila Guaira	0,002
	23	Rua D. Pedro I	Água Verde	0,005
	24	Rua Teodorico Gonçalves Guimarães	Vila Fanny	0,003
	25	Praça Joaquim Menelau de Almeida Torres	Hauer	0,003
	26	Rua Coronel José Carvalho de Oliveira	Uberaba	0,003

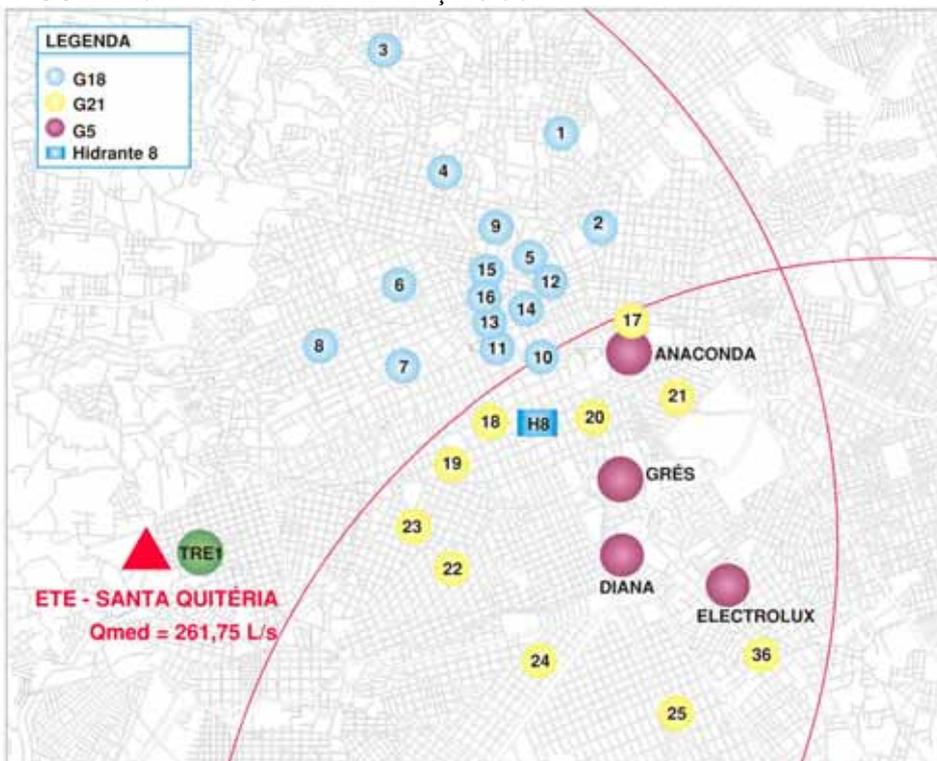
Já, a Figura 19 apresenta o croqui do sistema de distribuição proposta para a ação 30.

FIGURA 19 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA AÇÃO 30



Não obstante, a Figura 20 exhibe o panorama da ação 30 com a distribuição das ruas, locais públicos e indústrias atendidas. Cabe salientar que este sistema é semelhante aos anteriormente descritos, porém há um hidrante para o abastecimento dos caminhões ao invés do centro de reservação. No entanto, este hidrante é do tipo subterrâneo com um reservatório enterrado.

FIGURA 20 – PANORAMA DA AÇÃO 30



Cabe salientar que as próximas ações descritas fazem utilizam a água residuária proveniente da ETE Belém.

f) Ações 35 e 36

As duas ações atendem ao mesmo pólo, composto por nove indústrias, formadoras dos grupos G27, G28 e G29. Cabe aqui esclarecer que foi considerada uma vazão de 50 L/s para atendimento, quando necessário, para ações de combate a incêndio e desobstrução de galerias, conforme comentado no item 4.3.3.

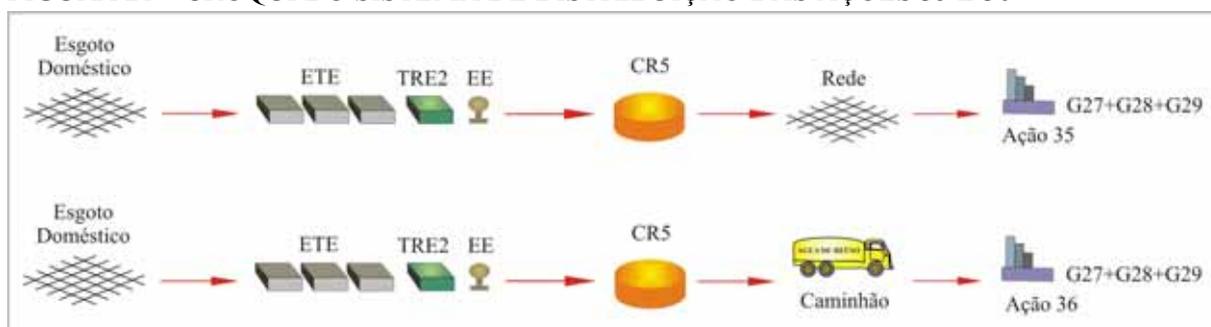
A relação de indústrias pertencentes aos três grupos que fazem parte das ações 35 e 36 é apresentada na Tabela 11.

TABELA 11 – RELAÇÃO DE INDÚSTRIAS PERTENCENTES AOS GRUPOS G27, G28 E G29

Grupo	Nº	Indústria	Setor	Vazão de resfriamento (L/s)
G27	48	Nutritional	Alimentício	1,85
	49	Sol	Bebidas	0,06
	50	Iguaçu celulose	Papeleiro	9,39
G28	51	Benetton	Indústria Textil	0,87
	52	Bardusch	Indústria Textil	0,98
	53	Cia Providência (SJP)	Tubos e tecidos	1,04
G29	45	Multilift	Fibrocimento	0,44
	46	Boticário	Farmacêutico	0,61
	47	Britânia	Eletrodomésticos	7,04

Essas ações foram selecionadas com o intuito de verificar o que seria mais interessante, ou seja, atender uma mesma localidade através de caminhão pipa ou de rede. Assim sendo, a forma proposta para distribuição da água de reúso, para as duas ações, está ilustrada através da Figura 21.

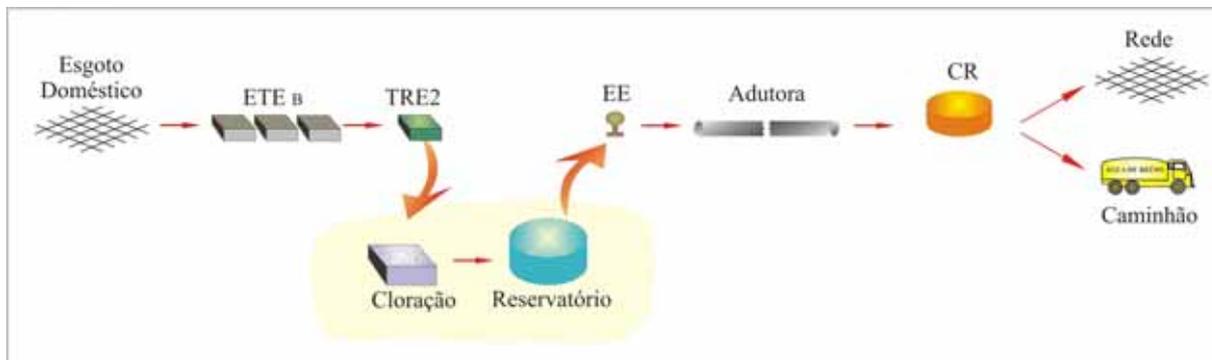
FIGURA 21 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES 35 E 36



Cabe aqui ressaltar que este sistema é composto pelo TRE2, centro de tratamento e reservação, o qual é composto por um tanque de cloração para a realização da desinfecção da água residuária, uma vez que a ETE Belém, com seu sistema atual de lodos ativados, fornece água residuária de boa qualidade, atendendo os critérios citados no item 3.3.6. Acoplado a este sistema há um reservatório de passagem para promoção da desinfecção da água residuária, através de cloração, sendo que seu volume depende do comprimento da adutora, uma vez que, foi considerado um tempo de detenção para cloração de trinta minutos, o qual inicia-se no reservatório do TRE2 e finaliza-se no CR (centro de reservação).

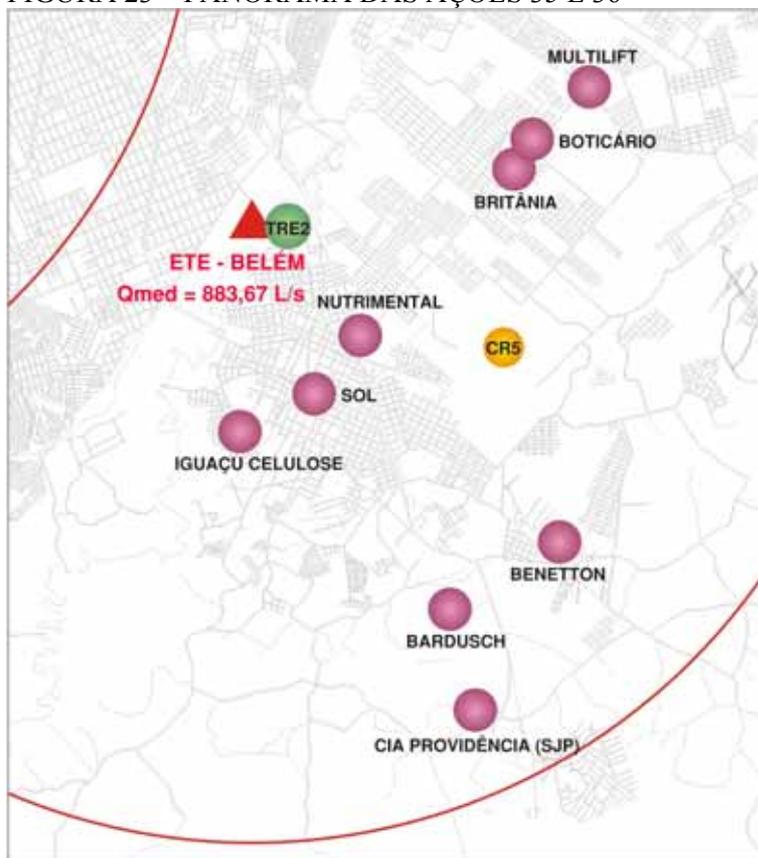
Isto posto, a Figura 22 apresenta a situação descrita.

FIGURA 22 – SISTEMA GERAL DO TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ESGOTO DA ETE BELÉM



A Figura 23 apresenta um panorama das ações propostas. É possível visualizar a existência de duas linhas vermelhas, trata-se das linhas que circunscvem a área de estudo.

FIGURA 23 – PANORAMA DAS AÇÕES 35 E 36



## g) Ação 40

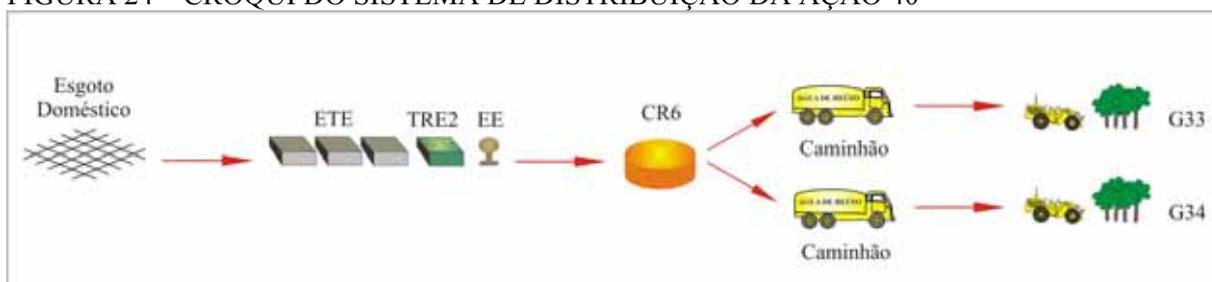
Esta ação é aplicada ao grupo de produção de alimentos pertencente aos municípios de Curitiba (G33) e São José dos Pinhais (G34). Pelo fato da agricultura encontrar-se dispersa foi sugerido o atendimento ao usuário através de caminhões pipa sendo que os agricultores irão até o centro de reservação para adquirir a água de reúso.

Cabe aqui esclarecer que a água residuária será utilizada somente para irrigar culturas que serão consumidos cozidos e frutas que crescem em galhos aéreos. Estas restrições atendem a opinião pública, obtida através de questionários e citada no item 4.2.3.

Pelo fato do volume de demanda ser superior ao da oferta, fica estabelecido que esta ação será atendida de forma intermitente, de acordo com as necessidades das culturas e as variações climáticas, podendo ser atendida através de água potável, quando necessário. Sendo que quando o setor agrícola não utilizar toda a água de reúso disponível, ela será lançada no Rio Iguaçu de modo a facilitar a sua autodepuração.

O croqui proposto para este sistema de reúso é apresentado na Figura 24. O sistema é semelhante ao descrito para as ações 35 e 36, sendo que o centro de reservação passa a ser o CR6, devido à localização.

FIGURA 24 – CROQUI DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA AÇÃO 40



## h) Ação 50

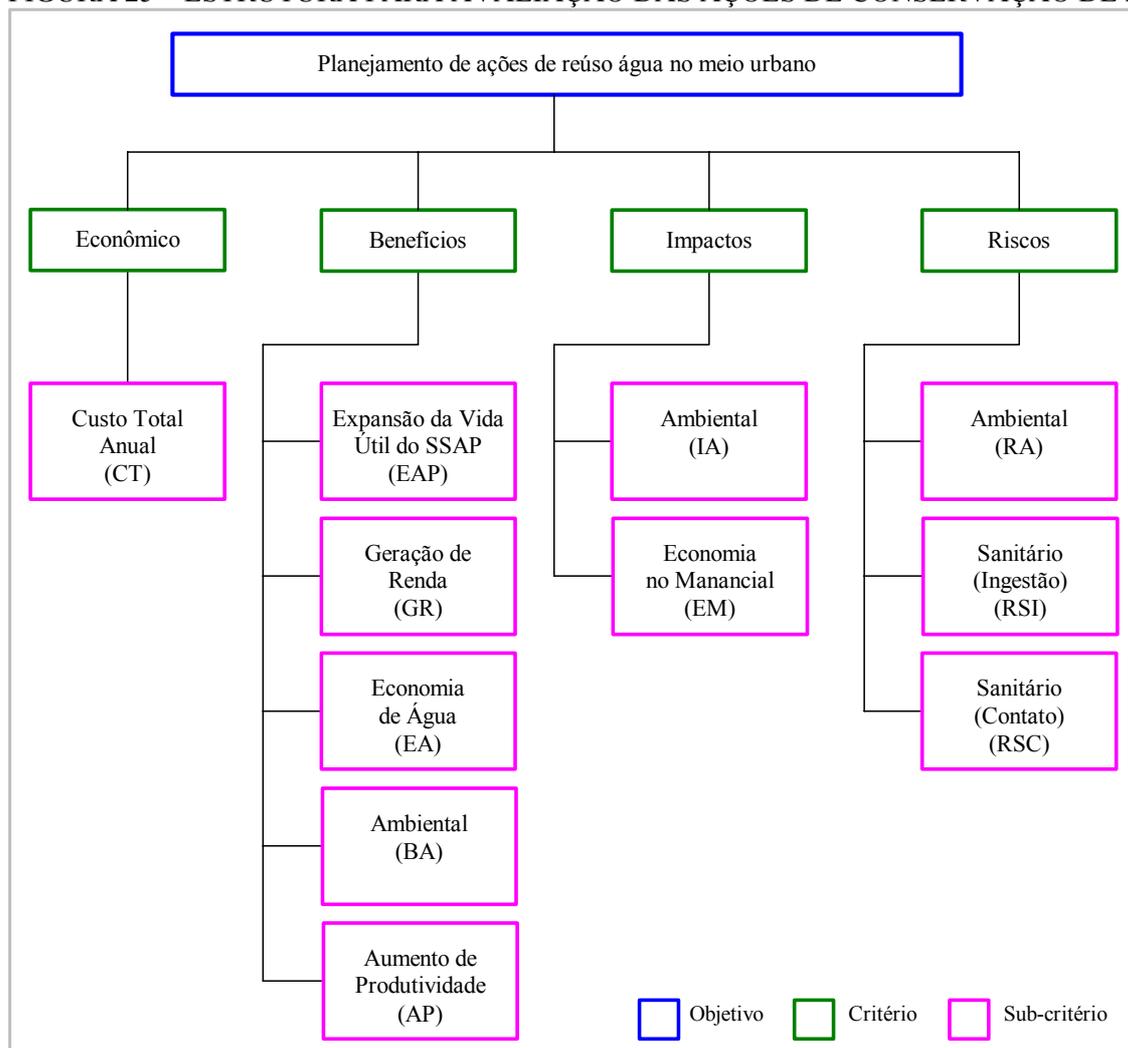
Esta é a única proposta de ação de reúso indireto selecionada, trata-se da manutenção e melhoria da qualidade do Rio Iguaçu. De acordo com o estudo da curva de autodepuração do Rio Iguaçu, o lançamento do efluente tratado da ETE Belém favorece as condições ambientais do rio, beneficiando as comunidades à jusante.

Estabeleceu-se que pelo menos 50% de toda a água residuária fornecida pela ETE Belém será lançada no Rio Iguazu. Sempre que houver excesso de água de reúso ao atender as ações 34, 35 e 40 a água excedente será lançada neste rio, facilitando a sua autodepuração e agindo de forma benéfica.

#### 4.4. AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DAS AÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

A avaliação da aplicabilidade das ações de conservação de água é fundamental para a obtenção dos dados necessários para a posterior hierarquização das ações. De modo a facilitar o processo de hierarquização criou-se a estrutura apresentada pela Figura 25.

FIGURA 25 – ESTRUTURA PARA AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA



Diante deste contexto, e com o objetivo de evitar dúvidas na interpretação, é realizada uma descrição de cada critério e sub-critério, conforme segue:

- ♦ Planejamento de ações de reúso de água no meio urbano

Este é o objetivo principal do presente trabalho. A obtenção de uma escala de prioridades de ações de reúso de água a serem implantadas no meio urbano.

- ♦ Econômico

Corresponde aos aspectos econômicos envolvidos no projeto de reúso de água. São considerados custos de implantação e manutenção/operação, analisados sob a ótica do custo total anual, ou seja, o custo anual durante a vida útil do sistema.

- ♦ Benefício

Corresponde aos benefícios diretos da ação proposta, isto é, ao se considerar, por exemplo, o benefício ambiental obtido ao usar água de reúso em torres de resfriamento, tem-se a redução do volume de água captada nos corpos de água, implicando na sua maior disponibilidade para outros fins.

- Expansão da vida útil do Sistema de Abastecimento de Água Potável (SAAP) (EAP)

Considera-se o aumento da vida útil do SAAP devido à redução do consumo de água potável pelas indústrias, edificações, agricultura, entre outros usos.

- Geração de renda (GR)

Corresponde a probabilidade de economia monetária com o uso da água residuária, possibilitando o crescimento do setor. Por exemplo, no caso de indústrias pode ocorrer uma expansão, devido à redução com custos com água potável, possibilitando a contratação de mais operários. Já, na agricultura, a economia com fertilizantes e a maior produtividade dos alimentos pode promover a contratação de mais trabalhadores.

- Economia de água (EA)

Considera-se toda e qualquer economia ao se substituir a água potável pela água de reuso, o que acaba refletindo no manancial.

- Benefício Ambiental (BA)

Podem ser considerados como benefícios ambientais a redução do volume de esgoto lançado no meio ambiente além da redução do volume de água retirada do manancial.

- Aumento de produtividade (AP)

Considera-se todo e qualquer aumento que possa ocorrer na produtividade, seja da indústria ou agricultura, através da utilização da água residuária.

- ♦ Impacto

Os impactos fazem parte da relação das alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, neste estudo serão considerados impactos com características ambientais, como segue:

- Impacto Ambiental (IA)

São consideradas as alterações ambientais positivas e negativas, as quais poderão ocorrer devido à disposição da água de reuso no meio ambiente, tais como a contaminação do solo, dos corpos hídricos, da fauna e flora, além da maior disponibilidade de água para fins mais nobres.

- Economia no manancial (EM)

Considera-se todas as possíveis reduções da quantidade de água que seria retirada do manancial caso não se adotassem práticas de reuso de água.

- ♦ Risco

Avaliam-se os riscos ambientais e sanitários envolvidos através da exposição da água de reuso com o meio ambiente e com a população.

- Risco Ambiental (RA)

Implica-se nos riscos de contaminação que envolvem o solo, a água e as culturas.

- Risco Sanitário (contato com a pele) (RSC))

Refere-se ao contato direto e ao tempo de exposição da água de reúso com o corpo de pessoas.

- Risco Sanitário (ingestão) (RSI))

Considera-se a ingestão da água de reúso de forma acidental, além da inalação de gotículas de água de reúso, provenientes da pressão de mangueiras durante a irrigação de jardins, lavagem de calçadas ou qualquer outra atividade que utilize mangueiras. Neste quesito também são considerados os processos de irrigação, principalmente o da aspersão, devido à formação de aerossóis.

Após definidos tais conceitos, faz-se necessária a avaliação da aplicabilidade das ações de conservação de água selecionadas. Esta avaliação baseia-se nas análises quali-quantitativas, além das análises de custos, de benefícios, de impactos e de riscos, conforme segue:

a) Análise quali-quantitativa

Levou-se em consideração o volume de água de reúso a ser utilizado e a qualidade necessária para atendê-lo. Para cada ação comparou-se a qualidade de água de reúso exigida de acordo com os parâmetros citados no item 3.3.6, especificamente os do Quadro 8, com a qualidade do efluente fornecido pela ETE. Optou-se por adotar as diretrizes da EPA (2004), conforme comentado no item 4.2.5, pois elas contemplam todos os usos abordados neste trabalho.

É importante ressaltar que no item 4.2.5, foi comentada a necessidade de pós-tratamento e desinfecção. No entanto neste momento, a análise realizada considera a

qualidade do efluente lançado pela ETE, sem pós-tratamento ou desinfecção. Assim sendo a Tabela 12 apresenta a análise quali-quantitativa da água residuária.

TABELA 12 – ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA ÁGUA DE REÚSO

ETE	Nº Ação	Água Economizada no manancial (L/s)	Qualidade necessária					Situação
			pH	DBO (mg/L)	SST (m/L)	CF	Cloro Residual (mg/L)	
Santa Quitéria	11	261,75	6 – 9	≤ 30	≤ 30	≤ 200/100 mL	1	Não atende <sup>1</sup>
	12	261,75	6 – 9	≤ 30	≤ 30	≤ 200/100 mL	1	Não atende <sup>1</sup>
	13	261,75	6 – 9	≤ 30	≤ 30	≤ 200/100 mL	1	Não atende <sup>1</sup>
			6 – 9	≤ 10	---	ND/100 mL	1	Não atende <sup>2</sup>
			6 – 9	≤ 30	≤ 30	< 200/100 mL	1	Não atende <sup>3</sup>
	26	356,38	6 - 9	≤ 10	---	ND/100 mL	1	Não atende <sup>4</sup>
	30	59,09	6 - 9	≤ 30	≤ 30	≤ 200/100 mL	1	Não atende <sup>1</sup>
6 - 9			≤ 10	---	ND/100 mL	1	Não atende <sup>5</sup>	
Belém	35	72,28	6 - 9	≤ 30	≤ 30	≤ 200/100 mL	1	Atende <sup>1</sup>
	36	72,28	6 - 9	≤ 30	≤ 30	≤ 200/100 mL	1	Atende <sup>1</sup>
	40	441,83	6 - 9	≤ 10	---	ND/100 mL	1	Atende <sup>2</sup>
			6 - 9	≤ 30	≤ 30	< 200/100 mL	1	Atende <sup>3</sup>
	50	---	---	≤ 30	≤ 30	≤ 200/100 mL	---	Atende <sup>6</sup>

NOTA: <sup>1</sup> Reúso industrial (resfriamento de caldeiras)

<sup>2</sup> Produção de alimentos (comercializados sem processamento)

<sup>3</sup> Produção de alimentos (comercializados pós processamento e produtos que não servirão de alimentos a pessoas (pastagens para animais, forragem, fibras e sementes de alimentos)

<sup>4</sup> Depende do tratamento, o qual é realizado na própria residência

<sup>5</sup> Irrigação de área com acesso irrestrito (limpeza urbana)

<sup>6</sup> Reúso Ambiental

<sup>7</sup> Neste caso não está havendo economia no manancial, a água está apenas retornando ao rio  
ND = não detectável

De acordo com esta análise, percebe-se que o efluente da ETE Santa Quitéria não atende aos critérios abordados no Quadro 8. No entanto a água residuária proveniente da ETE Belém atende a todos os critérios.

Deve-se esclarecer que os sistemas de pós-tratamento e desinfecção, para ETE Santa Quitéria e de desinfecção para a ETE Belém, necessários para a adequação do efluente aos usos citados na tabela acima são aqueles descritos anteriormente, no item 4.3.4, pertencentes aos TRE1 e TRE2.

## b) Análise de custos

Os custos foram estimados com base em dados encontrados na literatura, através de contato com a SABESP (via correio eletrônico com a senhora Maria Carolina Gonçalves, em 19/12/05) e com a SANEPAR (via correio eletrônico com a senhorita Rosilete Busato, em 04/01/06).

No caso de custos de manutenção e operação foram consideradas as citações de SANTOS (2003), o qual menciona que os custos anuais de operação do sistema de tratamento e distribuição incluem salários, energia elétrica, produtos químicos e pessoal, dependendo do porte e da complexidade da instalação. Assim sendo, este autor sugere um valor de 5% do custo inicial de equipamentos e 2 % do custo inicial de tubulações e reservatórios, para manutenção e operação.

Para o caso do transporte de água através de caminhão pipa são apresentados valores obtidos do processo de licitação do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DEMLURB) da prefeitura de Juiz de Fora, MG, intitulada planilha de composição de custos mensais, (ver Anexo B). Esta planilha apresenta os custos para mão-de-obra, veículos, despesas administrativas e impostos e taxas, e por fim os custos por quilômetro rodado de R\$ 1,67 e da hora trabalhada de R\$ 20,31. Cabe salientar que estes dados foram calculados em 2004.

O caminhão pipa adotado para o transporte da água de reúso é equipado com bomba e mangueira e sua capacidade é de 20 m<sup>3</sup>, conforme comentado no item 3.3.7.4. Para o atendimento às ações de distribuição de água para indústrias são necessários dois operários para o transporte da água, pois enquanto um operário cuida da operação da bomba o outro cuida da mangueira. No entanto para atender a limpeza urbana são necessários seis operários, sendo quatro para a lavagem da superfície, auxiliados por vassouras e detergente, enquanto outro operário enxágua a área com a ajuda da pressão exercida pela mangueira, sendo que o sexto operário preocupa-se com a bomba.

Cabe salientar que no caso da agricultura, por ser dispersa, considerou-se apenas o custo do sistema de tratamento, sendo que os agricultores interessados devem buscar a água de reúso no centro de reservação com caminhão próprio.

De acordo com estes comentários e com o objetivo de comparar os custos obtidos para as nove ações, criou-se a Tabela 13, a qual exhibe o orçamento simplificado incluindo custos de implantação, operação e manutenção.

TABELA 13 – CUSTOS APROXIMADOS PARA AS NOVE AÇÕES DE REÚSO DE ÁGUA

	Descrição	Capacidade	Unidade	Custo* (US\$)	Fonte
Ação 11 - Q = 261,75 L/s	<b>TRE1</b>				
	Pós-tratamento - lodo ativado				
	Implantação	0,26	m <sup>3</sup> /s	16.492.019	SANTOS (2003)
	Manutenção e operação	0,26	m <sup>3</sup> /s	1.080.667	SANTOS (2003)
	Cloração				
	Implantação	0,26	m <sup>3</sup> /s	100.792	LENCASTRE et al. (1995)
	Manutenção e operação	0,26	m <sup>3</sup> /s	357.077	LOBATO (2005)
	Reservatório	1.000	m <sup>3</sup>	285.088	SANEPAR
	<b>EE</b>				
	Implantação	0,26	m <sup>3</sup> /s	263.158	SANEPAR
	Manutenção e operação	0,26	m <sup>3</sup> /s	13.158	SANTOS (2003)
	<b>Adutora (A5)</b>				
	Implantação	10.277	m	5.408.732	SANEPAR
	Manutenção e operação	10.277	m	108.175	SANTOS (2003)
	<b>CR3</b>				
	Implantação	500	m <sup>3</sup>	153.509	SANEPAR
	Manutenção e operação	500	m <sup>3</sup>	3.070	SANTOS (2003)
	<b>Rede de distribuição (RD5)</b>				
	Implantação	23.821	m	2.942.254	(1)
	Manutenção e operação	23.821	m	58.845	SANTOS (2003)
<b>Caminhão (CM7)</b>					
Caminhão	95153	m	174.394	DEMLURB (ver Anexo B)	
<b>Custo total do sistema</b>				<b>27.440.941</b>	

Continua na próxima página

Continuação da Tabela 13

	Descrição	Capacidade	Unidade	Custo* (US\$)	Fonte
Ação 12 - Q = 261,75 L/s	<b>TRE1</b>				
	Pós-tratamento - lodo ativado				
	Implantação	0,26	m³/s	16.492.019	SANTOS (2003)
	Manutenção e operação	0,26	m³/s	1.080.667	SANTOS (2003)
	Cloração				
	Implantação	0,26	m³/s	100.792	LENCASTRE et al. (1995)
	Manutenção e operação	0,26	m³/s	357.077	LOBATO (2005)
	Reservatório	1000	m³	285.088	SANEPAR
	<b>EE</b>				
	Implantação	0,26	m³/s	263.158	SANEPAR
	Manutenção e operação	0,26	m³/s	13.158	SANTOS (2003)
	<b>Adutora (AI)</b>				
	Implantação	13.450	m	7.078.947	SANEPAR
	Manutenção e operação	13.450	m	141.579	SANTOS (2003)
	<b>CRI</b>				
	Implantação	500	m³	153.509	SANEPAR
	Manutenção e operação	500	m³	3.070	SANTOS (2003)
	<b>Rede de distribuição (RD6)</b>				
	Implantação	4.400	m	1.501.981	(1)
Manutenção e operação	4.400	m	30.040	SANTOS (2003)	
<b>Custo total do sistema</b>				<b>27.501.084</b>	
Ação 13 - Q = 261,75 L/s	<b>TRE1</b>				
	Pós-tratamento - lodo ativado				
	Implantação	0,26	m³/s	16.492.019	SANTOS (2003)
	Manutenção e operação	0,26	m³/s	1.080.667	SANTOS (2003)
	Cloração				
	Implantação	0,26	m³/s	100.792	LENCASTRE et al. (1995)
	Manutenção e operação	0,26	m³/s	357.077	LOBATO (2005)
	Reservatório	1000	m³	285.088	SANEPAR
	<b>EE</b>				
	Implantação	0,26	m³/s	263.158	SANEPAR
	Manutenção e operação	0,26	m³/s	13.158	SANTOS (2003)
	<b>Adutora (AI)</b>				
	Implantação	13.450	m	7.078.947	SANEPAR
	Manutenção e operação	13.450	m	141.579	SANTOS (2003)
	<b>CRI</b>				
	Implantação	500	m³	153.509	SANEPAR
	Manutenção e operação	500	m³	3.070	SANTOS (2003)
	<b>Rede de distribuição (RD1)</b>				
	Implantação	83.421	m	1.394.272	(1)
	Manutenção e operação	83.421	m	27.885	SANTOS (2003)
<b>Distribuição (agricultura) (CM8)</b>					
Caminhões	---	m	---	---	
<b>Custo total do sistema</b>				<b>27.391.221</b>	

Continua na próxima página

Continuação da Tabela 13

	Descrição	Capacidade	Unidade	Custo* (US\$)	Fonte
Ação 26 - Q = 356,38 L/s	Implantação				
	Captação	0,36	m <sup>3</sup> /s	2.313.650	LOBATO (2005)
	Tratamento	0,36	m <sup>3</sup> /s	18.637.217	LOBATO (2005)
	Recalque	0,36	m <sup>3</sup> /s	2.810.705	LOBATO (2005)
	Distribuição	0,36	m <sup>3</sup> /s	3.570.824	LOBATO (2005)
	<b>Total</b>			<b>27.332.397</b>	
	Manutenção e operação				
	Tratamento	0,36	m <sup>3</sup> /s	237.145.867	LOBATO (2005)
	<b>Total</b>			<b>237.145.867</b>	
<b>Custo total do sistema</b>				<b>264.478.264</b>	
Ação 30 - Q = 59,09 L/s	<b>TRE1</b>				
	Pós-tratamento - lodo ativado				
	Implantação	0,06	m <sup>3</sup> /s	6.820.070	SANTOS (2003)
	Manutenção e operação	0,06	m <sup>3</sup> /s	330.134	SANTOS (2003)
	Cloração				
	Implantação	0,06	m <sup>3</sup> /s	82.682	LENCASTRE et al. (1995)
	Manutenção e operação	0,06	m <sup>3</sup> /s	80.611	LOBATO (2005)
	Reservatório	500	m <sup>3</sup>	153.509	SANEPAR
	Hidrante (H8)	---	---	439	
	<b>EE</b>				
	Implantação	0,06	m <sup>3</sup> /s	145.614	SABESP
	Manutenção e operação	0,06	m <sup>3</sup> /s	7.281	SANTOS (2003)
	<b>Adutora (A13)</b>				
	Implantação	5.455	m	534.553	SANEPAR
	Manutenção e operação	5.455	m	10.691	SANTOS (2003)
	<b>Centro de reservação subterrâneo do hidrante</b>				
	Implantação	500	m <sup>3</sup>	153.509	SANEPAR
	Manutenção e operação	500	m <sup>3</sup>	3.070	SANTOS (2003)
<b>Caminhão (CM23 e CM20)</b>					
Caminhão	175.920	m	196.304	DEMLURB (ver Anexo B)	
<b>Custo total do sistema</b>				<b>8.518.469</b>	

Continua na próxima página

Continuação da Tabela 13

	Descrição	Capacidade	Unidade	Custo* (US\$)	Fonte
Ação 35 - Q = 72,28 L/s	<b>TRE2</b>				
	Cloração				
	Implantação	0,07	m <sup>3</sup> /s	83.861	LENCASTRE et al. (1995)
	Manutenção e operação	0,07	m <sup>3</sup> /s	98.605	LOBATO (2005)
	Reservatório	500	m <sup>3</sup>	153.509	SANEPAR
	<b>EE</b>				
	Implantação	0,07	m <sup>3</sup> /s	145.614	SABESP
	Manutenção e operação	0,07	m <sup>3</sup> /s	7.281	SANTOS (2003)
	<b>Adutora (A15)</b>				
	Implantação	4.000	m	561.404	SANEPAR
	Manutenção e operação	4.000	m	11.228	SANTOS (2003)
	<b>CR5</b>				
	Implantação	500	m <sup>3</sup>	153.509	SANEPAR
	Manutenção e operação	500	m <sup>3</sup>	3.070	SANTOS (2003)
	<b>Rede de distribuição (RD10)</b>				
	Implantação	35.400	m	655.448	(1)
	Manutenção e operação	35.400	m	13.109	SANTOS (2003)
<b>Custo total do sistema</b>				<b>1.886.637</b>	
Ação 36 - Q = 72,28 L/s	<b>TRE2</b>				
	Cloração				
	Implantação	0,07	M <sup>3</sup> /s	83.861	LENCASTRE et al. (1995)
	Manutenção e operação	0,07	M <sup>3</sup> /s	98.605	LOBATO (2005)
	Reservatório	500	M <sup>3</sup>	153.509	SANEPAR
	<b>EE</b>				
	Implantação	0,07	m <sup>3</sup> /s	145.614	SABESP
	Manutenção e operação	0,07	m <sup>3</sup> /s	7.281	SANTOS (2003)
	<b>Adutora (A15)</b>				
	Implantação	4.000	m	561.404	SANEPAR
	Manutenção e operação	4.000	m	11.228	SANTOS (2003)
	<b>CR5</b>				
	Implantação	500	m <sup>3</sup>	153.509	SANEPAR
	Manutenção e operação	500	m <sup>3</sup>	3.070	SANTOS (2003)
	<b>Caminhão (CM22)</b>				
	Implantação	70.800	m	241.123	DEMLURB (ver Anexo B)
	<b>Custo total do sistema</b>				<b>1.459.203</b>

Continua na próxima página

Conclusão da Tabela 13

	Descrição	Capacidade	Unidade	Custo* (US\$)	Fonte
Ação 40 - Q = 441,83 L/s	<b>TRE2</b>				
	Cloração				
	Implantação	0,44	m <sup>3</sup> /s	116.884	LENCASTRE et al. (1995)
	Manutenção e operação	0,44	m <sup>3</sup> /s	602.749	LOBATO (2005)
	Reservatório	1500	m <sup>3</sup>	350.877	(1)
	<b>EE</b>				
	Implantação	0,44	m <sup>3</sup> /s	350.877	(1)
	Manutenção e operação	0,44	m <sup>3</sup> /s	17.544	SANTOS (2003)
	<b>Adutora (A15)</b>				
	Implantação	12.000	m	9.473.684	SANEPAR
	Manutenção e operação	12.000	m	189.474	SANTOS (2003)
	<b>CR6</b>				
	Implantação	500	m <sup>3</sup>	153.509	SANEPAR
	Manutenção e operação	500	m <sup>3</sup>	3.070	SANTOS (2003)
	<b>Caminhão (CM25 e CM26)</b>				
	Caminhão	---	m	---	---
<b>Custo total do sistema</b>				<b>11.258.668</b>	
Ação 50 - Q = 441,83 L/s	<b>TRE2</b>				
	Cloração				
	Implantação	0,44	m <sup>3</sup> /s	116.884	LENCASTRE et al. (1995)
	Manutenção e operação	0,44	m <sup>3</sup> /s	602.749	LOBATO (2005)
	<b>Custo total do sistema</b>				<b>719.633</b>

NOTA: \* Considerado dólar de dezembro de 2005, equivalente a R\$2,28

(1) Valores estimados com base em dados fornecidos pela SANEPAR

Com base nos custos citados acima e de acordo com o item 3.3.8.6, foi obtido o custo total anual durante a vida útil do sistema. A Tabela 14 apresenta estes valores, os quais foram obtidos com base nos custos de implantação e manutenção/operação para uma vida útil de instalação de 20 anos e uma taxa de retorno do investimento de 10% ao ano.

TABELA 14 – CUSTO TOTAL ANUAL DOS SISTEMAS PROPOSTOS

Ação	Custo de implantação (US\$)	Custo anual de amortização do capital (US\$)	Custo anual de operação e manutenção (US\$)	Custo total anual (US\$)	Vazão de consumo (L/s)	Vazão anual produzida (1.000 m <sup>3</sup> )	Custo Total Anual por 1.000 m <sup>3</sup> (US\$/1.000 m <sup>3</sup> )
11	25.645.551	3.012.070	1.795.391	4.807.461	261,75	8.254,55	582
12	25.875.494	3.039.077	1.625.596	4.664.672	261,75	8.254,55	565
13	25.767.784	3.026.426	1.623.442	4.649.868	261,75	8.254,55	563
26	27.332.397	3.210.190	237.145.867	240.356.057	356,38	11.238,80	21.386
30	7.890.376	926.725	628.093	1.554.818	59,09	1.863,46	834
35	1.753.344	205.930	133.293	339.223	72,28	2.279,42	149
36	1.097.896	128.948	361.308	490.255	72,28	2.279,42	215
40	10.445.831	1.226.863	812.837	2.039.699	441,83	13.933,55	146
50	116.884	13.728	602.749	616.477	441,83	13.933,55	44

NOTA: Considerado dólar de dezembro de 2005, equivalente a R\$2,28

É importante salientar que os custos obtidos para a ação 26, isto é, utilização da água cinza, apresenta um custo total anual por 1000 m<sup>3</sup> muito superior ao apresentado as demais ações, isto se deve ao fato de se tratar de uma ação em que os custos de implantação, manutenção e operação por habitante ainda são altos. Espera-se que com a intensificação desta prática possa haver uma redução significativa nos custos. Também se deve levar em consideração a população atendida, neste caso considerou-se uma taxa de 20% do número total de habitantes pertencentes a área de estudo, isto é, cerca de 1.026.371,63 habitantes.

Cabe ressaltar que os custos totais anuais das nove ações serão utilizados para estabelecer os pesos que farão parte da composição das matrizes de julgamento do Método AHP.

### c) Análise de benefícios

A análise de benefícios será realizada através da metodologia citada por DERRY et al. (2005), comentada no item 3.3.8.3.

Assim sendo, inicialmente, criou-se a Tabela 15, indicando: valores para “p”, ou seja, probabilidade de ocorrência; descrições do evento, variando entre raro e inevitável; e a descrição dos critérios analisados.

TABELA 15 – PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA

Valor de "p"	Descrição	Critério
1	Raro	Evento que pode ocorrer, porém dificilmente, circunstâncias excepcionais
3	Improvável	Evento possível, porém não esperado, ocorrência incomum, esperado a longo prazo
5	Provável	Evento provável de ocorrer, esperado a curto prazo
7	Alta Probabilidade	Evento altamente provável, possibilidade de ocorrência breve e freqüente
9	Inevitável	Evento inevitável, ocorrência constante, sempre observado

NOTA: p = probabilidade de ocorrência

Posteriormente, foi criada a Tabela 16, de forma semelhante a anterior, estipulando valores para “c”, ou seja, a probabilidade da consequência devido a ocorrência, sendo que estes valores variam de insignificante a extremo.

TABELA 16 – PROBABILIDADE DA CONSEQÜÊNCIA DEVIDO A OCORRÊNCIA

Valor de "c"	Descrição	Critério
1	Insignificante	Não se espera proveitos, devido ao pequeníssimo volume de água reaproveitado
3	Pequeno	Dificilmente ocorrem ganhos, devido a pequeno volume de água reaproveitado
5	Moderado	Possibilidade de ocorrer ganhos em longo prazo, devido ao volume de água reaproveitado
7	Grande	Possibilidade de ocorrer ganhos em curto prazo, devido ao volume de água reaproveitado
9	Extremo	Possibilidade de ocorrer ganhos imediatos, devido ao volume de água reaproveitado

NOTA: c = probabilidade da consequência devido a ocorrência

Com base nas tabelas citadas acima, produziu-se a Tabela 17, a qual apresenta a relação de benefícios gerados para os usos citados nas ações selecionadas.

Cabe salientar que as notas determinadas para as colunas “probabilidade de ocorrência” e “probabilidade da consequência da ocorrência” foram estabelecidas pela autora, levando-se em consideração o volume de água de reúso consumido para cada uso, conforme apresentado na Tabela 6.

TABELA 17 – PROBABILIDADE DA OCORRÊNCIA X CONSEQÜÊNCIA PARA BENEFÍCIOS

Ação	Atendimento	Benefício	Probabilidade de ocorrência		Probabilidade da conseqüência da ocorrência		Nota do benefício
			Descrição	Nota	Descrição	Nota	
11	G10 + G11	Expansão da vida útil do SAAP	Diminuição do volume de água a ser tratada	7	Há um aumento na vida útil do SAAP	7	49
		Ambiental	Redução do volume de água captada	7	Maior disponibilidade de água para outros fins	9	63
		Aumento de produtividade	Redução dos custos com água para resfriamento	5	Investimento na indústria	7	35
		Geração de renda	Melhoria da imagem junto ao setor produtivo e a sociedade	5	Maior aceitabilidade de seus produtos no mercado	7	35
12	G12	Expansão da vida útil do SAAP	Diminuição do volume de água a ser tratada	7	Há um aumento na vida útil do SAAP	7	49
		Ambiental	Redução do volume de água captada	7	Maior disponibilidade de água para outros fins	9	63
		Aumento de produtividade	Redução dos custos com água para resfriamento	5	Investimento na indústria	7	35
		Geração de renda	Melhoria da imagem junto ao setor produtivo e a sociedade	5	Maior aceitabilidade de seus produtos no mercado	7	35
13	G1 + G2	Expansão da vida útil do SAAP	Diminuição do volume de água a ser tratada	7	Há um aumento na vida útil do SAAP	7	49
		Ambiental	Redução do volume de água captada	7	Maior disponibilidade de água para outros fins	9	63
		Aumento de produtividade	Redução dos custos com água para resfriamento	5	Investimento na indústria	7	35
		Geração de renda	Melhoria da imagem junto ao setor produtivo e a sociedade	5	Maior aceitabilidade de seus produtos no mercado	7	35
	G13	Expansão da vida útil do SAAP	---	0	---	0	0
		Ambiental	Redução do volume de água captada	9	Maior disponibilidade de água para outros fins	9	81
		Aumento de produtividade	Aumento na produtividade agrícola	7	Maior geração de renda acarretando maiores	5	35
		Geração de renda	Redução de gastos com fertilizantes	5	Maior investimento no setor	7	35
26	G24	Expansão da vida útil do SAAP	Diminuição do volume de água a ser tratada	7	Há um aumento na vida útil do SAAP	7	49
		Ambiental	Redução do volume de água captada	5	Maior disponibilidade de água para outros fins	5	25
		Aumento de produtividade	Redução do volume/custos com água	5	Economia doméstica	5	25
		Geração de renda	Redução do volume/custos com água potável	5	Economia doméstica	5	25

Continua na próxima página

Conclusão da Tabela 17

Ação	Atendimento	Benefício	Probabilidade de ocorrência		Probabilidade da consequência da ocorrência		Nota do benefício
			Descrição	Nota	Descrição	Nota	
30	G17 + G20	Expansão da vida útil do SAAP	Diminuição do volume de água a ser tratada	1	Há um aumento na vida útil do SAAP	1	1
		Ambiental	Redução do volume de água captada	1	Maior disponibilidade de água para outros fins	1	1
		Aumento de produtividade	---	0	---	0	0
		Geração de renda	Aumento de empregos	1	Maior geração de renda	3	3
	G5	Expansão da vida útil do SAAP	Diminuição do volume de água a ser tratada	5	Há um aumento na vida útil do SAAP	3	15
		Ambiental	Redução do volume de água captada	1	Maior disponibilidade de água para outros fins	1	1
		Aumento de produtividade	Redução dos custos com água para resfriamento	3	Investimento na indústria	1	3
		Geração de renda	Melhoria da imagem junto ao setor produtivo e a sociedade	5	Maior aceitabilidade de seus produtos no mercado	3	15
35 e 36	G26 + G27 + G28	Expansão da vida útil do SAAP	Diminuição do volume de água a ser tratada	5	Há um aumento na vida útil do SAAP	3	15
		Ambiental	Redução do volume de água captada	3	Maior disponibilidade de água para outros fins	3	9
		Aumento de produtividade	Redução dos custos com água para resfriamento	5	Investimento na indústria	3	15
		Geração de renda	Melhoria da imagem junto ao setor produtivo e a sociedade	5	Maior aceitabilidade de seus produtos no mercado	5	25
40	G32 + G33	Expansão da vida útil do SAAP	---	0	---	0	0
		Ambiental	Redução do volume de água captada	9	Maior disponibilidade de água para outros fins	9	81
		Aumento de produtividade	Aumento na produtividade agrícola	7	Maior geração de renda acarretando maiores investimentos no setor	5	35
		Geração de renda	Redução de gastos com fertilizantes	5	Maior investimento no setor	7	35
50	Qecológica	Expansão da vida útil do SAAP	Melhoria da qualidade da água a ser captada para o tratamento	7	Aumento da vida útil do sistema e redução nos custos com tratamento	7	49
		Ambiental	Facilitador do processo de autodepuração	9	Favorecimento de comunidades a jusante	9	81
		Aumento de produtividade	Aumento de vazão	7	Favorecimento de comunidades a jusante	7	49
		Geração de renda	Aproveitamento da água de melhor qualidade a jusante	7	Desenvolvimento de comunidades a jusante	5	35

Ressalta-se neste momento que os valores da Tabela 17, pertencentes a coluna “nota do benefício”, calculado pelo produto dos valores entre “p” e “c” serão utilizados para estabelecer os pesos que farão parte da composição das matrizes do Método AHP. Sendo que quando a ação envolve mais de uma atividade, por exemplo, a ação 13, a qual engloba o uso industrial e o uso agrícola, será adotado o maior valor, ou seja, considerado o mais crítico. Considerando ainda o exemplo citado anteriormente, para o benefício ambiental no caso do setor industrial foi obtido o valor 63, enquanto que para o agrícola obteve-se 81. Assim sendo, será considerado o valor 81, para o estabelecimento de peso da matriz que compõe o Método AHP.

#### d) Análise de impactos

Esta análise foi realizada com a mesma metodologia utilizada para a análise dos benefícios. Para a obtenção dos valores para “p”, ou seja, probabilidade de ocorrência, foi utilizada a Tabela 15, enquanto que para a obtenção dos valores de “c”, ou seja, a probabilidade da consequência devido a ocorrência, foi criada a Tabela 18. Cabe salientar que esta tabela foi criada para avaliar os possíveis impactos ambientais, ou seja, situações que provocam alterações ao meio ambiente, geradas ao se utilizar água de reúso.

TABELA 18 – PROBABILIDADE DA CONSEQÜÊNCIA DEVIDO A OCORRÊNCIA DO IMPACTO

Valor de "c"	Descrição	Critério
1	Insignificante	Nenhum dano é esperado
3	Pequeno	Difícilmente ocorrem danos
5	Moderado	Possibilidade de ocorrer danos em longuíssimo prazo
7	Grande	Possibilidade de ocorrer danos em curto prazo
9	Extremo	Possibilidade de ocorrer danos imediatos

NOTA: c = probabilidade da consequência devido a ocorrência

Assim como realizado na análise de benefícios, criou-se a Tabela 19, a qual apresenta o valor dos impactos quantificado.

TABELA 19 – PROBABILIDADE DA OCORRÊNCIA X CONSEQÜÊNCIA PARA IMPACTOS

Ação	Atendimento	Probabilidade de ocorrência		Probabilidade da consequência da ocorrência		Nota do impacto
		Descrição	Nota	Descrição	Nota	
11	G10 + G11	Aumento da quantidade de água disponível	7	Maior disponibilidade de água para outros usos	1	7
12	G12	Aumento da quantidade de água disponível	7	Maior disponibilidade de água para outros usos	1	7
13	G1 + G2	Aumento da quantidade de água disponível	7	Maior disponibilidade de água para outros usos	1	7
	G13	Contaminação da fauna e flora	3	Contaminação da flora, podendo contaminar posteriormente animais e o homem	3	9
		Contaminação do lençol freático, devido à percolação da água de reúso	5	Contaminação da água com a possibilidade de disseminação de doenças	5	25
		Contaminação do solo através de elementos traço	5	Contaminação do solo	7	35
		Salinização do solo através do uso constante da água de reúso na irrigação do campo	5	Contaminação do solo, podendo ocorrer no caso da agricultura a redução da produção agrícola	9	45
26	G24	Aumento da quantidade de água disponível	7	Maior disponibilidade de água para outros usos	1	7
30	G17 + G20	Contaminação de corpos de água que recebem águas pluviais	5	Contaminação da água com a possibilidade de disseminação de doenças	3	15
		Contaminação do solo através de elementos traço	3	Contaminação do solo	7	21
	G5	Aumento da quantidade de água disponível	7	Maior disponibilidade de água para outros usos	1	7
35 e 36	G26 + G27 + G28	Aumento da quantidade de água disponível	7	Maior disponibilidade de água para outros usos	1	7

Continua na próxima página

Conclusão da Tabela 19

Ação	Atendimento	Probabilidade de ocorrência		Probabilidade da consequência da ocorrência		Nota do impacto
		Descrição	Nota	Descrição	Nota	
40	G32 + G33	Contaminação da fauna e flora	3	Contaminação da flora, podendo contaminar posteriormente animais e o homem	3	9
		Contaminação do lençol freático, devido à percolação da água de reúso	5	Contaminação da água com a possibilidade de disseminação de doenças	5	25
		Contaminação do solo através de elementos traço	5	Contaminação do solo	7	35
		Salinização do solo através do uso constante da água de reúso na irrigação do campo	5	Contaminação do solo, podendo ocorrer no caso da agricultura a redução da produção agrícola	9	45
50	Q ecológica	Maior vazão de água no rio	9	Favorecimento das comunidades à jusante	1	9

Compete aqui destacar que os valores obtidos na coluna “nota do impacto” serão utilizados nas matrizes do Método AHP, posteriormente. No entanto quando houver mais de um impacto analisado, para uma mesma ação, será tomado o maior valor, por considerá-lo mais crítico.

#### e) Análise de riscos

Para a análise dos riscos foi realizada a mesma metodologia utilizada para as análises de benefícios e impactos. Para a obtenção dos valores para “p”, ou seja, probabilidade de ocorrência, foi utilizada a Tabela 15. Já, para a obtenção dos valores de “c”, ou seja, a probabilidade da consequência devido a ocorrência do risco, foi criada a Tabela 20, conforme segue.

TABELA 20 – PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO RISCO

<b>Valor de "c"</b>	<b>Descrição</b>	<b>Critério</b>
1	Insignificante	Nenhum dano é esperado
3	Pequeno	Difícilmente ocorrem danos, devido a pequena exposição
5	Moderado	Possibilidade de ocorrer danos em longo prazo, devido a exposições esporádicas
7	Grande	Possibilidade de ocorrer danos irreparáveis em longo prazo, devido a exposições freqüentes
9	Extremo	Possibilidade de causar danos gravíssimos e irremediáveis em curto prazo, devido a exposições freqüentes

NOTA: c = probabilidade da consequência devido a ocorrência

Como realizado para as análises anteriores, foi criada a Tabela 21, com base nos dados das Tabelas 15 e 20. Esta nova tabela apresenta a relação de riscos provocados pelos usos mencionados nas ações selecionadas.

Cabe salientar que as notas determinadas para as colunas “probabilidade de ocorrência” e “probabilidade da consequência da ocorrência” foram estabelecidas levando-se em consideração o risco de exposição da água de reúso com o ambiente (culturas, água e solo) e sanitário (contato com a pele e ingestão), sendo que para a ação que envolve o uso da água cinza foram considerados maiores riscos, pois o tratamento e controle desta água é de responsabilidade dos usuários, podendo tornar-se perigosa devido a negligências no processo de tratamento e desinfecção.

TABELA 21 – PROBABILIDADE DA OCORRÊNCIA X CONSEQÜÊNCIA PARA O RISCO

Uso	Meio	Local	Probabilidade de ocorrência		Probabilidade da consequência da ocorrência		Nota do risco	
			Descrição	Nota	Descrição	Nota		
Limpeza de ruas / caminhão	Ambiental	Culturas	Contaminação de culturas próximas a vias que passam pelo processo de limpeza	1	Contaminação de alimentos	3	3	
		Água	Contaminação do lençol freático devido a percolação	3	Contaminação da água com a possibilidade de disseminação de doenças	5	15	
		Solo	Contaminação do solo devido a percolação	5	Contaminação do solo	3	15	
	Sanitário	Contato com a pele	Contaminação de operário devido a formação de aerossóis	7	Possibilidade de doenças	5	35	
			Contaminação de operário devido ao mau uso de equipamentos de segurança	7	Possibilidade de doenças	7	49	
			Contaminação de operários ou transeuntes com água empossada	5	Possibilidade de doenças	3	15	
		Ingestão	Ingestão da água de reúso devido a falta de sinalização indicando o seu perigo	7	Possibilidade de doenças	9	63	
	Industrial / rede	Ambiental	Culturas	---	0	---	0	0
			Água	Contaminação do lençol freático devido a percolação, caso a água de resfriamento seja lançada no solo	1	Contaminação da água com a possibilidade de disseminação de doenças	3	3
				Contaminação do lençol freático caso haja ruptura da rede	5	Contaminação da água com a possibilidade de disseminação de doenças	7	35
Solo			Contaminação do solo devido a percolação, caso a água de resfriamento seja lançada no solo	1	Contaminação do solo e da flora	5	5	
			Contaminação do solo caso haja ruptura da rede	5	Contaminação do solo e da flora	9	45	
Sanitário		Contato com a pele	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso ocasionando contato direto	7	Possibilidade de doenças	7	49	
			Sinalização deficiente indicando água de reúso pode ocasionar o seu contato direto com o operário	5	Possibilidade de doenças	7	35	
		Ingestão	Conexão cruzada entre o sistema de água potável e de reúso podendo ocasionar contato direto	7	Possibilidade de doenças	9	63	
			Consumo de alimentos contaminados com água de reúso pela indústria	5	Possibilidade de doenças	9	45	
			Ingestão da água de reúso devido a falta de sinalização indicando o seu perigo	7	Possibilidade de doenças	9	63	

Continua na próxima página

Continuação da Tabela 21

Uso	Meio	Local	Probabilidade de ocorrência		Probabilidade da consequência da ocorrência		Nota do risco	
			Descrição	Nota	Descrição	Nota		
Industrial / caminhão	Ambiental	Culturas	---	0	---	0	0	
		Água	Contaminação do lençol freático devido a percolação, caso a água de resfriamento seja lançada no solo	1	Contaminação da água com a possibilidade de disseminação de doenças	3	3	
			Contaminação do lençol freático caso haja ruptura da rede	0	Contaminação da água com a possibilidade de disseminação de doenças	0	0	
		Solo	Contaminação do solo devido a percolação, caso a água de resfriamento seja lançada no solo	1	Contaminação do solo e da flora	5	5	
			Contaminação do solo caso haja ruptura da rede	0	Contaminação do solo e da flora	0	0	
	Sanitário	Contato com a pele	Contaminação de operários devido a formação de aerossóis	7	Possibilidade de doenças	5	35	
			Contaminação de operários devido ao mau uso de equipamentos de segurança, como botas e luvas	7	Possibilidade de doenças	7	49	
		Ingestão	Conexão cruzada entre o sistema de água potável e de reúso podendo ocasionar contato direto	7	Possibilidade de doenças	9	63	
			Consumo de alimentos contaminados com água de reúso pela indústria	5	Possibilidade de doenças	9	45	
			Ingestão da água de reúso devido a falta de sinalização indicando o seu perigo	7	Possibilidade de doenças	9	63	
	Agricultura / caminhão	Ambiental	Culturas	Contaminação de alimentos por patógenos	7	Possibilidade de disseminação de doenças entre consumidores	7	49
				Contaminação, por patógenos, de animais que consomem forragens irrigadas com água de reúso	7	Possibilidade de disseminação de doenças entre consumidores	5	35
			Água	Contaminação, por patógenos, do lençol freático devido a percolação	9	Contaminação da água com a possibilidade de disseminação de doenças	9	81
		Solo	Contaminação do solo através do acúmulo de elementos traço	9	Possibilidade de contaminação de plantas cultivadas neste solo	5	45	
			Contaminação do solo caso haja ruptura na rede	5	Contaminação do solo e da água possibilitando a disseminação de doenças	9	45	
Salinização do solo, caso a área seja irrigada constantemente irrigada com água de reúso			9	Diminuição da produção agrícola	9	81		

Continua na próxima página

Conclusão da Tabela 21

Uso	Meio	Local	Probabilidade de ocorrência		Probabilidade da consequência da ocorrência		Nota do risco	
			Descrição	Nota	Descrição	Nota		
Agricultura / caminho	Sanitário	Contato com a pele	Contaminação de agricultores devido a formação de aerossóis durante a irrigação por aspersão	7	Disseminação de doenças	5	35	
		Ingestão	Contaminação de agricultores devido a formação de aerossóis durante a irrigação por aspersão	9	Disseminação de doenças	7	63	
			Contaminação de consumidores de alimentos, caso não sejam higienizados de forma adequada	7	Disseminação de doenças	9	63	
Uso da água cinza na residência	Ambiental	Culturas	---	0	---	0	0	
		Água	Contaminação do lençol freático caso a água seja lançada no solo	3	Contaminação da água com possibilidade de doenças	1	3	
		Solo	Contaminação do solo caso a água seja lançada no solo	3	Contaminação do solo com possibilidade de doenças	1	3	
	Sanitário	Contato com a pele	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso pode ocasionar contato direto	7	Disseminação de doenças	7	49	
			Inalação de gotículas de água de reúso, devido a formação de aerossóis, em consequência da pressão exercida	7	Disseminação de doenças	9	63	
			Contato direto da água de reúso com as narinas e olhos, principalmente em crianças, devido sua baixa estatura	7	Disseminação de doenças	9	63	
		Ingestão	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de água cinza podendo ocasionar contato direto	7	Disseminação de doenças	9	63	
	Inalação de gotículas de água de reúso, devido a formação de aerossóis, em consequência da pressão exercida		7	Disseminação de doenças	9	63		
	Melhoria da qualidade do Rio Iguazu	Ambiental	Culturas	---	0	---	0	0
			Água	Contaminação do rio, caso a água de reúso não atenda os parâmetros de lançamento	5	Contaminação da água com a possibilidade de disseminação de doenças	7	35
Solo			Contaminação do solo devido a percolação	3	Contaminação do solo	5	15	
Sanitário		Contato com a pele	Contaminação de pessoas se banhando no rio	5	Possibilidade de obtenção de doenças	7	35	
		Ingestão	Contaminação de pessoas que utilizam a água do rio sem tratamento	9	Possibilidade de obtenção de doenças	9	81	

Pelo fato dos riscos serem analisados de acordo com os usos e não de acordo com as ações, tornou-se necessária a criação da Tabela 22. Ela apresenta um resumo dos valores obtidos na coluna “nota do risco”, para cada ação selecionada.

TABELA 22 – RESUMO DA “NOTA DO RISCO” PARA CADA AÇÃO SELECIONADA

ETE	Ação	Uso	Ambiental			Sanitário	
			Culturas	Água	Solo	Contato com a pele	Ingestão
Santa Quitéria	11	Industrial (G10 e G11)	0	3	45	35	63
	12	Industrial (G12)	0	3	45	35	63
	13	Industrial (G1 + G2)	0	3	45	35	63
		Agricultura (G13)	49	81	81	35	63
	26	AC (G24)	0	0	0	35	35
	30	Limpeza Urbana (G17 e G20)	3	15	15	21	35
Industrial (G5)		0	3	5	35	63	
Belém	35	Industrial (G26, G27 e G28)	0	3	45	35	45
	36	Industrial (G26, G27 e G28)	0	3	5	35	63
	40	Agricultura (G32 e G33)	49	81	81	35	63
	50	Manutenção de vazão do Rio Iguaçu	0	35	25	81	81

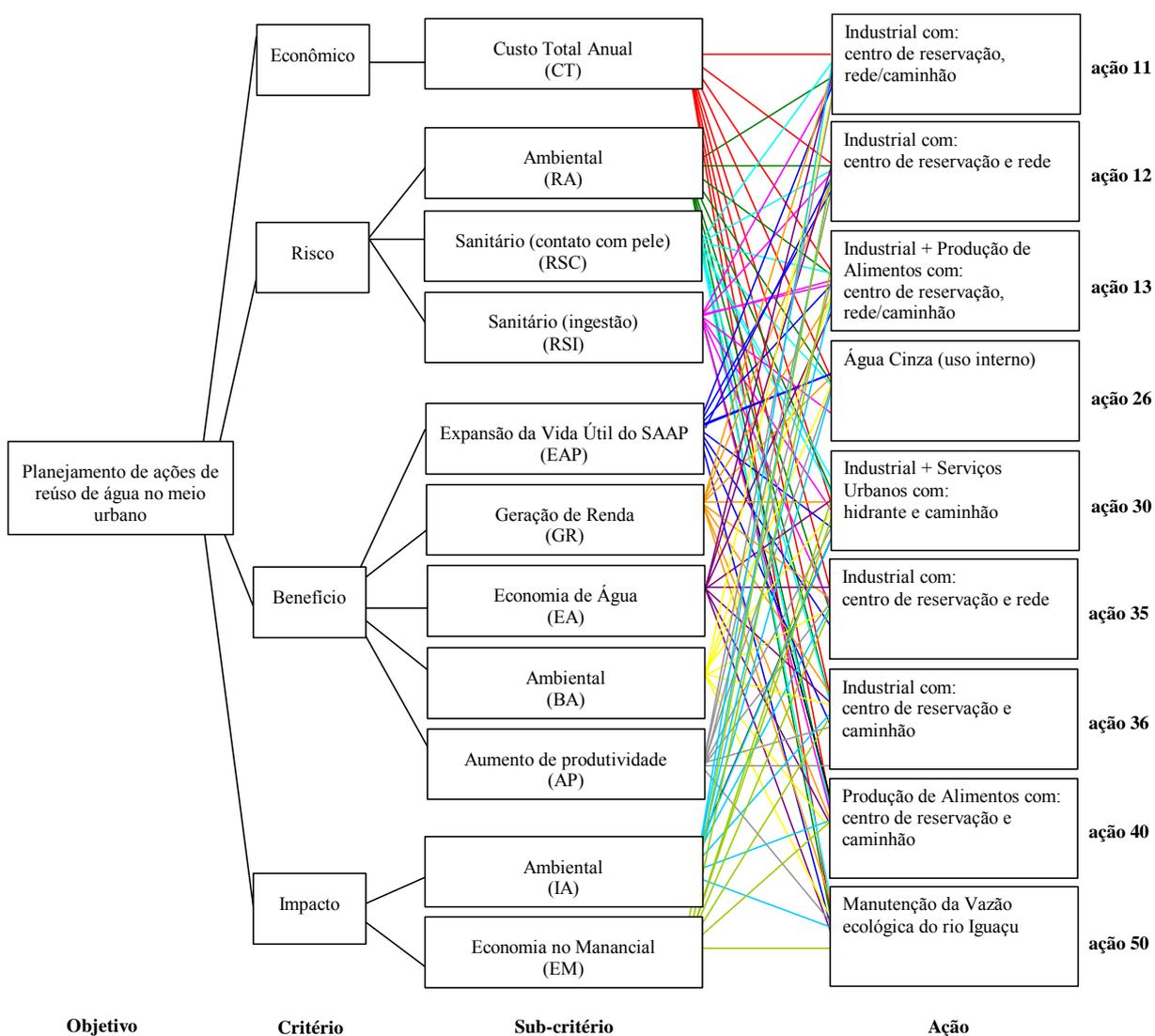
É importante salientar que quando há mais de uma possibilidade de ocorrência para uma mesma análise, optou-se pelo maior valor, por considerá-lo mais crítico. Estas notas, apresentadas na Tabela 22, serão utilizadas para estabelecer os pesos que farão parte da composição das matrizes do Método AHP.

#### 4.5. PROCESSO PARA HIERARQUIZAÇÃO DAS AÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

O processo de hierarquização das ações é realizado através do Método AHP, já comentado no item 3.6.3 e com base nas análises realizadas na avaliação da aplicabilidade das ações de conservação de água (item 4.4).

##### 4.5.1. Árvore Hierárquica

Com a finalidade de estruturar o problema para posteriormente hierarquizar as ações de reúso de água criou-se a árvore hierárquica, conforme sugere o item 3.6.3. Ela foi dividida em quatro níveis, a saber: o objetivo, os critérios, os sub-critérios e finalmente as ações, as quais serão hierarquizadas.



É importante salientar que a construção desta árvore foi gradativa e sofreu vários ajustes, até o momento que foi considerada ideal, abordando parâmetros considerados importantes no contexto do reúso de água no meio urbano.

#### 4.5.2. Escala de Comparação

A escala de comparação foi construída, conforme sugerida por SAATY (1980), variando entre 1, referente a “igual importância” a 9, relativo a “importância absoluta”.

Diante deste contexto, estabeleceu-se escalas para a adequação dos valores encontrados nas análises de custo total anual, economia de água e para aqueles obtidos através de tabelas de “probabilidade da ocorrência x consequência”. A Tabela 23 exhibe as escalas de conversão das notas e ou valores obtidos em pesos (julgamentos), os quais compõe as matrizes de comparação do Método AHP.

TABELA 23 – CONVERSÃO DE NOTAS E VALORES OBTIDOS EM PESOS

<b>Varição da nota</b> <sup>1</sup>	<b>Varição da economia de água</b> <sup>2</sup>	<b>Varição do custo total anual</b> <sup>3</sup>	<b>Escala AHP</b>
81 – 73	0 – 50	1035 – 921	1
72 – 64	51 - 100	920 – 806	2
63 – 55	101 - 150	805 – 691	3
54 – 46	151 - 200	690 – 576	4
45 – 37	201 - 250	575 – 461	5
36 – 28	251 - 300	460 – 346	6
27 – 19	301 - 350	345 – 231	7
18 – 10	351 - 400	230 – 116	8
9 - 0	401 - 450	115 – 0	9

NOTA: <sup>1</sup> Obtida nas tabelas de probabilidade da ocorrência x consequência da probabilidade de ocorrência para riscos e impacto ambiental, sendo que no caso dos benéficos esta seqüência é utilizada invertida

<sup>2</sup> Economia de água no manancial, considerou-se que quanto maior a economia de água do manancial maior será a importância

<sup>3</sup> Custo total anual, considerou-se que quanto maior o custo menor será a importância

Cumpra aqui esclarecer que os valores citados na Tabela 23, coluna “escala AHP” correspondem aos mesmos valores, com o mesmo grau de importância, citados no Quadro 22.

### 4.5.3. Matriz de Julgamento

As matrizes de julgamento foram estruturadas de acordo com a árvore hierárquica e com os pesos citados no item anterior, para posterior comparação par a par. Assim sendo, a Tabela 24 exibe a estrutura das matrizes de julgamento, suas ordens, os elementos analisados e o número de julgamentos necessários para alcançar a hierarquização.

TABELA 24 – RELAÇÃO DE MATRIZES DE JULGAMENTO

	<b>Matriz</b>	<b>Ordem (n x n)</b>	<b>Elementos</b>	<b>Nº de Julgamentos</b>
Objetivo	Planejamento de Ações de Reúso de Água no Meio Urbano	4 x 4	Econômico	16
			Risco	
			Benefício	
			Impacto	
Critério	Econômico	(1 x 1)	Custo anual total	1
	Risco	(3 x 3)	Ambiental	9
			Sanitário (contato)	
			Sanitário (ingestão)	
	Benefício	(5 x 5)	Expansão da vida útil do SAAP	25
			Geração de renda	
			Economia de água	
			Ambiental	
			Aumento de produtividade	
	Impacto	(2 x 2)	Ambiental	4
Economia no manancial				
Sub-critério	Custo Anual Total	(9 x 9)	Todas as ações	81
	Risco Ambiental	(9 x 9)	Todas as ações	81
	Risco Sanitário (contato)	(9 x 9)	Todas as ações	81
	Risco Sanitário (ingestão)	(9 x 9)	Todas as ações	81
	Expansão da vida útil do SAAP	(9 x 9)	Todas as ações	81
	Geração de Renda	(9 x 9)	Todas as ações	81
	Economia de Água	(9 x 9)	Todas as ações	81
	Benefício Ambiental	(9 x 9)	Todas as ações	81
	Aumento de Produtividade	(9 x 9)	Todas as ações	81
	Impacto Ambiental	(9 x 9)	Todas as ações	81
	Economia no Manancial	(9 x 9)	Todas as ações	81

Quanto ao cálculo dos autovalores e autovetores, citados no item 3.6.3, estes foram obtidos com o auxílio do programa MATLAB. Sendo que os autovetores encontrados, depois de normalizados, fornecem a prioridade de hierarquização parcial para cada matriz de julgamento, além de serem utilizados na multiplicação da matriz final, para o fornecimento da hierarquização das ações. Enquanto que os autovalores auxiliam na verificação da consistência da matriz de julgamento.

#### **4.5.4. Simulações do Método AHP para o Estudo de Caso**

Serão realizadas 13 simulações, também denominadas situação, com o objetivo de verificar os efeitos provocados nas prioridades de hierarquização da simulação inicial, além da verificação da estabilidade do comportamento do Método AHP.

Através destas simulações será possível analisar os efeitos obtidos na prioridade de hierarquização, através da:

- variação do peso dos critérios;
- variação do peso de sub-critérios;
- exclusão de sub-critérios;
- variação da característica de algumas ações; e
- exclusão de algumas das ações selecionadas.

Diante destas possibilidades de simulações o decisor visualizará, com maior facilidade o grau de importância de determinada característica da árvore hierárquica estabelecida, além das conseqüências geradas ao se tomar uma decisão.

##### **4.5.4.1. Simulação inicial**

Os dados utilizados para esta situação são os obtidos no item 4.4. Assim sendo, a Tabela 25 exibe os pesos atribuídos as matrizes de julgamento dos critérios e

sub-critérios analisados. Cumpre esclarecer que não será apresentada a tabela referente ao fator econômico, pois este fator é composto somente pelo custo total anual.

TABELA 25 – PESOS ATRIBUIDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS E SUB-CRITÉRIOS

<b>Critério</b>	<b>Risco</b>	<b>Econômico</b>	<b>Benefício</b>	<b>Impacto</b>
<b>Risco</b>	1	3	7	7
<b>Econômico</b>	1/3	1	5	5
<b>Benefício</b>	1/7	1/5	1	1
<b>Impacto</b>	1/7	1/5	1	1

<b>Risco</b>	<b>RSI</b>	<b>RSC</b>	<b>RA</b>
<b>RSI</b>	1	3	7
<b>RSC</b>	1/3	1	5
<b>RA</b>	1/7	1/5	1

<b>Impacto</b>	<b>IA</b>	<b>EM</b>
<b>IA</b>	1	3
<b>EM</b>	1/3	1

<b>Benefício</b>	<b>EA</b>	<b>BA</b>	<b>AP</b>	<b>GR</b>	<b>EAP</b>
<b>EA</b>	1	1/3	3	3	5
<b>BA</b>	3	1	5	5	7
<b>AP</b>	1/3	1/5	1	1	3
<b>GR</b>	1/3	1/5	1	1	3
<b>EAP</b>	1/5	1/7	1/3	1/3	1

NOTA: RSI = risco sanitário (ingestão); RSC = risco sanitário (contato); RA = risco ambiental; IA = impacto ambiental; EM = economia no manancial; EA = economia de água; BA = benefício ambiental; AP = aumento de produtividade; GR = geração de renda; EAP = expansão da vida útil do SAAP

É importante esclarecer que, por exemplo, ao se atribuir nota 7, na comparação entre o risco com o benefício, significa dizer que o risco é 7 vezes mais importante que o benefício, ou seja, o benefício corresponde a 1/7 do risco quando comparado.

#### 4.5.4.2. Simulações adicionais

Neste item serão apresentadas as descrições e características particulares para cada situação, além dos dados adicionais necessários para a aplicação do Método AHP.

##### a) Variando o peso do critério

- Situação 1: para esta situação foram alterados os pesos da matriz de julgamento dos critérios, valorizando o critério econômico, conforme exibido na Tabela 26.

TABELA 26 – PESOS ATRIBUIDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS PARA SITUAÇÃO 1

<b>Critério</b>	<b>Risco</b>	<b>Econômico</b>	<b>Benefício</b>	<b>Impacto</b>
<b>Risco</b>	1	1/3	5	5
<b>Econômico</b>	3	1	7	7
<b>Benefício</b>	1/5	1/7	1	1
<b>Impacto</b>	1/5	1/7	1	1

- Situação 2: foram alterados os pesos da matriz de julgamento dos critérios, dando maior ênfase ao critério benefício e mesmo peso para os critérios econômico e risco, conforme exibido na Tabela 27.

TABELA 27 – PESOS ATRIBUIDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS PARA SITUAÇÃO 2

<b>Critério</b>	<b>Risco</b>	<b>Econômico</b>	<b>Benefício</b>	<b>Impacto</b>
<b>Risco</b>	1	1	1/2	2
<b>Econômico</b>	1	1	1/2	2
<b>Benefício</b>	2	2	1	3
<b>Impacto</b>	1/2	1/2	1/3	1

##### b) Variando o peso do sub-critério

- Situação 3: promoção da modificação dos pesos estabelecidos para a matriz de julgamento evidenciando os seguintes sub-critérios: o risco quanto ao contato, o

benefício quanto a economia de água e o impacto quanto a economia de água no manancial. A Tabela 28 apresenta todos os pesos estabelecidos para esta situação.

TABELA 28 – PESOS ATRIBUÍDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS E SUB-CRITÉRIOS DA SITUAÇÃO 3

<b>Benefício</b>	<b>EA</b>	<b>BA</b>	<b>AP</b>	<b>GR</b>	<b>EAP</b>
<b>EA</b>	1	3	5	5	7
<b>BA</b>	1/3	1	3	3	5
<b>AP</b>	1/5	1/3	1	1	3
<b>GR</b>	1/5	1/3	1	1	3
<b>EAP</b>	1/7	1/5	1/3	1/3	1

<b>Risco</b>	<b>RSI</b>	<b>RSC</b>	<b>RA</b>
<b>RSI</b>	1	1/3	3
<b>RSC</b>	3	1	5
<b>RA</b>	1/3	1/5	1

<b>Impacto</b>	<b>IA</b>	<b>EM</b>
<b>IA</b>	1	1/3
<b>EM</b>	3	1

NOTA: RSI = risco sanitário (ingestão); RSC = risco sanitário (contato); RA = risco ambiental; IA = impacto ambiental; EM = economia no manancial; EA = economia de água; BA = benefício ambiental; AP = aumento de produtividade; GR = geração de renda; EAP = expansão da vida útil do SAAP

- Situação 4: modificação dos pesos estabelecidos para a matriz de julgamento salientando os sub-critérios risco, benefício e impacto quanto a esfera ambiental.

TABELA 29 – PESOS ATRIBUIDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS E SUB-CRITÉRIOS DA SITUAÇÃO 4

<b>Benefício</b>	<b>EA</b>	<b>BA</b>	<b>AP</b>	<b>GR</b>	<b>EAP</b>
<b>EA</b>	1	1/2	2	2	2
<b>BA</b>	2	1	3	3	3
<b>AP</b>	1/2	1/3	1	1	1
<b>GR</b>	1/2	1/3	1	1	1
<b>EAP</b>	1/2	1/3	1	1	1

<b>Risco</b>	<b>RSI</b>	<b>RSC</b>	<b>RA</b>
<b>RSI</b>	1	1	1/3
<b>RSC</b>	1	1	1/2
<b>RA</b>	3	2	1

<b>Impacto</b>	<b>IA</b>	<b>EM</b>
<b>IA</b>	1	2
<b>EM</b>	1/2	1

NOTA: RSI = risco sanitário (ingestão); RSC = risco sanitário (contato); RA = risco ambiental; IA = impacto ambiental; EM = economia no manancial; EA = economia de água; BA = benefício ambiental; AP = aumento de produtividade; GR = geração de renda; EAP = expansão da vida útil do SAAP

- Situação 5: esta situação considera o mesmo peso para os sub-critérios ambiental e economia de água no manancial, pertencentes o critério impacto.

TABELA 30 – PESOS ATRIBUIDOS A MATRIZ DE JULGAMENTO DO SUB-CRITÉRIO DA SITUAÇÃO 5

<b>Impacto</b>	<b>IA</b>	<b>EM</b>
<b>IA</b>	1	1
<b>EM</b>	1	1

NOTA: IA = impacto ambiental; EM = economia no manancial

### c) Exclusão de sub-critérios

- Situação 6: manteve-se a estrutura inicial e retirou-se do critério risco o sub-critério risco ambiental para verificação da influência do risco ambiental na hierarquia.
- Situação 7: manteve-se a estrutura inicial e retirou-se do critério benefício o sub-critério expansão da vida útil do SAAP para verificação de sua influência na prioridade de hierarquia.

## d) Variando a característica das ações

- Situação 8: esta situação acrescenta no setor agrícola da ação 13, produção de alimentos e industrial, o custo aproximado do transporte da água de reúso entre os agricultores e o centro de reservação (CR1) através de caminhões. Para tanto, considerou-se uma distância média entre o CR1 e o centro médio dos agricultores de 6.000 m. O objetivo é a verificação da influência destes custos na hierarquia de prioridades inicialmente encontrada. A Tabela 31 apresenta os custos aproximados para a implantação, manutenção e operação desta ação, enquanto que a Tabela 32 mostra o seu custo total anual.

TABELA 31 – CUSTOS APROXIMADOS PARA A SITUAÇÃO 8

Ação 13 - Q = 261,75 L/s	<b>TREI</b>				
	Pós-tratamento - lodo ativado				
	Implantação	0,26	m <sup>3</sup> /s	16.492.019	SANTOS (2003)
	Manutenção e operação	0,26	m <sup>3</sup> /s	1.080.667	SANTOS (2003)
	Cloração				
	Implantação	0,26	m <sup>3</sup> /s	100.792	LENCASTRE et al. (1995)
	Manutenção e operação	0,26	m <sup>3</sup> /s	357.077	LOBATO (2005)
	Reservatório	1000	m <sup>3</sup>	285.088	SANEPAR
	<b>EE</b>				
	Implantação	0,26	m <sup>3</sup> /s	263.158	SANEPAR
	Manutenção e operação	0,26	m <sup>3</sup> /s	13.158	SANTOS (2003)
	<b>Adutora (AI)</b>				
	Implantação	13.450	m	7.078.947	SANEPAR
	Manutenção e operação	13.450	m	141.579	SANTOS (2003)
	<b>CRI</b>				
	Implantação	500	m <sup>3</sup>	153.509	SANEPAR
	Manutenção e operação	500	m <sup>3</sup>	3.070	SANTOS (2003)
	<b>Rede de distribuição (RD1)</b>				
	Implantação	83.421	m	1.394.272	(1)
	Manutenção e operação	83.421	m	27.885	SANTOS (2003)
	<b>Distribuição (agricultura) (CM8)</b>				
	Caminhões	6.000	m	2.836.526	DEMLURB (ver Anexo B)
	<b>Custo total do sistema</b>			<b>30.227.747</b>	

NOTA: \* Considerado dólar de dezembro de 2005, equivalente a R\$2,28

(1) Valores estimados com base em dados fornecidos pela SANEPAR

TABELA 32 – CUSTO TOTAL ANUAL DA SITUAÇÃO 8

<b>Ação</b>	<b>Custo de implantação (US\$)</b>	<b>Custo anual de amortização do capital (US\$)</b>	<b>Custo anual de operação e manutenção (US\$)</b>	<b>Custo total anual (US\$)</b>	<b>Vazão de consumo (L/s)</b>	<b>Vazão anual produzida (1.000 m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo Total Anual por 1.000 m<sup>3</sup> (US\$/1.000 m<sup>3</sup>)</b>
13	25.767.784,26	3.026.426,26	4.459.967	7.486.394	261,75	8.254,55	907

- Situação 9: esta situação acrescenta na ação 40, produção de alimentos com a distribuição da água de reúso através de caminhões, o custo aproximado do transporte da água de reúso entre os agricultores e o centro de reservação (CR6). Para tanto, considerou-se uma distância média entre o CR6 e o centro médio dos agricultores de aproximadamente 4.500 m. O objetivo é a verificação da influência destes custos na hierarquia de prioridades inicialmente encontrada. Cumpre ressaltar que caso não seja utilizada toda a água ofertada, ela será encaminhada ao Rio Iguaçu, conseqüentemente haverá redução nos custos de transporte. A Tabela 33 apresenta os custos aproximados para a implantação, operação e manutenção da ação 40. Cabe salientar que para a realização desta simulação optou-se por calcular o custo do transporte para uma vazão de 59 L/s, pois a obtenção dos custos para os 441,85 L/s inviabiliza a prática de reúso de água. Nestes cálculos foram considerados os custos para o transporte da água de reúso do CR6 até o agricultor. Já a Tabela 34 exhibe o custo total anual para esta situação.

TABELA 33 – CUSTOS APROXIMADOS PARA A SITUAÇÃO 9

	Descrição	Capacidade	Unidade	Custo* (US\$)	Fonte
Ação 40 - Q = 441,83 L/s	<b>TRE2</b>				
	Cloração				
	Implantação	0,44	m <sup>3</sup> /s	116.884	LENCASTRE et al. (1995)
	Manutenção e operação	0,44	m <sup>3</sup> /s	602.749	LOBATO (2005)
	Reservatório	1500	m <sup>3</sup>	350.877	(1)
	<b>EE</b>				
	Implantação	0,44	m <sup>3</sup> /s	350.877	(1)
	Manutenção e operação	0,44	m <sup>3</sup> /s	17.544	SANTOS (2003)
	<b>Adutora (A15)</b>				
	Implantação	12.000	m	9.473.684	SANEPAR
	Manutenção e operação	12.000	m	189.474	SANTOS (2003)
	<b>CR6</b>				
	Implantação	500	m <sup>3</sup>	153.509	SANEPAR
	Manutenção e operação	500	m <sup>3</sup>	3.070	SANTOS (2003)
	<b>Caminhão (CM25 e CM26)</b>				
	Caminhão	4.500	m	6.774.635	DEMLURB (ver Anexo B)
	<b>Custo total do sistema</b>				<b>18.033.303</b>

NOTA: \* Considerado dólar de dezembro de 2005, equivalente a R\$2,28

(1) Valores estimados com base em dados fornecidos pela SANEPAR

TABELA 34 – CUSTO TOTAL ANUAL DA SITUAÇÃO 9

Ação	Custo de implantação (US\$)	Custo anual de amortização do capital (US\$)	Custo anual de operação e manutenção (US\$)	Custo total anual (US\$)	Vazão de consumo (L/s)	Vazão anual produzida (1.000 m <sup>3</sup> )	Custo Total Anual por 1.000 m <sup>3</sup> (US\$/1.000 m <sup>3</sup> )
40	10.445.831,48	1.226.862,91	7.587.472	8.814.335	441,83	13.933,55	633

- Situação 10: esta situação envolve as simulações 8 e 9, descritas anteriormente. A finalidade dela é a verificação da alteração na hierarquização inicial das ações, envolvendo alterações nos custos de duas ações.

e) Exclusão de ações

- Situação 11: retirou-se a ação de uso indireto, manutenção da vazão ecológica do Rio Iguaçu, para verificação do comportamento do seqüencial das prioridades de hierarquização para somente ações de uso indireto;
- Situação 12: retirou-se a ação uso da água cinza em edificações para verificação de sua influência perante as demais; e
- Situação 13: exclusão da ação 13, referente ao atendimento do setor industrial e agrícola, através de rede e caminhão respectivamente. O objetivo desta exclusão é a verificação da influência desta ação perante as demais.

#### **4.5.5. Proposição de Diretrizes para o Planejamento e Gestão de Conservação da Água**

A proposição das diretrizes será construída sob a hierarquização, a qual será definida após a aplicação do Método AHP. Neste trabalho estas diretrizes serão apresentadas no item 5, referente aos Resultados e Discussões.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O item 5 - Resultados e Discussões está subdividido conforme segue:

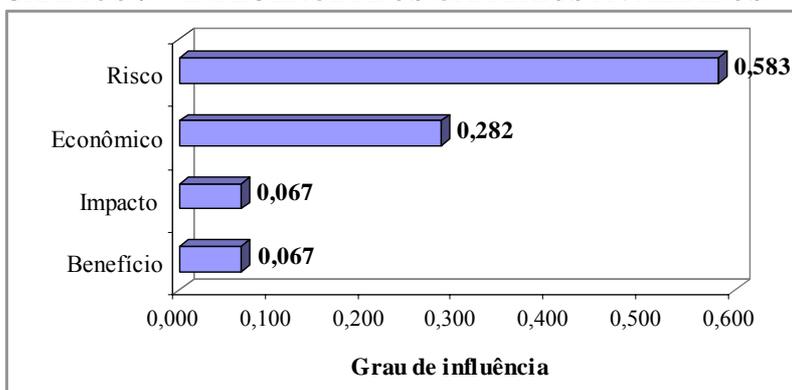
- item 5.1 – apresenta a escala hierárquica obtidas através da aplicação do Método AHP para a situação inicial, além da verificação de sua consistência; e
- item 5.2 – neste item são apresentadas as 13 situações, definidas como simulações adicionais. Estas simulações são comparadas individualmente com a simulação inicial. O objetivo destas comparações é a verificação da alteração de posicionamento na escala hierárquica conforme se altera o grau de importância de critérios e sub-critérios, neste sentido também são apresentados casos de exclusão de sub-critérios e de ações. Também neste item são apresentadas as verificações da consistência para cada situação.

### 5.1. RESULTADOS OBTIDOS PARA A SITUAÇÃO INICIAL

Depois de concluída a etapa de operacionalização das matrizes de julgamento, obteve-se uma escala de prioridades das ações de reúso de água.

Como mencionado no item 3.6.3, o Método AHP é claro durante todo o processo de hierarquização, sendo possível acompanhar passo a passo o seu desenvolvimento. É diante desta expectativa que o Gráfico 9 apresenta o comportamento dos critérios inicialmente avaliados.

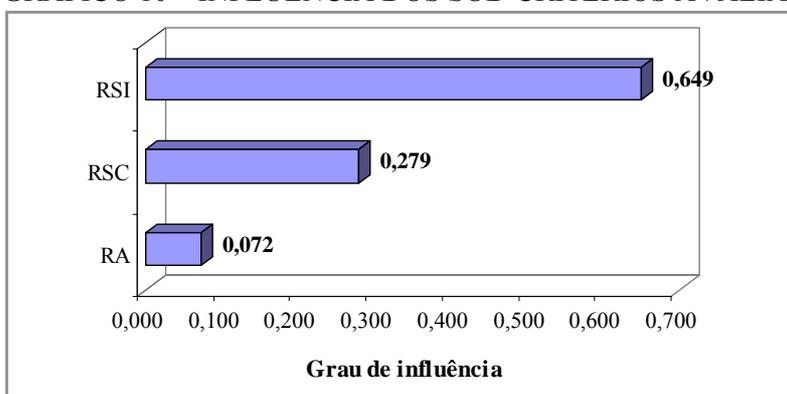
GRÁFICO 9 – INFLUÊNCIA DOS CRITÉRIOS AVALIADOS



Diante do Gráfico 9 percebe-se que dos quatro critérios avaliados, o fator risco assume um maior peso, evidenciando o risco de prática de reúso de água, de forma indiscriminada. Já o fator econômico aparece na seqüência com menor grau de importância, porém salientando a importância da viabilidade econômica na implantação de obras de reúso de água. Por fim, de forma menos influenciável, porém fundamental, aparecem o impacto e o benefício.

Após a avaliação dos critérios, os sub-critérios são analisados para cada critério. Diante desta perspectiva o Gráfico 10 exibe a influência do critério risco aos sub-critérios risco ambiental e risco de contato sanitário com a pele e ingestão da água.

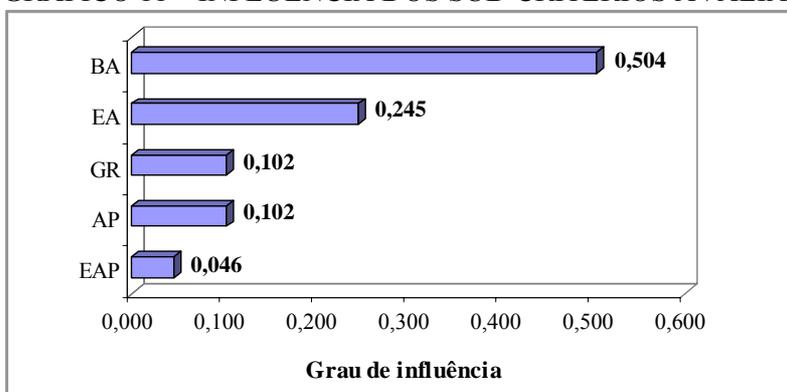
GRÁFICO 10 – INFLUÊNCIA DOS SUB-CRITÉRIOS AVALIADOS QUANTO AO RISCO



NOTA: RSI = risco sanitário (ingestão); RSC = risco sanitário (contato); RA = risco ambiental

Já o Gráfico 11 apresenta a influência do critério benefício quanto aos sub-critérios: expansão da vida útil do SAAP (EAP), geração de renda (GR), aumento de produtividade (AP), benefício ambiental (BA) e economia de água (EA).

GRÁFICO 11 – INFLUÊNCIA DOS SUB-CRITÉRIOS AVALIADOS QUANTO AO BENEFÍCIO



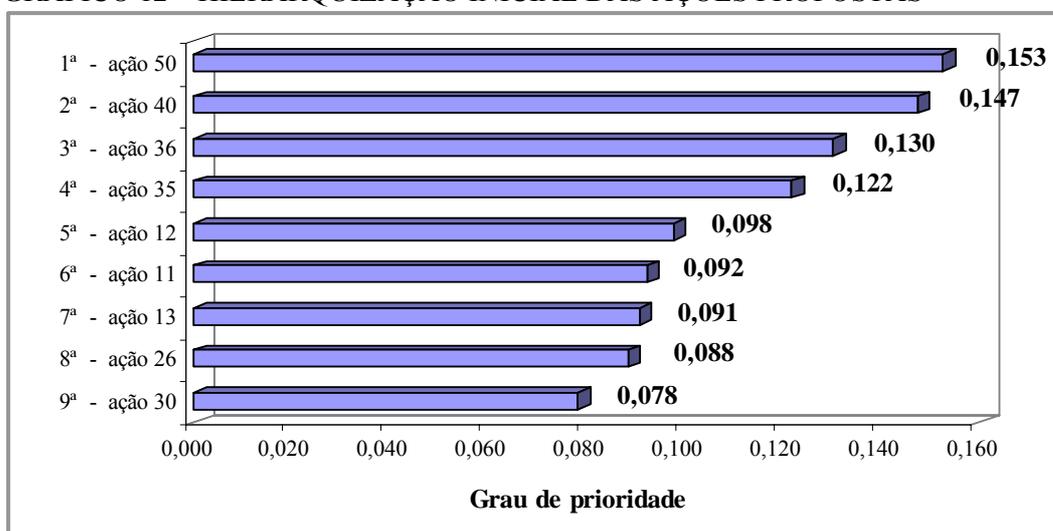
NOTA: BA = benefício ambiental; EA = economia de água; GR = geração de renda; AP = aumento de produtividade; EAP = expansão da vida útil do SAAP

Da mesma forma foram analisados os fatores econômico e impacto, sendo que o fator econômico por possuir apenas um sub-critério, o custo total anual, detém 100% da influência.

Quanto ao impacto, o sub-critério economia de água no manancial obteve 25% do grau de importância quando comparada com os possíveis impactos ambientais.

Já, através da comparação par a par de todas as matrizes estruturadas, as ações foram hierarquizadas de forma inicial conforme apresentado no Gráfico 12.

GRÁFICO 12 – HIERARQUIZAÇÃO INICIAL DAS AÇÕES PROPOSTAS



NOTA: ação 50 = manutenção da vazão ecológica no Rio Iguaçu (ETE Belém)  
 ação 40 = atendimento do setor agrícola em São José dos Pinhais e Curitiba, através de caminhão (ETE Belém)  
 ação 36 = atendimento do setor industrial através de caminhão (9 indústrias) (ETE Belém)  
 ação 35 = atendimento do setor industrial através de rede (9 indústrias) (ETE Belém)  
 ação 12 = atendimento do setor industrial através de rede (2 indústrias) (ETE Santa Quitéria)  
 ação 11 = atendimento do setor industrial através de rede (25 indústrias) (ETE Santa Quitéria)  
 ação 13 = atendimento dos setores industrial (25 indústrias) e agrícola através de rede e caminhão, respectivamente (ETE Santa Quitéria)  
 ação 26 = uso da água cinza em edificações (ETE Santa Quitéria)  
 ação 30 = atendimento dos setores industrial (4 indústrias) e de serviços urbanos, através de caminhão (ETE Santa Quitéria)

Frente a este contexto a ação 50 referente à manutenção da vazão ecológica do Rio Iguaçu apresentou-se como a mais viável de acordo com as análises, isto devido ao baixo custo necessário para sua implantação, manutenção e operação e aos altos benefícios por ela gerados. Já, a ação 40 relativa a produção de alimentos apresentou-se como a segunda ação a ser implantada. Isto se deve ao grande volume de água

consumido por ela, além de serem contabilizados apenas os custos de tratamento da água residuária, pois pelo fato do setor agrícola encontrar-se disperso, considerou-se que os custos com transporte da água são de responsabilidade do próprio agricultor.

Não obstante, as ações 36 e 35, atendendo o mesmo setor industrial através de caminhão e rede, respectivamente, atingiram a terceira e quarta posição. Estas ações apresentaram uma diferença pequena de posicionamento na escala hierárquica, representando aproximadamente 6%. Esta diferença foi motivada pelos menores riscos impostos através do uso de caminhão, uma vez que para a rede foi considerado um risco maior devido à possibilidade de cruzamento e de ruptura da rede.

Já, a quinta e sexta posições são ocupadas pelo atendimento ao setor industrial. A ação 12 ocupa a quinta colocação, atendendo apenas a duas indústrias, porém com grandes vazões de demanda, enquanto que a sexta posição é ocupada pelo atendimento a 25 indústrias. O maior diferença entre os dois sistemas é determinado pelo custo necessário para implantação, manutenção e operação dos sistemas propostos.

Na sétima posição apresenta-se a ação 13, a qual atende aos setores industrial e agrícola simultaneamente. Pelo fato desta ação atender a dois setores, com características diferentes, ela obteve maior nota quanto ao sub-critério risco ambiental, isto devido ao fato da agricultura representar maior risco ambiental, quando comparado com ações somente de caráter industrial.

Quanto à oitava posição na escala hierárquica, foi ocupada pela ação 26, uso da água cinza em edificações, a qual apresentou alto custo total anual e poucos benefícios, quando comparado com os benefícios das demais ações.

Finalmente a nona posição foi ocupada pela ação 30, cabe aqui destacar os baixos benefícios gerados em função do baixo volume de água economizado e o alto custo total anual necessário para o seu funcionamento.

Diante deste contexto percebe-se que a ação referente ao reúso indireto planejado, manutenção da vazão ecológica do Rio Iguaçu, mostrou-se mais atraente quando comparada com as ações relacionadas ao reúso direto.

### 5.1.1. Verificações da Consistência do Método AHP para a Situação Inicial

A consistência do Método AHP foi avaliada conforme comentado no item 3.6.4.1, através do índice de consistência e da razão de consistência, obtidos através das fórmulas  $IC = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$  e  $RC = IC / IR$ .

Conforme exibido na Tabela 35, os valores para Razão de Consistência (RC) encontrados para as matrizes de julgamento são inferiores a 0,10, o que segundo SAATY (1980), torna as matrizes de julgamento aceitáveis.

TABELA 35 – RELAÇÃO DE ÍNDICE E RAZÃO DE CONSISTÊNCIA DAS MATRIZES DE JULGAMENTO

Nível	Matriz	IC	RC
Objetivo	Planejamento de Ações de Reúso de Água no Meio Urbano	0,02	0,03
Critério	Econômico	--- (*)	--- (*)
	Risco	0,03	0,03
	Benefício	0,00	--- (*)
	Impacto	0,03	0,06
Sub-critério	Custo Anual Total	0,04	0,03
	Risco Ambiental	0,00	0,00
	Risco Sanitário (contato)	0,00	0,00
	Risco Sanitário (ingestão)	0,05	0,03
	Expansão da vida útil do SAAP	0,04	0,03
	Geração de Renda	0,04	0,03
	Economia de Água	0,03	0,02
	Benefício Ambiental	0,00	0,00
	Aumento de Produtividade	0,01	0,00
	Impacto Ambiental	0,01	0,00
Economia no Manancial	0,04	0,03	

NOTA: (\*) não existe resultado, trata-se de um número dividido por zero

Cumpra salientar que uma vez que a razão de consistência obtida é inferior a 0,10, não há a necessidade da realização da análise de robustez.

Para a verificação da estabilidade do resultado obtido, serão realizadas simulações adicionais, as quais conforme sugerido no item 3.6.4.2 verificam se a hierarquia estabelecida é estável.

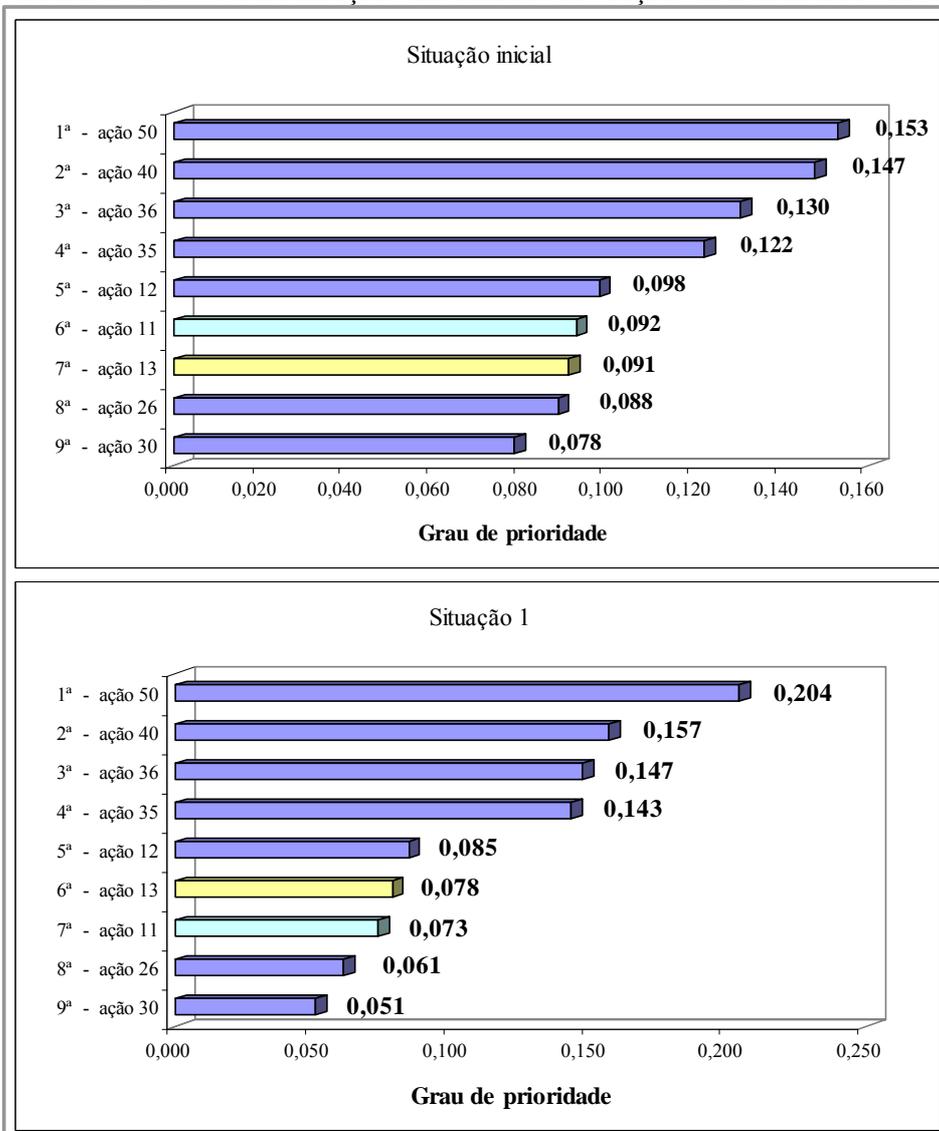
## 5.2. RESULTADOS OBTIDOS PARA AS SIMULAÇÕES ADICIONAIS

Foram realizadas 13 simulações, conforme descrito no item 4.5.4.2, sendo que seus resultados são apresentados na seqüência.

### a) Variando o peso dos critérios

- **Situação 1:** alteração dos pesos da matriz de julgamento dos critérios, valorizando o critério econômico. Assim sendo, o Gráfico 13 apresenta a alteração que ocorre na seqüência hierárquica inicial entre as ações 11 e 13.

GRÁFICO 13 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 1

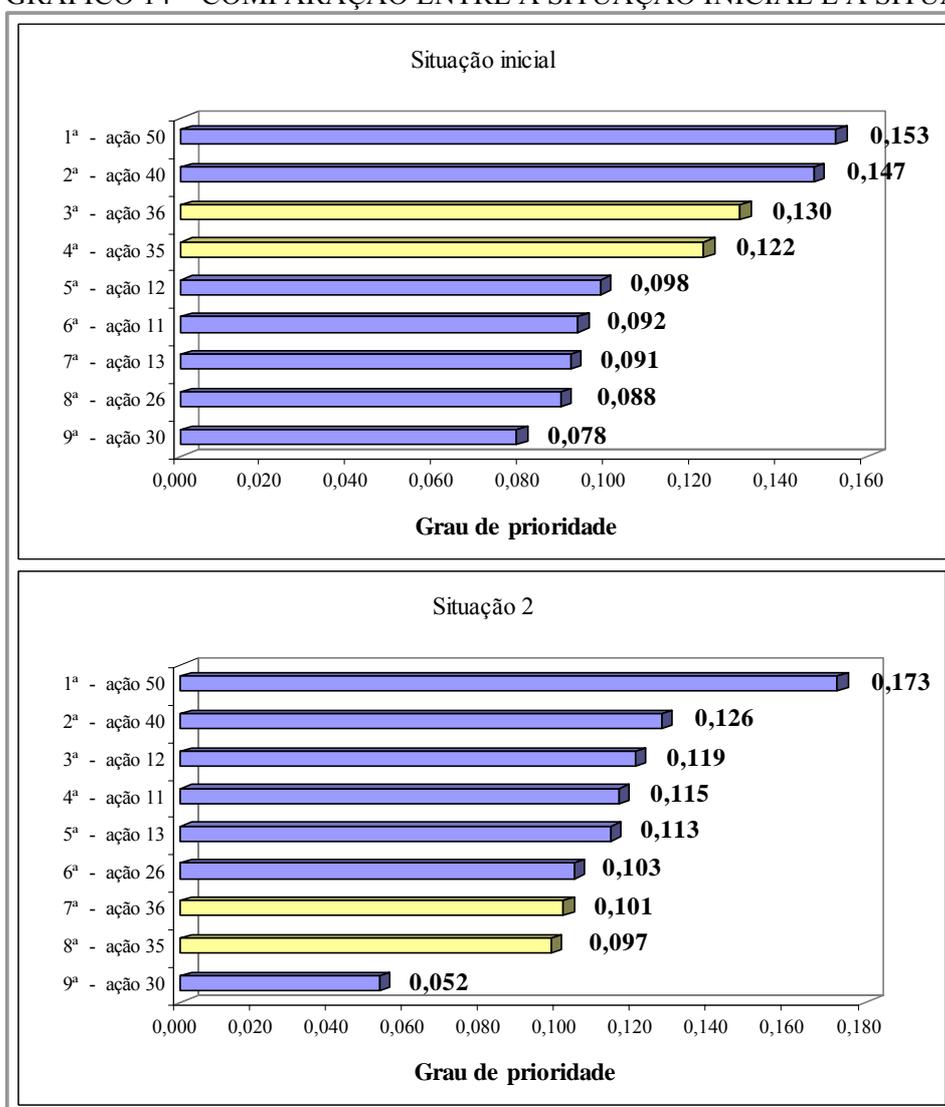


NOTA: ação 11 = atendimento do setor industrial através de rede (25 indústrias) (ETE Santa Quitéria)  
 ação 13 = atendimento aos setores industrial (25 indústrias) e agrícola através de rede e caminhão, respectivamente (ETE Santa Quitéria)

Analisando os resultados apresentados no Gráfico 13 percebe-se que a única alteração ocorre entre as posições seis e sete, entre as ações 11 e 13. A inversão ocorreu pelo fato de se ter enfatizado o fator custo, além da pequena diferença obtida no grau de influencia da situação inicial.

- **Situação 2:** alteração dos pesos da matriz de julgamento dos critérios, atribuindo maior ênfase ao critério benefício e mesmo peso para os critérios econômico e risco. O Gráfico 14 exhibe a comparação entre a situação inicial e a descrita anteriormente.

GRÁFICO 14 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 2



NOTA: ação 35 = atendimento do setor industrial através de rede (ETE Belém)  
ação 36 = atendimento do setor industrial através de caminhão (ETE Belém)

De acordo com o Gráfico 14 as ações 35 e 36 passaram da terceira e quarta posição para a sétima e oitava, o que acarretou mudanças na estrutura hierárquica inicial. Isto se deve aos menores benefícios que estas ações apresentam quando comparadas com as demais. Tal fato pode ser percebido através da comparação de volumes de água economizados no manancial.

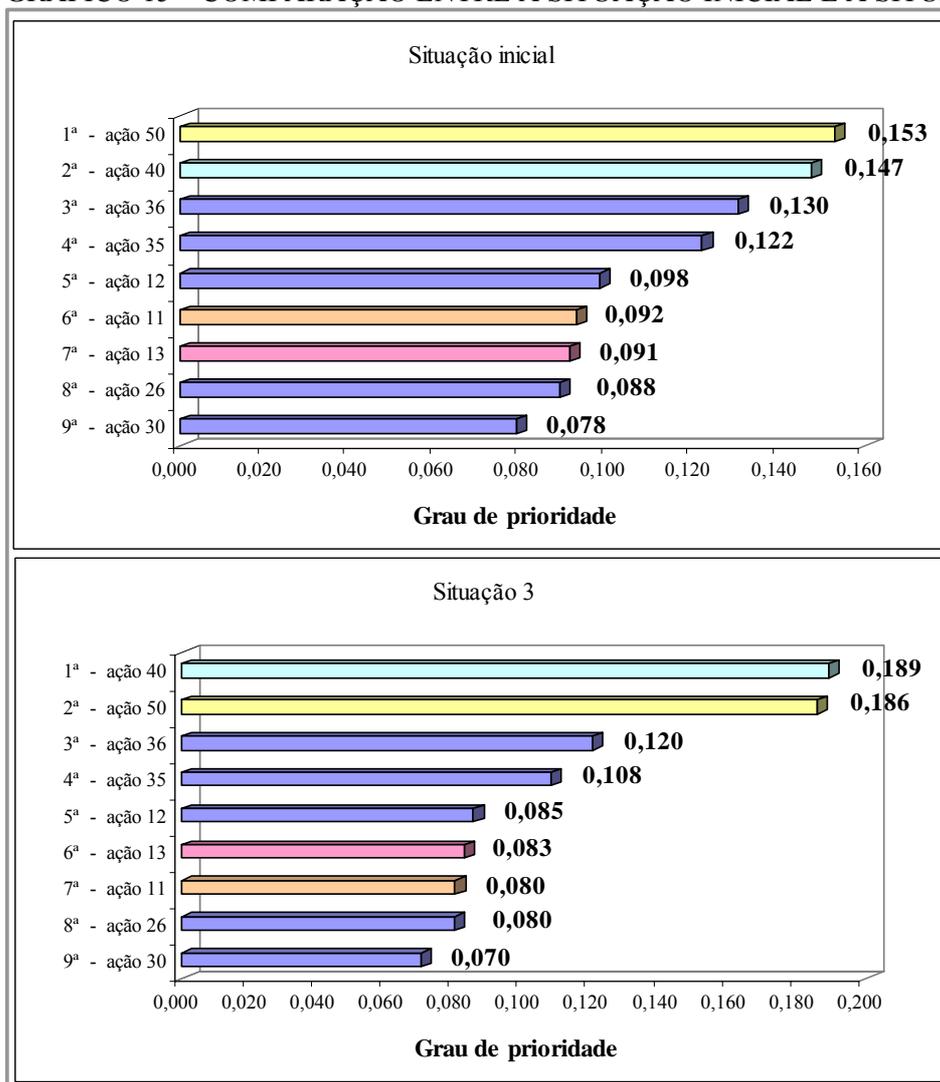
b) Variando o peso do sub-critério

- **Situação 3:** modificação dos pesos estabelecidos para a matriz de julgamento evidenciando os seguintes sub-critérios: o risco quanto ao contato, o benefício quanto a economia de água e o impacto quanto a economia de água no manancial.

De um modo geral, esta situação apresentou, conforme pode ser observado no Gráfico 15, a inversão de posicionamento entre as ações 50 e 40 e entre as ações 11 e 13. A inversão provocada entre as ações 50 e 40 se deve a valorização do benefício e do impacto, os quais valorizam a economia de água proporcionada através da prática de reúso de água. Como a ação 50 não proporciona economia de água, ela perdeu sua posição para ação 40 que oferece tal vantagem.

Já, a inversão provocada entre as ações 11 e 13 se deve a alteração dos pesos atribuídos a matriz de risco. Ao se evidenciar o risco sanitário do contato entre a pele e a água de reúso, aumentou-se também o risco ambiental, quando comparado com a situação inicial. Como a ação 13 possui maior risco ambiental no solo e na água, devido aos riscos impostos pela agricultura, conforme consta na Tabela 22, houve a inversão de posicionamento.

GRÁFICO 15 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 3



NOTA: ação 11 = atendimento do setor industrial através de rede (25 indústrias) (ETE Santa Quitéria)  
 ação 13 = atendimento dos setores industrial (25 indústrias) e agrícola através de rede e caminhão, respectivamente (ETE Santa Quitéria)  
 ação 40 = atendimento do setor agrícola em São José dos Pinhais e Curitiba através de caminhão (ETE Belém)  
 ação 50 = manutenção da vazão ecológica no Rio Iguaçu (ETE Belém)

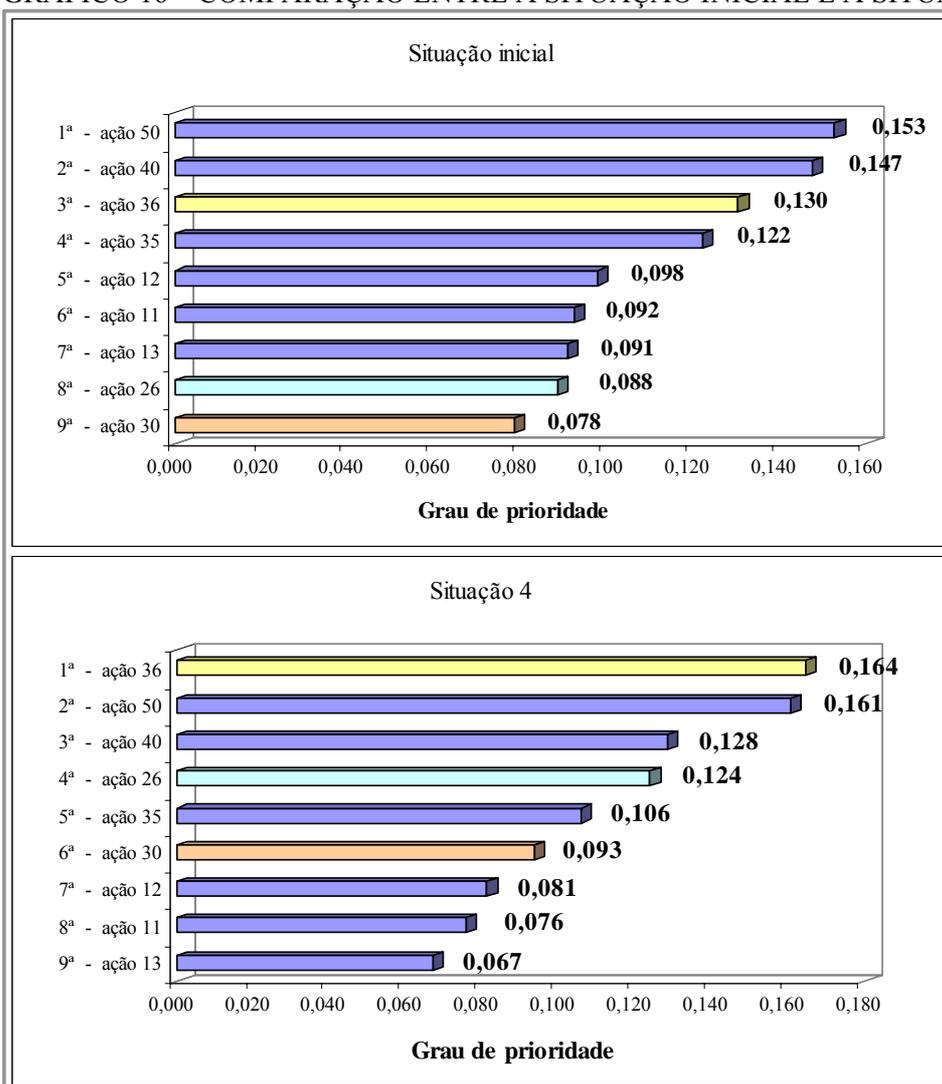
- **Situação 4:** modificação dos pesos estabelecidos para a matriz de julgamento salientando os sub-critérios risco, benefício e impacto quanto a esfera ambiental.

Conforme pode ser observado no Gráfico 16, as ações 36, 26 e 30 provocaram alterações no posicionamento hierárquico proposto pela hierarquização inicial. A alteração de posicionamento destas ações pode ser explicado através das notas

atribuídas ao risco ambiental, as quais constam de valores menores para tais ações, este fato pode ser observado na Tabela 22.

Já quanto ao benefício e ao impacto esta situação é menos evidente. O fato de o risco apresentar maior peso perante o benefício e ao impacto, altera de forma significativa a estrutura hierárquica proposta na situação inicial.

GRÁFICO 16 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 4



NOTA: ação 26 = uso da água cinza em edificações (ETE Santa Quitéria)

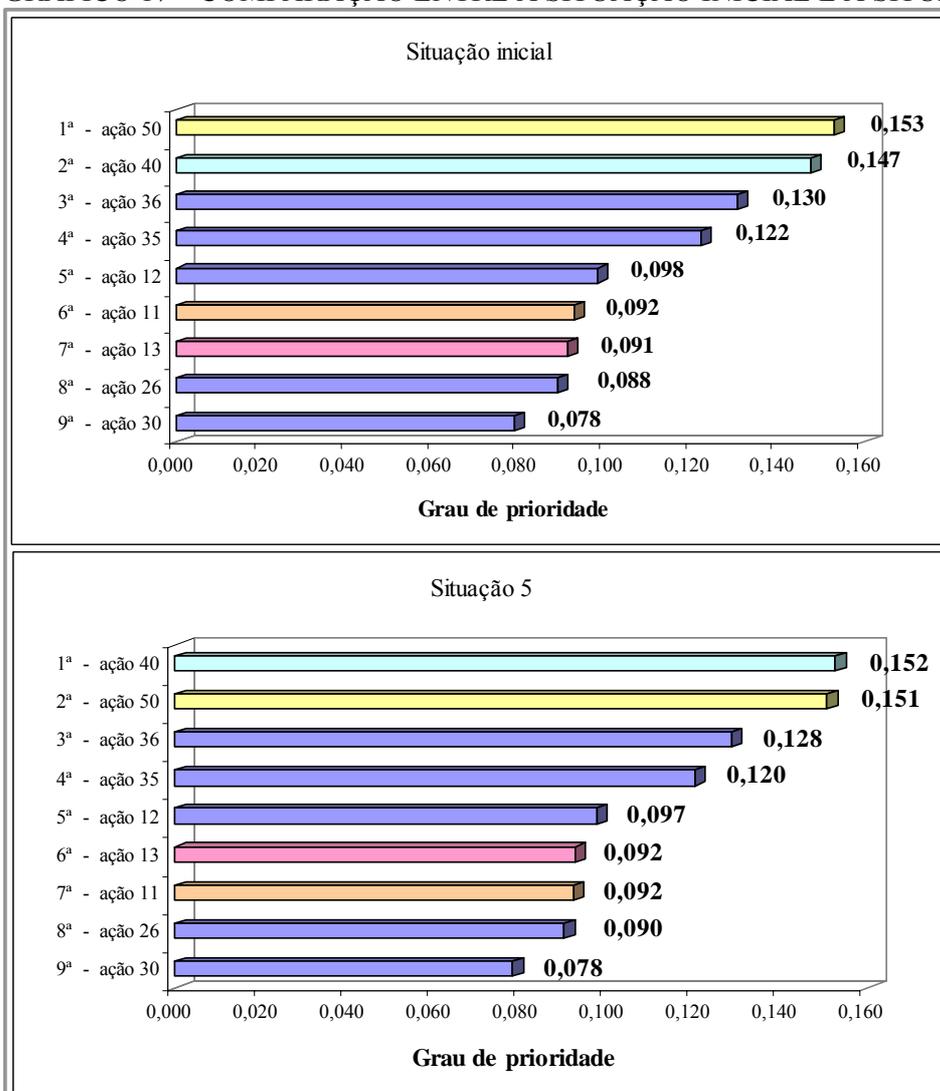
ação 30 = atendimento dos setores industrial (4 indústrias) e de serviços urbanos, através de caminhão (ETE Santa Quitéria)

ação 36 = atendimento do setor industrial (9 indústrias) através de caminhão (ETE Belém)

- **Situação 5:** esta situação considera o mesmo peso para os sub-critérios ambiental e economia de água no manancial, pertencentes o critério impacto.

Cumprir destacar que esta situação apresentou em sua escala hierárquica resultado semelhante ao obtido na situação 3. O Gráfico 17 exibe as escalas referentes a situação inicial e a situação 5.

GRÁFICO 17 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 5



NOTA: ação 11 = atendimento do setor industrial através de rede (25 indústrias) (ETE Santa Quitéria)  
 ação 13 = atendimento dos setores industrial (25 indústrias) e agrícola através de rede e caminhão, respectivamente (ETE Santa Quitéria)  
 ação 40 = atendimento do setor agrícola em São José dos Pinhais e Curitiba, através de caminhão (ETE Belém)  
 ação 50 = manutenção da vazão ecológica no Rio Iguaçu (ETE Belém)

Nota-se ainda que a diferença do grau de prioridade obtido para as ações 40 e 50 para a situação 5 é menor que o da situação inicial, aproximadamente 1%. Também é possível perceber que a diferença apresentada no grau de prioridade para as ações 11

e 13 na situação inicial é muito pequena, sendo que para a situação 5 esta diferença diminui ainda mais, praticamente igualando-se. O fato que evidencia as descrições anteriores é que o critério impacto sofre pequena influência perante aos demais, tornando assim os pesos atribuídos à economia de água e ambiental com menor importância.

c) Exclusão de sub-critérios

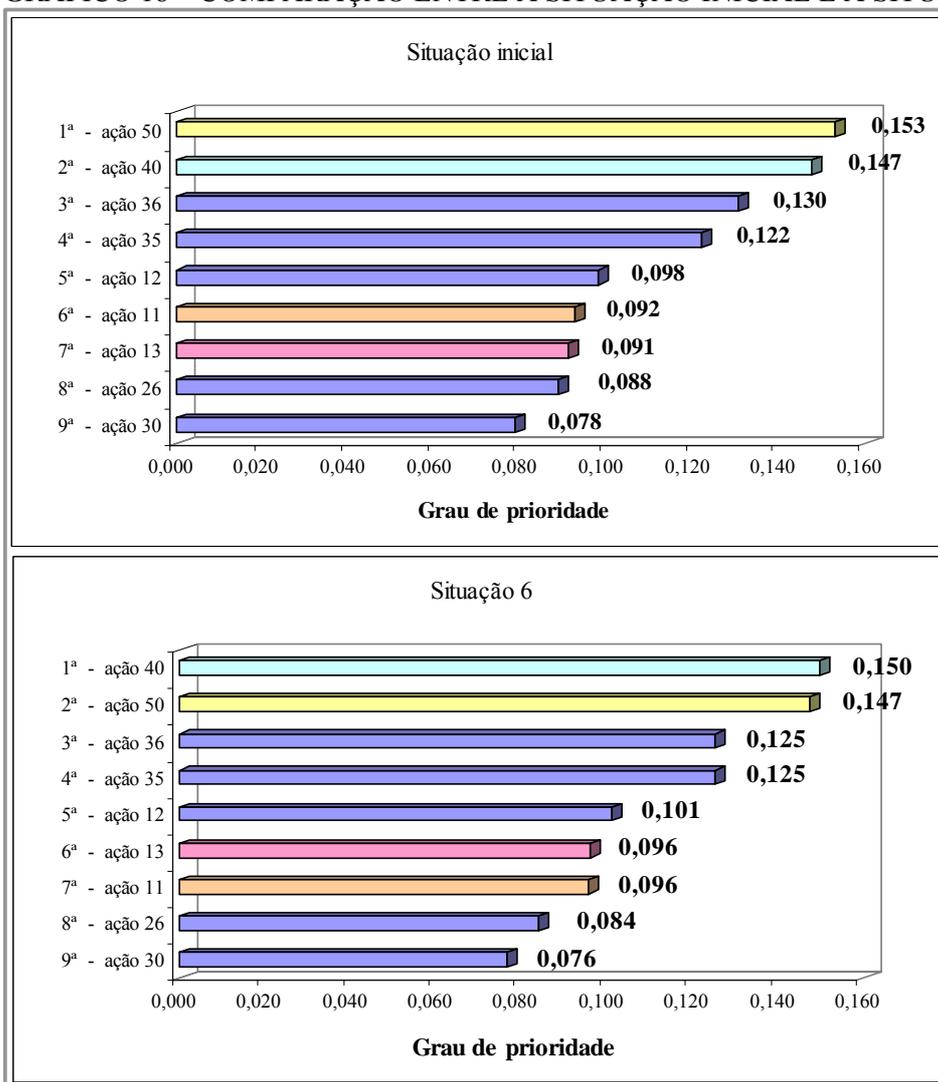
- **Situação 6:** exclusão do sub-critério risco ambiental do critério risco, para verificação da influência do risco ambiental na hierarquia.

A comparação das situações inicial e 6 mostra que a exclusão do sub-critério risco ambiental do critério risco causa alteração da ordem hierárquica entre as ações 40 e 50 e também entre as ações 11 e 13, conforme pode ser observado no Gráfico 18. Isto pode ser explicado pelo fato de se descartar o risco ambiental, o qual quando associado a agricultura é maior do que o associado à manutenção da vazão ecológica ou ao setor industrial.

Ainda, é importante destacar que as ações 35 e 36, as quais atendem o mesmo setor industrial, através de rede e caminhão, respectivamente, tornam-se idênticas quando se retira o sub-critério risco ambiental do estudo. A diferença entre ambas encontra-se na forma de distribuição da água de reúso, ou seja, através de rede ou de caminhão. Isto pode ser observado na Tabela 22, pois durante o seu preenchimento atribuiu-se maior peso ao atendimento através de rede, considerando a possibilidade do rompimento da rede de reúso de água, o qual pode acarretar danos ao solo e aos recursos hídricos. Já quanto à distribuição através de caminhão os vazamentos são visíveis e podem ser contidos com maior facilidade, resultando em menor risco ambiental.

Cabe aqui salientar que a seqüência de prioridades apresentada para a situação 6 é semelhante a já apresentada para as situações 3 e 5, alterando somente o grau da prioridade.

GRÁFICO 18 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 6

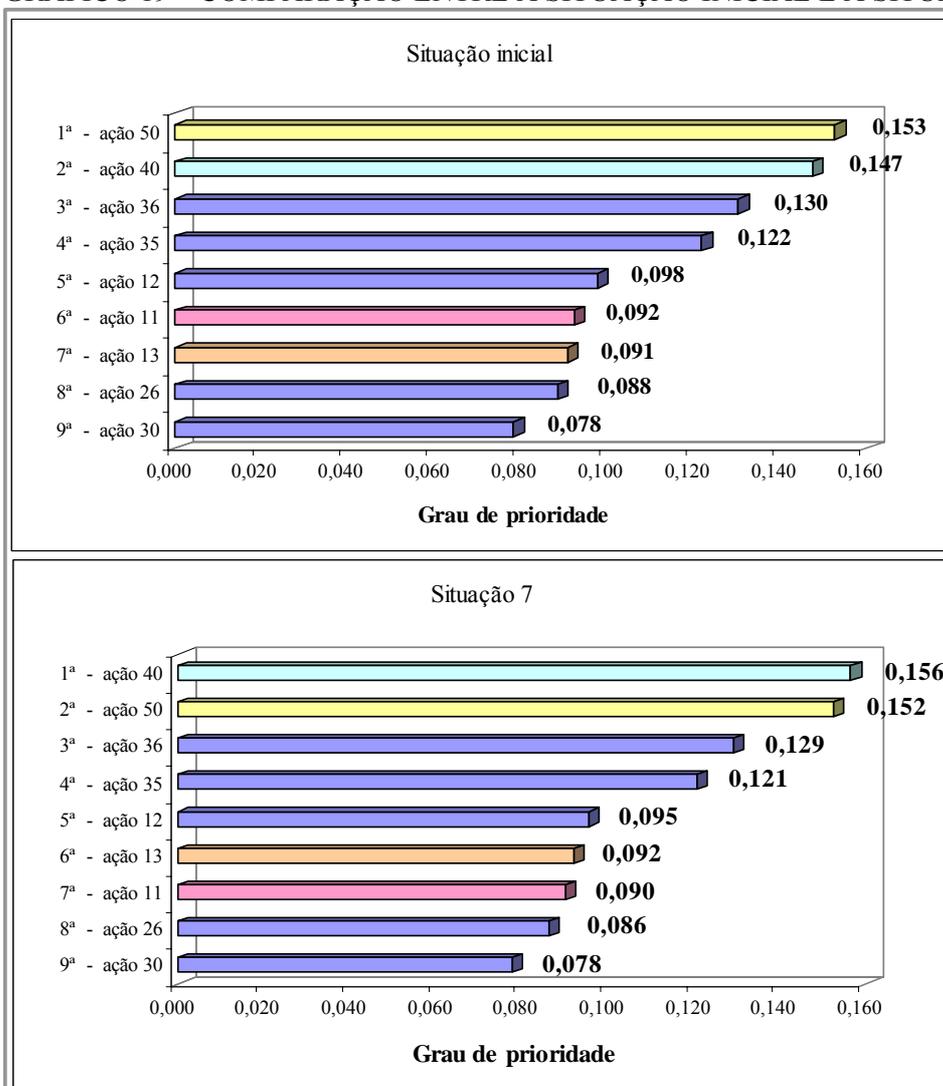


NOTA: ação 11 = atendimento do setor industrial através de rede (25 indústrias) (ETE Santa Quitéria)  
 ação 13 = atendimento dos setores industrial (25 indústrias) e agrícola através de rede e caminhão, respectivamente (ETE Santa Quitéria)  
 ação 40 = atendimento do setor agrícola em São José dos Pinhais e Curitiba através de caminhão (ETE Belém)  
 ação 50 = manutenção da vazão ecológica no Rio Iguaçu (ETE Belém)

- **Situação 7:** exclusão do sub-critério expansão da vida útil do Sistema de Abastecimento de Água Potável, do critério benefício. A finalidade desta exclusão é a verificação da influência deste sub-critério na escala de prioridade hierárquica inicial.

O Gráfico 19 apresenta a comparação entre a situação inicial e a situação 7, sendo que é importante destacar que a escala obtida para esta situação é semelhante a apresentada nas situações 3, 5 e 7.

GRÁFICO 19 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 7



NOTA: ação 11 = atendimento do setor industrial através de rede (25 indústrias) (ETE Santa Quitéria)  
 ação 13 = atendimento dos setores industrial (25 indústrias) e agrícola através de rede e caminhão (ETE Santa Quitéria)  
 ação 40 = atendimento do setor agrícola em São José dos Pinhais e Curitiba através de caminhão (ETE Belém)  
 ação 50 = manutenção da vazão ecológica no Rio Iguaçu (ETE Belém)

De acordo com o Gráfico 19, percebe-se que a exclusão do sub-critério altera o posicionamento entre as ações 40 e 50. Isto pode ser facilmente entendido observando-se as notas atribuídas na Tabela 17, uma vez que a ação 50, manutenção

da vazão ecológica do Rio Iguaçu, favorece a expansão do SAAP através da autodepuração do rio, enquanto que a ação 40, a qual atende a agricultura não favorece tal sub-critério, pois o setor agrícola tradicionalmente utiliza a água da chuva e não a água potável.

Quanto à inversão ocorrida entre as ações 11 e 13, é possível explicá-la através da análise do Gráfico 9, o qual exhibe o grau de prioridade dos critérios, sendo que o benefício possui menor grau de influência quando comparado com os critérios econômico e risco. Assim sendo, ao retirar um sub-critério que possui pouca influência houve o predomínio de outro com maior influência. Também é importante salientar que a diferença no grau de prioridade apresentado para a situação inicial entre estas duas ações é muito pequena, facilitando oscilações entre elas.

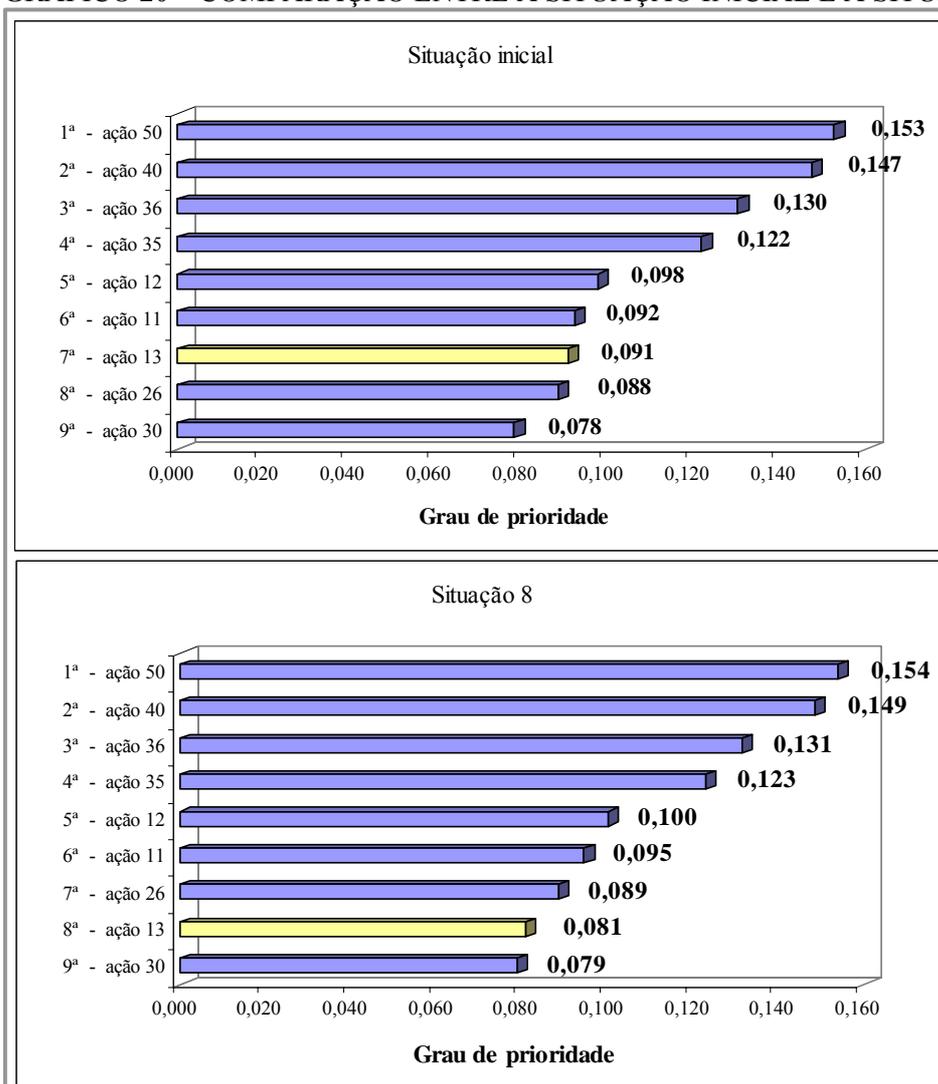
d) Variando a característica das ações

- **Situação 8:** esta situação acrescenta no setor agrícola da ação 13, produção de alimentos e industrial, o custo aproximado do transporte da água de reúso entre os agricultores e o centro de reservação (CR1) através de caminhões.

O Gráfico 20 apresenta a alteração na escala hierárquica, quando comparada com a situação inicial, provocada pelo acréscimo do custo do transporte da água de reúso no setor agrícola.

De acordo com este contexto, a ação 13 passou da sétima posição para oitava, devido a consideração do custo do transporte da água de reúso entre o CR1 e os agricultores. Cumpre ressaltar que houve alteração no grau de prioridade das demais ações, não proporcionando alteração hierárquica entre elas.

GRÁFICO 20 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 8

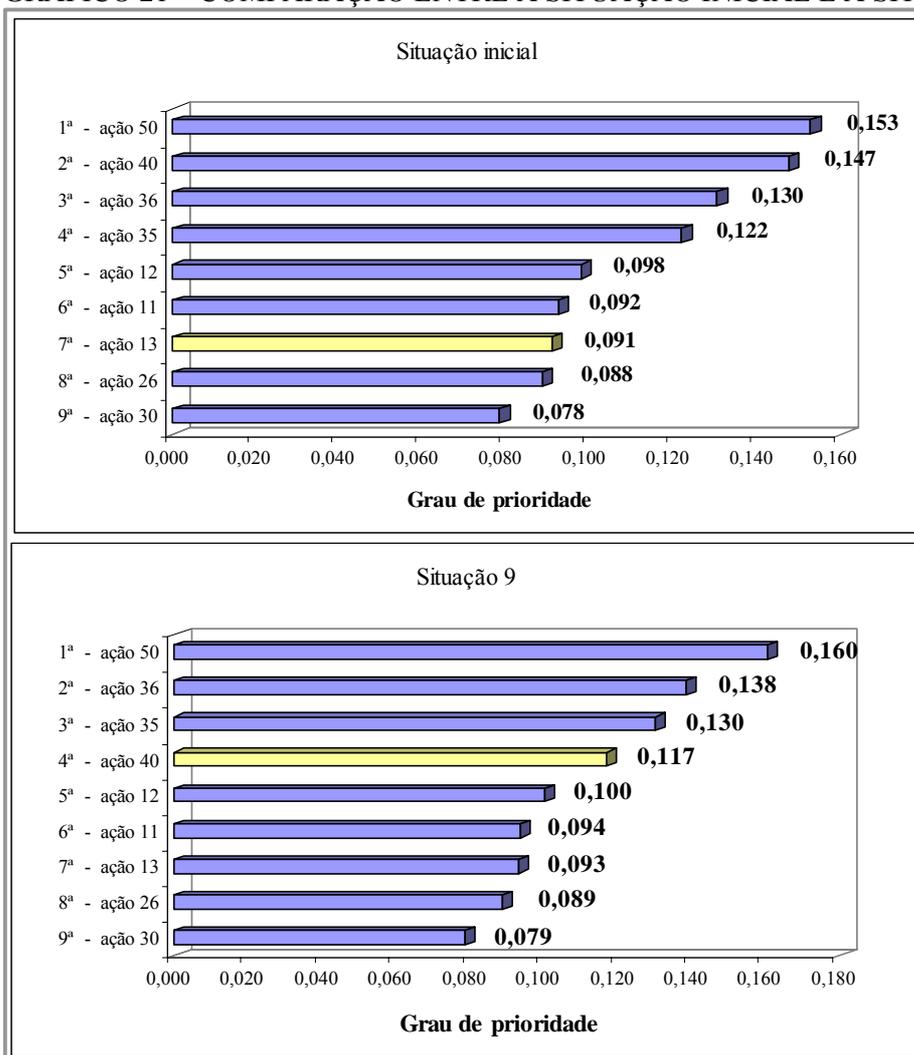


NOTA: ação 13 = atendimento dos setores industrial (25 indústrias) e agrícola através de rede e caminhão, respectivamente (ETE Santa Quitéria)

- **Situação 9:** esta situação é semelhante a realizada anteriormente, acrescentando a ação 40, produção de alimentos com a distribuição da água de reúso através de caminhões, o custo aproximado do transporte da água de reúso entre os agricultores e o centro de reservação (CR6).

Para ilustrar a comparação entre a situação inicial e a situação 9, é apresentado o Gráfico 21. É relevante salientar que houve alteração no grau de prioridade da ação 40, não havendo alteração no posicionamento hierárquico das demais ações.

GRÁFICO 21 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 9



NOTA: ação 40 = atendimento do setor agrícola em São José dos Pinhais e Curitiba, através de caminhão (ETE Belém)

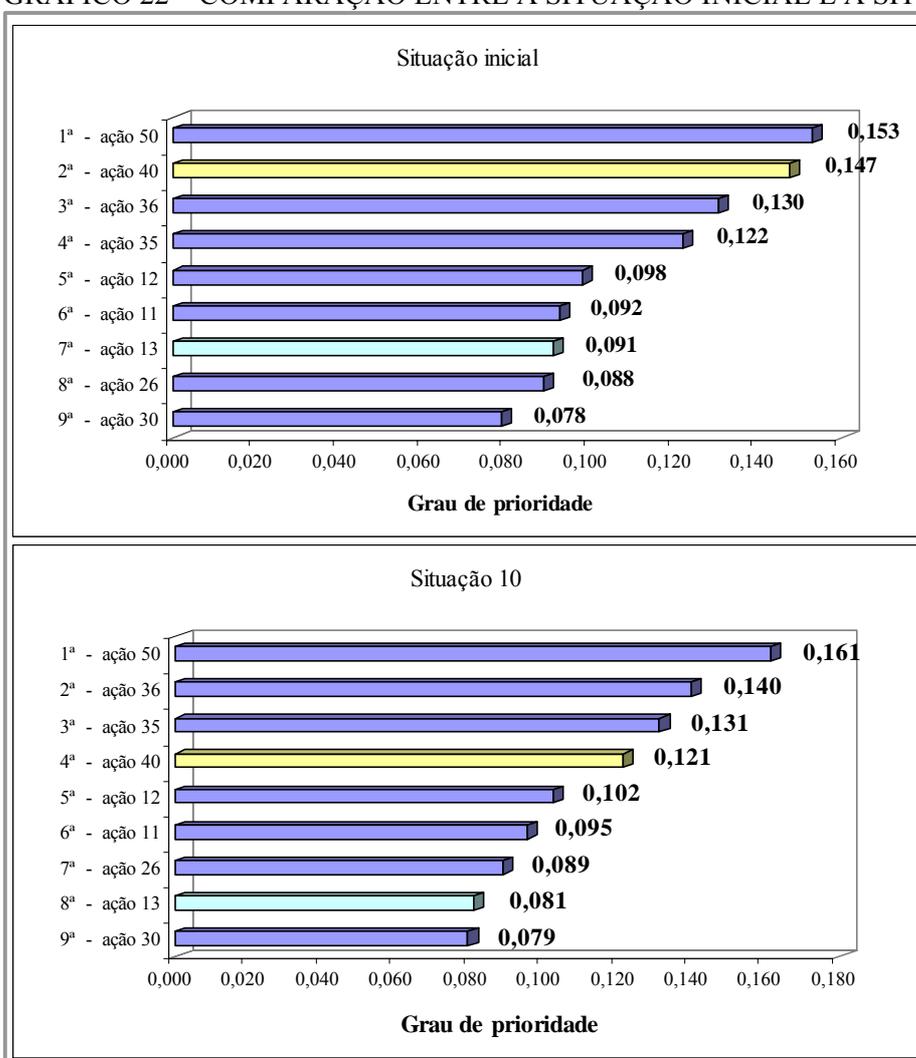
Frente a esta situação, percebe-se que apesar do critério econômico ser representativo, quando combinado com outros critérios ele pode se apresentar menos representativo do que o esperado. Tal fato é comentado, pois se esperava que ao acrescentar o custo do transporte da água de reúso do CR6 até o agricultor, a ação 40 se tornaria menos atrativa do que se apresentou.

Diante deste panorama deve-se ressaltar que os custos da ação 40 levantados para esta situação superam a escala apresentada na Tabela 23. Assim sendo, é admissível esperar que esta ação apresente-se em posições mais desfavoráveis do que a quarta posição em que se apresentou. No entanto também se deve lembrar que o

Método AHP faz comparações par a par, e que o critério de maior valor é o risco, o qual impacta de forma significativa nos resultados. Também é importante levar em consideração que os critérios benefício e impacto são favoráveis a esta ação.

- **Situação 10:** esta situação envolve as situações 8 e 9, já apresentadas, sendo que ela tem a finalidade de verificar as possíveis alterações na hierarquização inicial das ações, envolvendo as alterações nos custos das ações 13 e 40. O Gráfico 22 exibe a comparação do posicionamento hierárquico das ações 13 e 40 para a situação inicial e para a situação 10.

GRÁFICO 22 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 10



NOTA: ação 13 = atendimento dos setores industrial (25 indústrias) e agrícola através de rede e caminhão, respectivamente (ETE Santa Quitéria)  
 ação 40 = atendimento do setor agrícola em São José dos Pinhais e Curitiba, através de caminhão (ETE Belém)

Ao se considerar os custos de transporte da água de reúso do centro de reservação até os agricultores das ações 13 e 40, percebeu-se alteração de posicionamento destas ações. Quando se comparou esta situação com as situações 8 e 9, notou-se que não houve alterações de posicionamento, permanecendo a ação 40 na quarta posição, enquanto que a ação 13 permaneceu na oitava posição. Cabe salientar que ocorreram apenas alterações no grau de prioridade, o qual não foi suficiente para provocar alterações no posicionamento das ações.

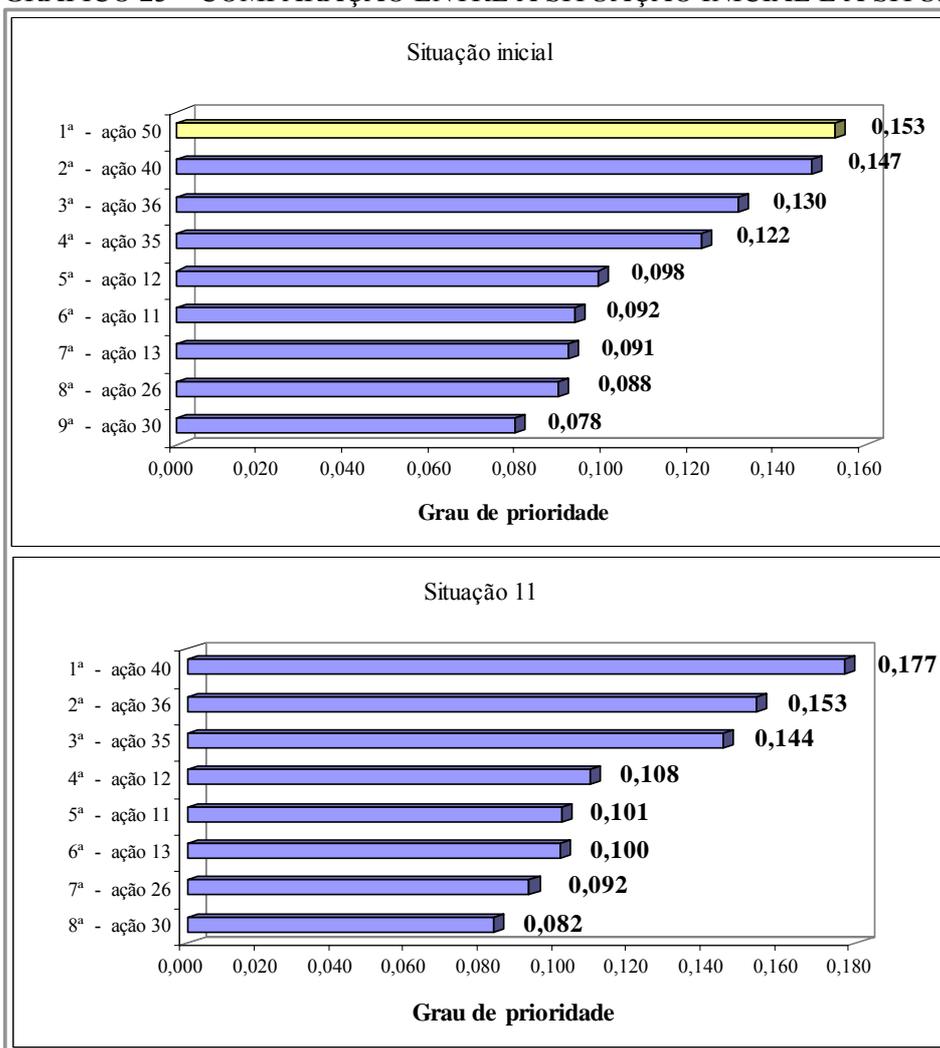
e) Exclusão de ações

- **Situação 11:** retirou-se a ação de uso indireto, manutenção da vazão ecológica do Rio Iguaçu, para verificação do comportamento do seqüencial das prioridades de hierarquização das ações de reúso indireto.

O Gráfico 23 apresenta a comparação entre a situação inicial e a situação 11.

Diante deste panorama, é notório que não há alteração no seqüencial de prioridades estabelecido pela situação inicial. Isto, portanto mostra que a ação 50 não exerce influência suficiente para alterar o seqüencial das demais ações.

GRÁFICO 23 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 11



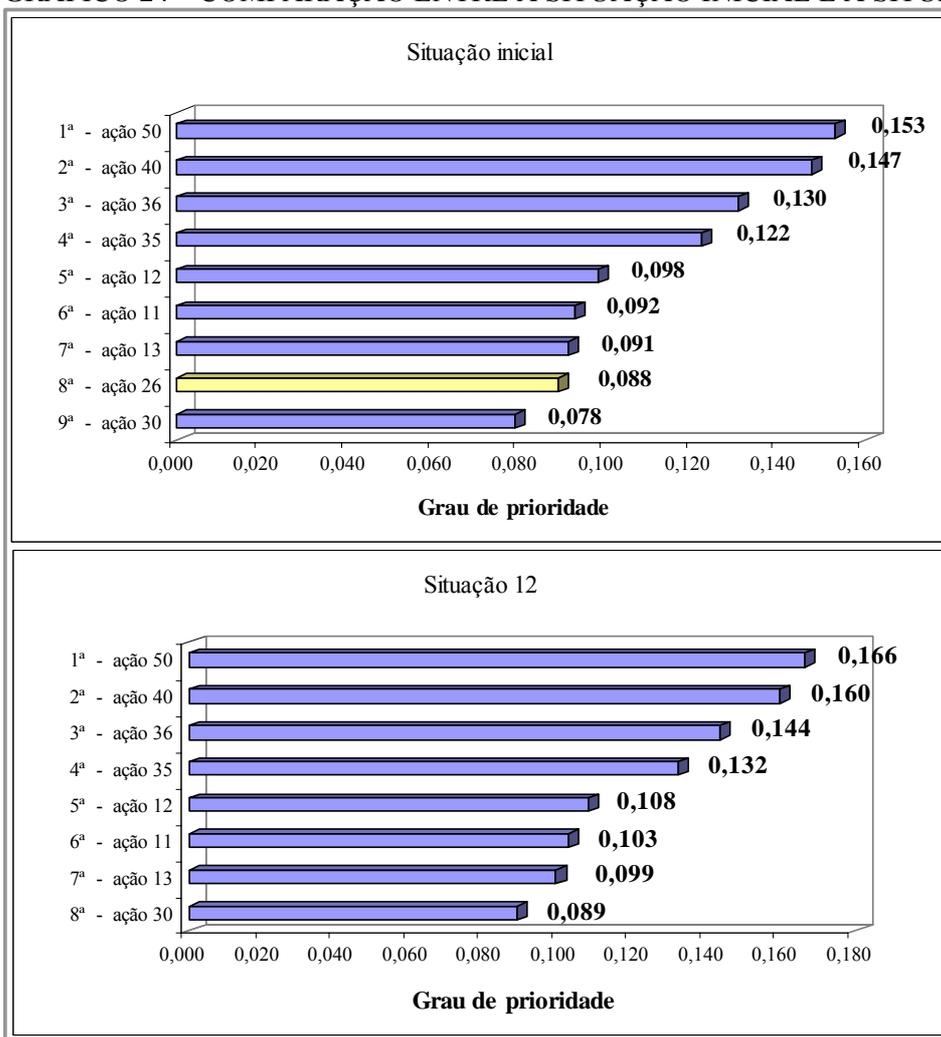
NOTA: ação 50 = manutenção da vazão ecológica no Rio Iguaçu (ETE Belém)

- **Situação 12:** exclusão da ação uso da água cinza em edificações para verificação de sua influência perante as demais.

O Gráfico 24 apresenta uma comparação gráfica das situações inicial e 12.

Assim como aconteceu na situação 11, a exclusão da ação 26, referente ao uso da água cinza, não provocou alterações na escala hierárquica inicial proposta, demonstrando estabilidade na aplicação do Método AHP.

GRÁFICO 24 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 12



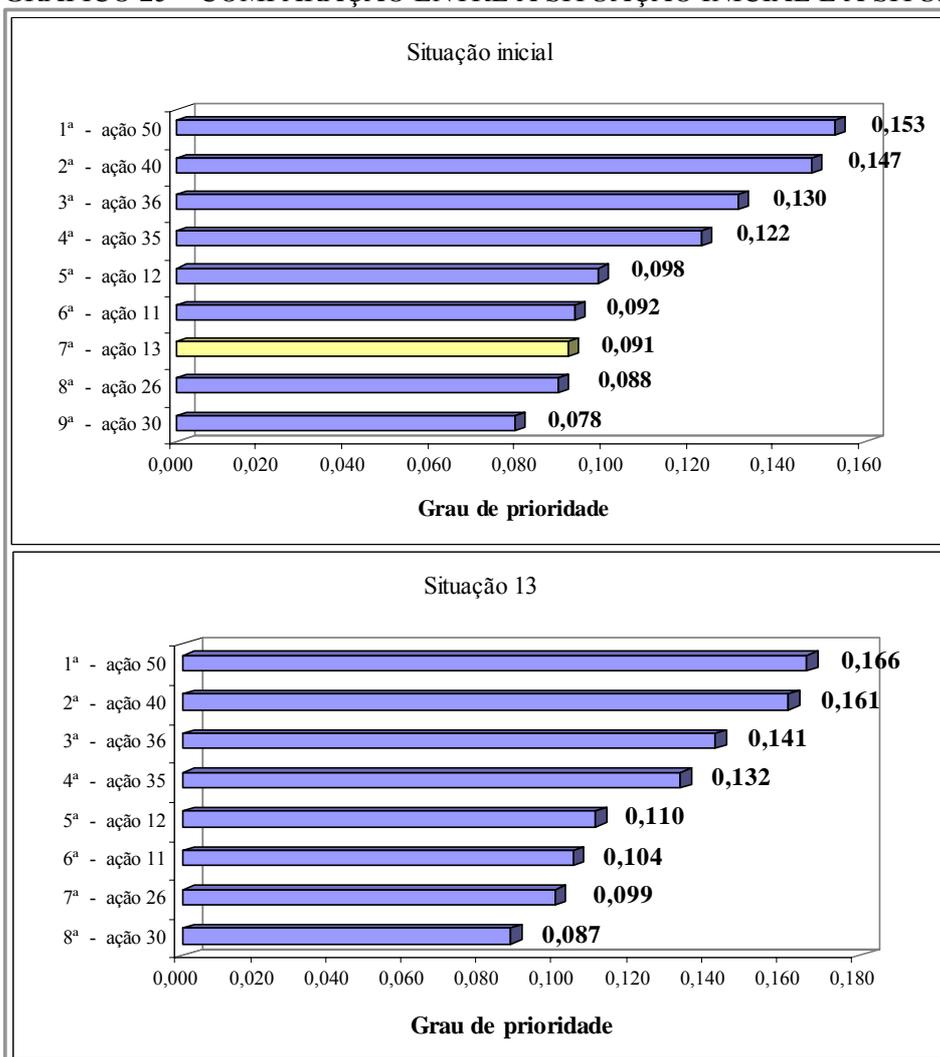
NOTA: ação 26 = uso da água cinza em edificações (ETE Santa Quitéria)

- **Situação 13:** exclusão da ação 13, referente ao atendimento do setor industrial e agrícola, através de rede e caminhão respectivamente. O objetivo desta exclusão é a verificação da influência desta ação perante as demais.

Para ilustrar a comparação entre a situação inicial e a situação 13, é apresentado no Gráfico 25.

Conforme já mencionado nas situações 11 e 12, não houve alteração no posicionamento hierárquico, somente alteração do grau de prioridade. Tal fato evidencia que o sistema proposto apresenta-se estável.

GRÁFICO 25 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO INICIAL E A SITUAÇÃO 13



NOTA: ação 13 = atendimento dos setores industrial (25 indústrias) e agrícola através de rede e caminhão, respectivamente (ETE Santa Quitéria)

Cumprir destacar que as 13 situações descritas apresentaram-se estáveis, ocorrendo inversões de posicionamento hierárquico somente quando provocado.

### 5.2.1. Verificações da Consistência do Método AHP para as Simulações Adicionais

Avaliou-se a consistência do Método AHP para as simulações adicionais conforme apresentado no item 3.6.4.1, através do índice de consistência e da razão de consistência, obtidos através das fórmulas  $IC = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$  e  $RC = IC / IR$ . Assim sendo, a Tabela 36 apresenta tais valores.

TABELA 36 – RELAÇÃO DE ÍNDICE E RAZÃO DE CONSISTÊNCIA DAS MATRIZES DE JULGAMENTO PARA AS SIMULAÇÕES ADICIONAIS

<b>Simulações</b>	<b>Nível</b>	<b>Matriz</b>	<b>IC</b>	<b>RC</b>
Situação 1	Objetivo	Planejamento de Ações de Reúso de Água no Meio Urbano	0,02	0,03
Situação 2	Objetivo	Planejamento de Ações de Reúso de Água no Meio Urbano	0,00	0,00
Situação 3	Critério	Risco	0,02	0,03
		Benefício	0,03	0,03
		Impacto	0,00	--- (*)
Situação 4	Critério	Risco	0,00	0,00
		Benefício	0,00	0,00
		Impacto	0,00	--- (*)
Situação 5	Critério	Impacto	0,00	--- (*)
Situação 6	Critério	Risco	0,00	--- (*)
Situação 7	Critério	Benefício	0,01	0,02
Situação 8	Sub-critério	Custo Anual Total	0,04	0,03
Situação 9	Sub-critério	Custo Anual Total	0,05	0,03
Situação 10	Sub-critério	Custo Anual Total	0,05	0,03
Situação 11	Sub-critério	Custo Anual Total	0,04	0,03
		Risco Ambiental	0,00	0,00
		Risco Sanitário (contato)	0,00	0,00
		Risco Sanitário (ingestão)	0,05	0,03
		Expansão da vida útil do SAAP	0,03	0,02
		Geração de Renda	0,04	0,03
		Economia de Água	0,02	0,01
		Benefício Ambiental	0,00	0,00
		Aumento de Produtividade	0,01	0,01
		Impacto Ambiental	0,01	0,01
Situação 12	Sub-critério	Custo Anual Total	0,03	0,02
		Risco Ambiental	0,00	0,00
		Risco Sanitário (contato)	0,00	0,00
		Risco Sanitário (ingestão)	0,04	0,03
		Expansão da vida útil do SAAP	0,03	0,02
		Geração de Renda	0,03	0,02
		Economia de Água	0,03	0,02
		Benefício Ambiental	0,00	0,00
		Aumento de Produtividade	0,01	0,01
		Impacto Ambiental	0,01	0,01
		Economia no Manancial	0,03	0,02
Situação 13	Sub-critério	Custo Anual Total	0,04	0,03
		Risco Ambiental	0,00	0,00
		Risco Sanitário (contato)	0,00	0,00
		Risco Sanitário (ingestão)	0,04	0,03
		Expansão da vida útil do SAAP	0,04	0,03
		Geração de Renda	0,04	0,03
		Economia de Água	0,03	0,02
		Benefício Ambiental	0,00	0,00
		Aumento de Produtividade	0,01	0,01
		Impacto Ambiental	0,00	0,00
Economia no Manancial	0,04	0,03		

NOTA: (\*) não existe resultado, trata-se de um número dividido por zero

Conforme exibido na Tabela 36, os valores para Razão de Consistência (RC) encontrados para as matrizes de julgamento são inferiores a 0,10, o que segundo SAATY (1980), torna as matrizes de julgamento aceitáveis. É pertinente esclarecer que uma vez que a razão de consistência obtida para todas as matrizes é inferior a 0,10, não há a necessidade da realização da análise de robustez.

### **5.2.2. Conclusões sobre a Seqüência Hierárquica para as Simulações Inicial e Adicionais**

Depois de concluída a simulação inicial e as 13 simulações adicionais, torna-se necessário realizar uma comparação entre todos os resultados obtidos, para então propor as diretrizes para o planejamento de ações de reúso de água na área em estudo.

Para facilitar a comparação dos resultados obtidos com as simulações criou-se a Figura 26, a qual exhibe através de cores o posicionamento hierárquico das nove ações para cada simulação. Cabe aqui ressaltar que a situação 0 (zero) corresponde a simulação inicial, enquanto que as situações entre 1 e 13 fazem parte das simulações adicionais. Além disso, os números constantes em seu interior das quadrículas correspondem as nove ações dispostas em ordem hierárquica, sendo que cada ação corresponde a uma cor.

Conforme pode ser observado na Figura 26, é possível destacar que as situações 3, 5, 6 e 7 permaneceram inalteradas e estáveis após diversas alterações provocadas na estrutura de avaliação do Método AHP. Entre as alterações destaca-se a valorização de sub-critérios como o risco sanitário do contato da água de reúso com a pele do usuário, do benefício e impacto que consideram a economia de água. Também, a igualdade na consideração dos sub-critérios pertencentes ao critério impacto e a exclusão de sub-critérios como o risco ambiental e a expansão da vida útil do sistema de abastecimento de água potável, não ocorrendo alteração na escala hierárquica.

Nota-se ainda que as ações 50 e 40 permaneceram, na maior parte das simulações, entre a primeira e segunda posição hierárquica, assim como a ação 30 ocupou praticamente todo o tempo a última posição.

FIGURA 26 – DISPOSIÇÃO HIERÁRQUICA DAS AÇÕES PARA AS SIMULAÇÕES INICIAL E ADICIONAIS

Posição	Simulações													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1ª	50	50	50	40	36	40	40	40	50	50	50	---	50	50
2ª	40	40	40	50	50	50	50	50	40	36	36	40	40	40
3ª	36	36	12	36	40	36	36	36	36	35	35	36	36	36
4ª	35	35	11	35	26	35	35	35	35	40	40	35	35	35
5ª	12	12	13	12	35	12	12	12	12	12	12	12	12	12
6ª	11	13	26	13	30	13	13	13	11	11	11	11	11	11
7ª	13	11	36	11	12	11	11	11	26	13	26	13	13	---
8ª	26	26	35	26	11	26	26	26	13	26	13	26	---	26
9ª	30	30	30	30	13	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Descrição das Simulações

Situação inicial

Valorização do critério econômico

Valorização do critério benefício

Valorização do risco (RSC) Benefício (EA) e Impacto (EM)

Valorização do risco (RA) Benefício (BA) e Impacto (IA)

Mesmo peso para o impacto (IA) e (EM)

Exclusão do sub-critério (RA)

Exclusão do sub-critério (EAP)

Acréscimado o custo de transporte agrícola da ação 13

Acréscimado o custo de transporte agrícola da ação 40

Acréscimado o custo de transporte agrícola das ações 13 e 40

Exclusão da ação 50

Exclusão da ação 26

Exclusão da ação 13

NOTA: Os números inseridos nas quadriculas coloridas referem-se as ações

RSC = risco sanitário (contato); EA = economia de água; EM = economia no manancial;

RA = risco ambiental; BA = benefício ambiental; IA = impacto ambiental;

EAP = expansão da vida útil do SAAP

ação 11 = atendimento do setor industrial através de rede (25 indústrias) (ETE Santa Quitéria)

ação 12 = atendimento do setor industrial através de rede (2 indústrias) (ETE Santa Quitéria)

ação 13 = atendimento dos setores industrial (25 indústrias) e agrícola através de rede e caminhão, respectivamente (ETE Santa Quitéria)

ação 26 = uso da água cinza em edificações (ETE Santa Quitéria)

ação 30 = atendimento dos setores industrial (4 indústrias) e de serviços urbanos, através de caminhão (ETE Santa Quitéria)

ação 35 = atendimento do setor industrial (9 indústrias) através de rede (ETE Belém)

ação 36 = atendimento do setor industrial (9 indústrias) através de caminhão (ETE Belém)

ação 40 = atendimento do setor agrícola em São José dos Pinhais e Curitiba, através de caminhão (ETE Belém)

ação 50 = manutenção da vazão ecológica no Rio Iguaçu (ETE Belém)

De um modo geral, pode-se afirmar que as ações não alteraram o seu posicionamento aleatoriamente, permanecendo praticamente todo o tempo o mesmo seqüencial. Cumpre destacar que as alterações mais significativas ocorreram nas situações 4, 8, 9 e 10. Quanto à situação 4, ao se valorizar o risco, o benefício e o impacto ambiental houve uma completa alteração de posicionamento. No entanto as situações 8, 9 e 10, nas quais foram incluídos os custos aproximados do transporte da água de reúso do centro de reservação até o agricultor, ações 13 e 40, houve alteração de posicionamento da ação em que se alterou o custo.

Deve-se salientar também que a exclusão de ações 50, 26 ou 13, não provocou alterações no posicionamento hierárquico e que as situações 11, 12 e 13 obedeceram a mesma seqüência hierárquica encontrada na simulação inicial.

Ao se comparar a situação inicial, na qual se valorizou o risco sanitário de ingestão da água de reúso, com a situação 1 onde se valorizou o fator econômico, percebe-se que houve apenas alteração de posicionamento entre as ações 11 e 13. Deve-se lembrar que nesta situação não foi considerado o custo do transporte da água de reúso do centro de reservação até o agricultor e quando houve esta inclusão a ação 13 passou para a nona colocação.

Isto posto, é possível propor algumas diretrizes para o planejamento e gestão da conservação da água no meio urbano.

### **5.2.3. Proposição de Diretrizes para o Planejamento e Gestão de Conservação da Água**

Neste item são apresentadas as diretrizes específicas para o planejamento da prática de reúso de água para o estudo de caso em questão. Cumpre salientar que aspectos referentes à gestão do reúso de água estão sendo abordados em outros trabalhos.

Com base nas hierarquizações obtidas com a simulação inicial e com as 13 simulações adicionais, é possível propor as diretrizes para o planejamento e gestão de conservação da água.

Assim sendo, a primeira ação a ser implantada é a ação 50, referente a manutenção da vazão ecológica do Rio Iguaçu. Além desta ação apresentar-se na primeira posição em 8 das 14 simulações realizadas, de acordo com o item 4.3.2, ela favorece o processo de autodepuração do Rio Iguaçu, visando o desenvolvimento sustentável e garantindo este recurso a futuras gerações. Torna-se importante salientar que esta ação atende a diversas citações de Conferências realizadas mundialmente, além da Lei Nº 9.433/97, a qual tem por objetivo: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

Considerando-se que o custo do transporte da água de reúso entre o centro de reservação e o agricultor será de inteira responsabilidade do agricultor, a segunda ação a ser implantada é ação 40, referente ao atendimento do setor agrícola no município de São José dos Pinhais e de Curitiba, no raio de atuação aproximado de 10 km a partir da ETE Belém. Esta ação justifica-se pelo alto consumo de água do setor agrícola, o qual segundo apresentado no item 3.1, representa em média 70% da água consumida. Ainda é importante lembrar que quando houver excedente da água de reúso, devido a condições climáticas, esta será lançada no Rio Iguaçu, favorecendo a ação 50.

Já a terceira e quarta posição para implantação no meio urbano, devem ser as ações 36 e 35, respectivamente. Estas ações atendem o mesmo pólo industrial, porém a primeira delas a ser implantada possui como forma de distribuição o caminhão, o qual conforme apresentado na Tabela 21, apresenta menores riscos de contaminação do solo, quando comparado com o uso de rede de distribuição, isto porque a rede pode sofrer ruptura e contaminar o solo sem que o usuário perceba. Estas duas ações podem ser classificadas como imperativas, ou seja, podem ser implantadas com o auxílio de esclarecimentos aos usuários através de campanhas de sensibilização. Outro fator importante é a redução dos custos de água da indústria, pois a Política Nacional de Recursos Hídricos através de seus instrumentos prevê a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

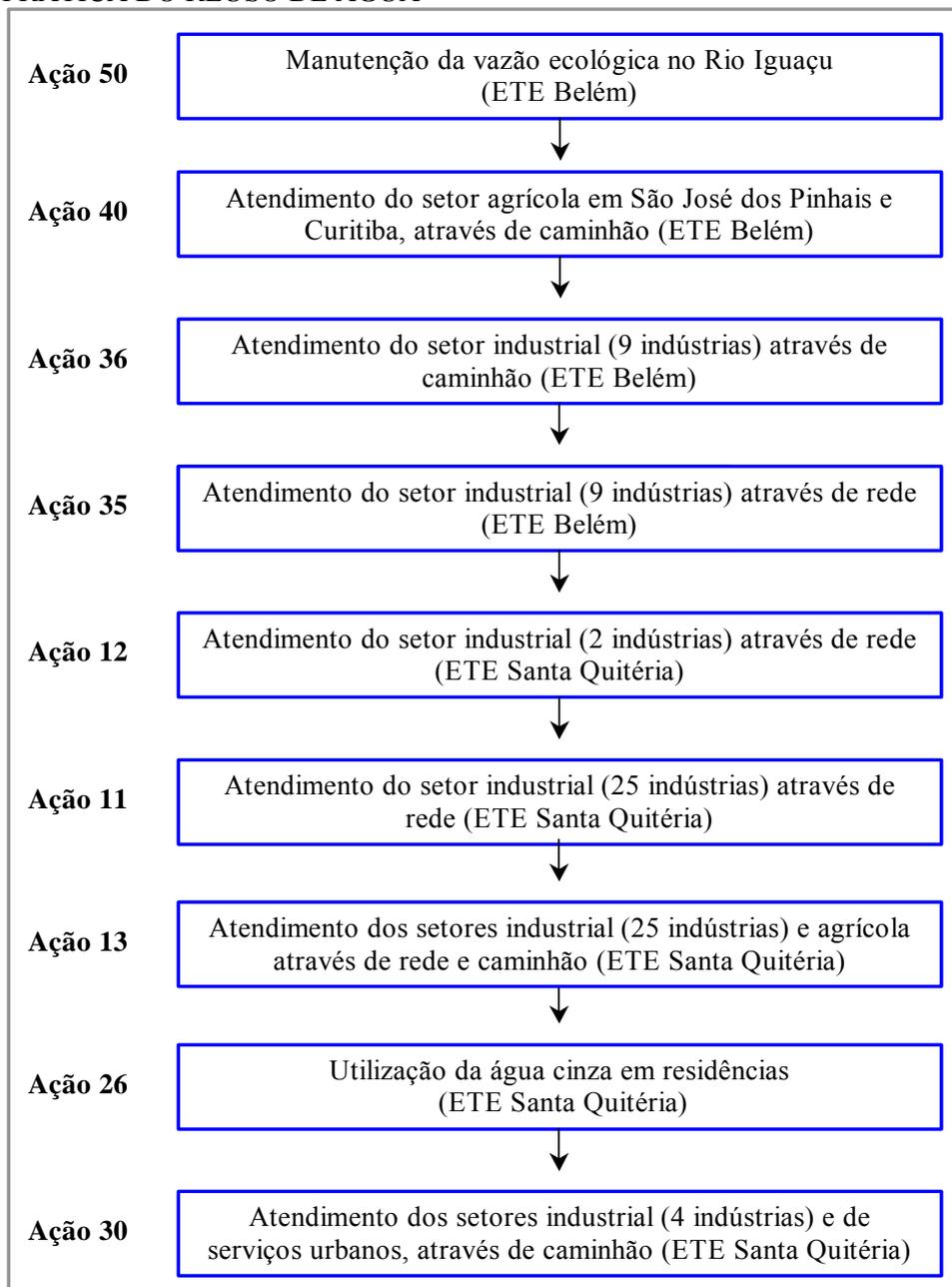
Seguindo a premissa adotada, a quinta ação a ser implantada é ação 12, referente ao atendimento de duas indústrias com grande vazão de demanda, a Cocelpa e a Repar, através de rede de distribuição. Ao passo que a sexta e sétima ação a serem implantadas são as ações 11 e 13, sendo que a primeira atende a um pólo industrial através de rede e caminhão, dependendo da distância das indústrias ao centro de reservação e da vazão de demanda. Já a segunda além de atender ao mesmo pólo industrial através de rede atende também ao setor agrícola. Ressalta-se que as ações 11, 12 e 13, descritas anteriormente, estão inseridas no contexto citado para as ações 35 e 36.

No entanto, a ação 26, a qual prevê o uso da água cinza nas residências pode ser implantada após a ação 13. Esta ação apresenta a necessidade de maior informação por parte dos usuários, uma vez que é necessária a promoção de campanhas de sensibilização visando a aceitabilidade do usuário além de palestras explicativas focando a forma de armazenamento, controle da água cinza, além dos riscos causados caso ela seja manuseada de forma incorreta.

Finalmente a última ação a ser implantada é a ação 30, referente ao atendimento de indústrias e dos serviços urbanos. Dentre todas as ações, esta ação representa a menor economia de água e o maior custo total anual, sendo superada apenas pela ação 26 (uso da água cinza), além de representar grande risco sanitário perante aos usuários.

Assim sendo, a Figura 27 apresenta a hierarquização proposta das ações de reúso de água a serem implantadas na área em estudo.

FIGURA 27 – CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA PROPOSTA PARA IMPLANTAÇÃO DA PRÁTICA DO REÚSO DE ÁGUA



Cumprе destacar que as ações que fazem parte da área de estudo da ETE Belém apresentaram-se como as primeiras a serem implantadas devido a maior proximidade com esta ETE, o que reduz os custos de implantação, manutenção e operação.

Quanto a escala temporal para implantação destas ações, é importante salientar que elas deverão ser implantadas de acordo com o Comitê de bacias.

## 6. CONCLUSÕES

A poluição dos mananciais devido ao lançamento de esgotos e águas residuárias proveniente de ETE's, de forma indiscriminada, compromete a qualidade das águas restringindo o uso para abastecimento humano, animal, industrial, irrigação, pesca, além de inviabilizar o seu uso para o lazer, o esporte e a recreação.

Dada esta realidade torna-se necessário à adoção de medidas de conservação da água, dentre tais medidas a prática do reúso de água se faz presente. Isto posto, cabe ressaltar que no Brasil existem várias iniciativas para a prática de reúso de água não potável, isto se faz presente em diversos setores. No entanto, no Brasil ainda não há uma legislação finalizada, mas já foi formado um grupo técnico de reúso de água e as discussões já estão ocorrendo. Espera-se que em um futuro próximo esta prática acompanhe a legislação.

O presente trabalho com a finalidade de apresentar uma aplicação da metodologia contida no PCA realizou avaliações a respeito da aceitabilidade do usuário, da análise quantitativa da demanda de água e da análise qualitativa da oferta de água residuária. Estas análises possibilitaram a concepção de 52 possíveis cenários, dentre os quais, nove passaram por um estudo mais aprofundado, sendo caracterizados através de custos, benefícios, impactos e riscos.

Durante a aplicação do Programa de Conservação da Água foram observadas as seguintes questões:

- o questionário para verificação da aceitabilidade do usuário teve como finalidade dar uma noção geral sobre o que pensam os possíveis usuários sobre a utilização da água de reúso;
- os custos obtidos são aproximados, sendo necessário maior aprofundamento para a implantação;
- foram relacionados apenas alguns benefícios e impactos, sendo que há a possibilidade de listar outros;

- no que tange os riscos, eles foram quantificados de forma subjetiva, sendo que o trabalho poderia atingir um grau maior de confiabilidade se estes riscos fossem quantificados;
- todas as análises realizadas foram fundamentais para o levantamento de pesos necessários para a inserção nas matrizes de julgamento do Método AHP;
- quanto à aplicação do Método AHP ele se demonstrou de fácil aplicação, possibilitando a utilização de dados quantificáveis ou não, além de facilitar o acompanhamento das comparações das matrizes, fornecendo resultados parciais e apresentando de forma simples, valores que indicam a sua consistência, o que fornece ao decisor maior confiança aos valores atribuídos as matrizes de julgamento;
- os resultados encontrados na simulação inicial e nas 13 simulações adicionais mostraram-se estáveis, indicando que este Método AHP é apropriado para este tipo de estudo;
- sobre o estudo de caso a ação de reúso de água indireto (ação 50) apresentou-se como a mais viável das ações estudadas, para implantação. Já a ação que possui distribuição através de caminhão (ação 36) representou-se mais viável quando comparada com distribuição da água de reúso através de rede (ação 35), pois esta apresenta maior risco de contaminação de solo e água, quando considerado o rompimento da rede e de contaminação direta com o Homem, pois existe a possibilidade de cruzamento de rede. Quanto ao atendimento de indústrias pertencentes a área de abrangência da ETE Santa Quitéria, a ação que considera apenas duas indústrias (ação 12), demonstrou-se mais viável perante outra ação (ação 11), a qual atende 25 indústrias, pois, a primeira ação apresenta menores valores para os custos de implantação, manutenção e implantação da rede. Já a utilização da água cinza (ação 26) apresentou-se, na maioria das simulações, na penúltima posição e a ação referente ao atendimento de

algumas indústrias e ao setor de serviços urbanos (ação 30) apresentou-se na última posição. Cabe aqui destacar que as ações que atendem ao setor agrícola (ações 13 e 40) quando considerado o custo de transporte do centro de reservação ao agricultor passam a assumir posicionamentos menos favoráveis para implantação;

- cumpre destacar que a aplicação do PCA pode ser útil para o planejamento e a gestão na bacia, uma vez que possibilita ao Comitê de bacias tomar a decisão considerando diversas variáveis, tais como: risco, custos, benefícios e impactos;
- é importante ressaltar que as análises necessárias a aplicação do PCA, neste trabalho, são apropriadas para o contexto aqui descrito, podendo servir de base para outras aplicações. Isto posto, cada aplicação do PCA deve adequar-se ao contexto específico, aos decisores e aos seus objetivos.

#### 6.1. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

Acreditando que a prática do reúso de água no Brasil deve ser encarada como necessidade em um futuro próximo, serão relacionadas algumas recomendações para futuros trabalhos, visando auxiliar a sua implantação e regulamentação.

- levantamento do grau de aceitabilidade pública com relação a utilização da água de reúso;
- levantamento da viabilidade econômica do reúso de água para pequenas e grandes comunidades;
- estudo do risco sanitário e ambiental visando a saúde pública, de forma a levantar parâmetros para a implantação da prática de reúso de água;
- estudo de critérios, de acordo com a realidade do Brasil, para a consolidação da legislação;

- estudos para a verificação e acompanhamento do tratamento de águas residuárias, visando à obtenção de segurança sanitária e a credibilidade perante o usuário;
- estudo aprofundado do sistema de distribuição da água de reúso, através de rede e de caminhão;
- estudo aprofundado do sistema de armazenamento da água de reúso e os efeitos provocados pelo tempo de armazenamento;
- estudo detalhado da relação custo x benefício x risco da prática de reúso; e
- utilização de outra metodologia multicritério abrangendo as 52 ações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. M.; GRANEMANN, S. R.; GARTNER, I.; BERNARDES, R. S. Escolha de um programa de controle da qualidade da água para consumo humano: aplicação do método AHP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p. 257-262, 2000.

AHMED, S. A.; TEWFIK, S. R.; TALAAT, H. A. Development and Verification of a Decision Support System for the Selection of Optimum Water Reuse Schemes. **Desalination**, v.152, p. 339-352, 2002.

ANA – Agência Nacional de Águas. A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil / the evolution of water resources management in Brazil. **ANA**, 2002.

ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA, A. I.; ANDREOLI, F.N. Limites ao desenvolvimento da região metropolitana de Curitiba, impostos pela escassez de água. **SANARE - Revista de Técnica da SANEPAR**, Curitiba, v. 12, n. 12, p. 30-41, jul - dez, 1999.

ANGELAKIS, A.N.; MARECOS DO MONTE, M.H.F.; BONToux, L. ASANO, T. The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines. **Water Research**. v. 33, n. 10, p. 2201-2217, 1999.

ASANO, T. LEVINE, A. D. Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present, and future. **Water Science and Technology**. v. 33, n. 10-11, p. 1-14, 1996.

ASANO, T. **Wastewater reclamation and reuse**. v. 10, 1998.

AUSTRALIA. Department of Health. **Draft guidelines for the reuse of greywater in western Austrália**. Austrália, 2002. Disponível em: [www.health.wa.gov.au/publications/documents/HP8122%20Greywater%20Reuse%20Draft%20Guidelines.pdf](http://www.health.wa.gov.au/publications/documents/HP8122%20Greywater%20Reuse%20Draft%20Guidelines.pdf). Acesso em: agosto 2004.

AWWA. **Dual Water System - Manual of water supply practices - M24**. American Water Works Association, 1994.

BASTOS, K. X. B.; BEVILACQUA P. D. utilização de esgotos sanitários: riscos à saúde humana e animal. **Anais do Workshop Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Perspectivas**. Campina Grande, 28 a 30 de novembro de 2005.

BEYNON, M. An analysis of distributions of priority values from alternative comparison scales within AHP. **European Journal of Operational Research**. v. 140, p. 104-117, 2002.

BEVILACQUA, N.; BRAGLIA, M. The Analytic Hierarchy Applied to Maintenance Strategy Selection. **Reliability Engineering & System Safety**. v. 70, p. 71-83, 2000.  
BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Diário Oficial da República Federal do Brasil**. Brasília, 9 de janeiro de 1997.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, n. 59, p. 266, 26 de março de 2004.

CALIJURI, M. L.; MELO, A. L. O.; LORENTZ, J. F. Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com o uso de análise estratégica de decisão. **Informática Pública**, v. 4 (2), p. 231 – 250, 2002.

CARVALHO, M. A. Sistemas de apoio à decisão para alocação de água em projetos de irrigação. **Dissertação de mestrado, USP**, 2003.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

\_\_\_\_\_. **Conservação e reúso de Água - Manual de Orientações para o Setor Industrial**. FIESP – CIESP, v.1, 2004.

CURITIBA (2004). **Secretaria Municipal de Abastecimento**. Disponível em: <http://www.curitiba.pr.gov.br/Secretarias.aspx?svc=24>. Acessado em 14/09/2005.

DERRY, D.; ATTWATER, R.; BOOTH, S. Rapid health-risk assessment of effluent irrigation on an Australian. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**. 2005.

EPA - Environmental Protection Agency. **Water Recycling and reuse: the environmental benefits**. EPA 909-F-98-001, 1998.

EPA – Environmental Protection Agency. **Guidelines for Water Reuse**. EPA/625/R-04/108, Washington, DC, september, 2004.

FLORIO, E. R. A.; SANTOS, G. J.; BARBIRATO JR, L.; SACCAMOTO, Y. Programa piloto de utilização de água de reúso pelo setor de transportes localizado na zona norte da região metropolitana de São Paulo. In: **Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. Cancún, México, 27 a 31 de outubro de 2002.

FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, A. S.; GONÇALVES, R. A. B. Uso de águas residuárias na agricultura. **Anais do Workshop Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Perspectivas**. Campina Grande, 28 a 30 de novembro de 2005.

GIORDANI, S. Averiguações das possibilidades de reúso de efluentes domésticos tratados nas bacias do Alto Iguaçu e Alto Ribeira. Curitiba: Dissertação de mestrado. UFPR, 201p., 2002.

HARADA, A. L.; NETTO, O. M. C. Análise multicritério aplicada a sistemas de esgotamento sanitário no Distrito Federal. **20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 1999.

HARADA, A. L. Uso de análise multicritério na ordenação de prioridades em empreendimentos de saneamento. **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2001.

HAMODA, F. M. Water Strategies and Potential of Water Reuse in the South Mediterranean Countries. **Desalination** v. 165, p. 31–41, 2004.

HESPAÑHOL, I. Potencial de Reúso de Água no Brasil - Agricultura, Indústria, Municípios e Recarga de Aquíferos, **Revista Bahia Análise & Dados**. Salvador. v. 13, n. especial, p. 411-437, 2003;

IBGE 2004. **IBGE Cidades @**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acessado em 10/09/2005.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4ª edição, 906 p., 2005.

KATO, M. T.; ANDRADE NETO, C. O.; CHERNICHARO, C. A. L.; FORESTI, E.; CYBIS, L. F. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. In: Configurações de reatores anaeróbios. PROSAB – coordenador: José Roberto Campos. Rio de Janeiro, ABES, 1999.

LANNA, A. E. **Hidrologia: ciência e aplicação** / organizado por TUCCI, C. E. M. 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 2002.

LAZAROVA, V.; HILLS, S.; BIRKS, R. Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing. **Water Science and Technology: Water Supply**. v. 3, n. 4, p. 69 – 77, 2003.

LENCASTRE, A.; CARVALHO, J.; GONÇALVES, J. PIEDADE, M. **Gestão de sistemas de saneamento básico - custos de construção e exploração**. Projecto realizado para a direcção geral do ambiente e financiado pelo Fundo de Coesão da União Europeia, v. 9, Editora LNEC, 1995.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. Disponível em <http://www.cf.org.br/cf2004/irrigacao.doc>. Acessado em 12/09/2005.

LIPOVETSKY, S.; CONKLIN, W.M. Robust Estimation of Priorities in the AHP. **European Journal of Operational Research**. v. 137, p. 110-122, 2002.

LOBATO, M. B. Sistema de hierarquização de ações de conservação da água em edificações com aplicação do método Electre III. Curitiba: Dissertação de mestrado. UFPR, 263p., 2005.

METCALF; EDDY. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4º. ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

MOREIRA, J. N. M.; BECKHAUSER, P. A utilização da metodologia multicritério de apoio a decisão na priorização de projetos de implantação de sistemas de esgotos sanitários. **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, (2001).

MUJERIEGO, R; ASANO, T. The role of advanced treatment in wastewater reclamation and reuse. **Water Science and Technology**. v. 40, n. 4-5, p. 1-9, 1999.

OMS. **Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura**. Genebra/Suíça: Relatório de um grupo científico da OMS, nº 778, 1989.

OZDEMIR, M. S.; SAATY, T. L. The unknown in decision making. What to do about it? **European Journal of Operational Research**, 2005.

\_\_\_\_\_. PROJETO BARIGUI - Avaliação de benefício-custo de medidas de controle de cheias e despoluição urbana - Estudo de caso da bacia do rio Barigüi. **Relatório Parcial 01**, Meta-física 1. 2003.

\_\_\_\_\_. PLANO DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA DA BACIA DO AUTO IGUAÇU – PROSAM. v. 5 – Avaliação de qualidade das águas – TOMO 5.4, 2000.

RIZZI, N. E. Planejamento hidrológico. Anais do 2º Seminário: “Água - Problemas e Soluções para o Século 21”. **Anais eletrônicos**. Curitiba, 28 a 30 de novembro de 2001.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. Caracterização e monitoramento do consumo predial. In: BRASIL. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano. **PNCDA: Plano Nacional de Combate ao Desperdício da Água – DTA-E1**. Brasília, 1998.

SAATY, T. L. **Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L. How to make a decision: the Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, p. 9-26, 1990.

SAATY, T. L. Decision-making with the AHP: why is the principal eigenvector necessary. **European Journal of Operational Research**, v. 145, p. 85-91, 2003.

SAATY, T. L. Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. **European Journal of Operational Research**. 2004.

SANTOS, D.C. Programa de Gestão do Uso da Água nas Edificações. Curitiba, 2001.

SANTOS, D. C.; LOBATO, M. B. Conservação da Água nas Edificações para Promoção da Sustentabilidade Hídrica. **Anais do V Serea - Seminário Iberoamericano Sobre Sistemas de Abastecimento de Água - Valência**, 2005.

SANTOS, H. F. Critério de qualidade da água para reúso. **Revista DAE**, n. 174, nov. – dez., 1993.

SANTOS, H. F. **Reúso de água** / organizado por MANCUSO, P. C. S; SANTOS, H. F. NISAM – USP, Barueri, SP, 2003.

LANNA, A. E. **Hidrologia: ciência e aplicação** / organizado por TUCCI, C. E. M. 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 2002.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª ed. Brasília, Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000.

SILVA, R. T.; CONEJO, J. G. L.; GONÇALVES, O. M. Apresentação do programa. In: BRASIL. Ministério do planejamento e orçamento. **PNCDA: Plano Nacional de Combate ao Desperdício da Água – DTA-A1**. Brasília, 1998.

SNIS – Sistema Nacional de Informação de Saneamento, 2002.

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Plano de despoluição hídrica da Bacia do Alto Iguaçu. v. 2 – diagnóstico (relatório final). Dezembro 2002.

SUREHMA - Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Portaria nº 020/92 de 12 de maio de 1992.

TOZE, S. Reuse of effluent water – benefits and risks. **Agricultural Water Management**. 2005.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 2ª edição, São Paulo, 2005.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. **Gestão de Água no Brasil**. UNESCO, Brasília, 2003.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos. O Futuro dos Recursos. Multi Ciência, 2003. Disponível em: [http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos\\_01/A3\\_Tundisi\\_port.PDF](http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A3_Tundisi_port.PDF) Acessado em 20/11/2005.

UNESCO - UNITED NATIONS / WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME - UN/WWAP. 2003. **UN World Water Development Report: Water for People, Water for Life.** Paris, New York e Oxford. Disponível em: [www.unesco.org/water/wwap/wwdr/table\\_contents.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/table_contents.shtml) acesso em 15/06/2005.

VAN HAANDEL, A. C. Tratamento de água residuárias para diversos fins. **Anais do Workshop Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Perspectivas.** Campina Grande, 28 a 30 de novembro de 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte, v.1, 2. ed.: SEGRAC, 243 p., 1996.

\_\_\_\_\_ **Water Reuse - Manual of Practice.** Water Environmental Federation. 2<sup>o</sup> edition.

**World Water Vision. Que el agua sea asunto de todos.** William J. Cosgrove y Frank R. Rijsberman. Por el Consejo Mundial del Agua Council, 2000.

ZUFFO, A. C.; REIS, L.F. R.; SANTOS, R. F.; CHAUDHRY, F. H. Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento de recursos hídricos. **RBRB – Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v. 7, n. 1 – jan/mar, p. 81 – 102, 2002.

**APÊNDICE A**

**QUESTIONÁRIO DE ACEITABILIDADE PÚBLICA DO  
USO DA ÁGUA DE REÚSO**

Nome: \_\_\_\_\_

Idade:

0 - 20

20 - 40

40 - 60

mais de 60 anos

Escolaridade:

1° grau

2° grau

3° grau

Profissão: \_\_\_\_\_

Água de reúso, para fins não potáveis, é aquela que após passar por sistemas de tratamento de esgoto torna-se incolor, insípida, inodora e desinfectada.

Assinale com um X as alternativas que você aceitaria.

**Meio Antrópico**

**1. Residencial**

Você aceitaria o uso da água de reúso?

Na limpeza de calçadas

Na rega de jardim

Na descarga sanitária

**2. Comercial**

Você aceitaria o uso da água de reúso?

Na limpeza de estacionamentos

Na limpeza de pisos internos

Na descarga sanitária

**3. Industrial**

Você aceitaria o uso da água de reúso?

Na limpeza de estacionamentos

Na limpeza de pisos internos

Na descarga sanitária

Em torres de resfriamento

Na rega de jardim

**4. Livre**

Você aceitaria o uso da água de reúso?

Na rega de praças, parques ou bosques

Manutenção de espelhos d'água ou chafariz

Manutenção de campos esportivos

Manutenção de lagos recreacionais

Limpeza de praças, parques ou bosques

Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios

Manutenção da vegetação ao longo de vias

Continua na próxima página

## Conclusão do Questionário

**5. Agricultura****Você comeria?**

- Alimentos crus, irrigados com água de reúso
- Alimentos cozidos, irrigados com água de reúso
- Frutas que crescem em galhos de árvores (próximos ao solo)
- Frutas que crescem em galhos aéreos de árvores
- Não comeria nenhum tipo de alimento irrigado com água de reúso

**Você compraria?**

- Plantas ornamentais irrigadas com água de reúso

**Meio Natural****7. Recursos Hídricos****Você aceitaria o uso da água de reúso?**

- Na manutenção dos volumes de água dos rios e lagos
- Na criação de habitat ribeirinhos
- Na criação de lagos
- Na recarga de aquíferos

**8. Solo****Você aceitaria o uso da água de reúso como?**

- Como adubo para irrigação

**10. Custos****Você estaria disposto a pagar**

- Mesmo valor da água potável
- 75% do valor da água potável
- 50% do valor da água potável
- 25% do valor da água potável
- Não pagaria

**6. Viário****Você aceitaria o uso da água de reúso?**

- Na eliminação de pó nas ruas
- Na limpeza de ruas
- Na lavagem de ônibus e carros
- Em reservatórios de hidrantes para controle de incêndio
- Na desobstrução de galerias

**9. Animal****Você aceitaria o uso da água de reúso na?**

- Dessedentação de animais
- Na criação de peixes

**Você consumiria?**

- Peixes criados em tanques abastecidos com água de reúso

**11. Sugestões**


---



---



---



---



---



---

**APÊNDICE B**

**52 POSSÍVEIS AÇÕES DE REÚSO DE ÁGUA PERTENCENTES  
A ÁREA DE ESTUDO**

ETE SANTA QUITÉRIA						
Ação	Descrição	Atendimento	Vazões (demanda) (L/s)	Total das Vazões (demanda) (L/s)	Água Economizada no manancial (L/s)	
<b>Tipo: Industrial - Classificação: Direto</b>						
1	TRE1+A1+CR1+RD1	G1 + G2	332,05	332,05	261,75 <sup>P</sup>	
2	TRE1+A1+CR1+CM1	G1	36,72	36,72	36,72 <sup>T</sup>	
3	TRE1+A2+CR2+CM2	G2	295,33	295,33	261,75 <sup>P</sup>	
4	TRE1+A1+CR1+RD2	G1	36,72	36,72	36,72 <sup>T</sup>	
5	TRE1+A2+CR2+RD3	G2	295,33	295,33	261,75 <sup>P</sup>	
6	TRE1+A1+CR1+CM3	G9	67,11	67,11	67,11 <sup>T</sup>	
7	TRE1+A1+CR1+RD4	G9	67,11	67,11	67,11 <sup>T</sup>	
8	TRE1+ CM4	G3 + G4	26,95	26,95	26,95 <sup>T</sup>	
9	TRE1+A3+H1+CM5	G7	4,71	4,71	4,71 <sup>T</sup>	
10	TRE1+A4+ H2+CM6	G8	1,16	1,16	1,16 <sup>T</sup>	
11	TRE1+A5+CR3+	RD5	G10	312,39	332,05	261,75 <sup>P</sup>
		CM7	G11	19,66		
12	TRE1+A1+CR1+RD6	G12	281,83	281,83	261,75 <sup>P</sup>	
<b>Tipo: Industrial + Produção de Alimentos - Classificação: Direto</b>						
13	TRE1+A1+CR1+	RD1	G1 + G2	332,05	597,74	261,75 <sup>P</sup>
		CM8	G14	265,69		
14	TRE1+A1+CR1+	CM9	G13 + G14	683,57	720,29	261,75 <sup>P</sup>
		CM1	G1	36,72		
<b>Tipo: Produção de Alimentos - Classificação: Direto</b>						
15	TRE1+CM10	G15	85,44	85,44	85,44 <sup>T</sup>	
16	TRE1+CM11	G15 + G16	243,85	243,85	243,85 <sup>T</sup>	
17	TRE1+CM12	G16	158,41	158,41	158,41 <sup>T</sup>	
18	TRE1+A1+CR1+CM13	G15	85,44	85,44	85,44 <sup>T</sup>	
19	TRE1+A6+H3+CM14	G26	ND	ND	---	

Continua na próxima página

Conclusão da Tabela

ETE SANTA QUITÉRIA						
Ação	Descrição	Atendimento	Vazões (demanda) (L/s)	Vazões totais das (demanda) (L/s)	Água economizada no manancial (L/s)	
<b>Tipo: Serviços Urbanos - Classificação: Direto</b>						
20	TRE1+A7+H4	G17 <sup>(1)</sup>	54,61	54,61	54,61 <sup>T</sup>	
21	TRE1+A8+H5+CM15	G18 <sup>(1)</sup>	54,53	54,53	54,53 <sup>T</sup>	
22	TRE1+A9+H6+CM16	G21 <sup>(1)</sup>	50,05	50,05	50,05 <sup>T</sup>	
23	TRE1+CM17	G19+G20 <sup>(1)</sup>	50,03	50,03	50,03 <sup>T</sup>	
24	TRE1+CM18	G18+G19+G20+G21+G22 <sup>(1)</sup>	54,62	54,62	54,62 <sup>T</sup>	
25	TRE1+CM19	G23 <sup>(1)</sup>	50,02	50,02	50,02 <sup>T</sup>	
26	AC	G25	-	-	356,38 <sup>T</sup>	
27	TRE1+A10+CR3+ RD7	G24	712,76	712,76	261,75 <sup>P</sup>	
<b>Tipo: Industrial + Serviços Urbanos - Classificação: Direto</b>						
28	TRE1+A11+H7+	CM16	G21 <sup>(1)</sup>	50,05	54,56	54,56 <sup>T</sup>
		CM20	G5	4,51		
29	TRE1+A12+H8+	CM21	G19 <sup>(1)</sup>	50,00	54,90	54,90 <sup>T</sup>
		CM22	G6	4,90		
30	TRE1+A13+H9+	CM23	G18+G21 <sup>(1)</sup>	4,58	59,09	59,09 <sup>T</sup>
		CM20	G5	4,51		
<b>Tipo: Ambiental - Classificação: Indireto</b>						
31	TRE1+RD	---	---	---	---	---
	LD1+MVR+MQR+RI	* MVQR+RI = Q <sub>ecológica</sub>	261,75	261,75	---	---
32	LD1+MVR+MQR+RI	* sem tratamento adicional	261,75	261,75	---	---

<b>ETE BELÉM</b>						
<b>Ação</b>	<b>Descrição</b>	<b>Atendimento</b>	<b>Vazões (demanda) (L/s)</b>	<b>Vazões totais das (demanda) (L/s)</b>	<b>Água economizada no manancial (L/s)</b>	
<b>Tipo: Industrial - Classificação: Direto</b>						
33	TRE2+A14+CR4+RD9	G30+G31	13,08	13,08	13,08 <sup>T</sup>	
34	TRE2+A14+CR4+CM21	G30+G31	13,08	13,08	13,08 <sup>T</sup>	
35	TRE2+A15+CR5+RD10	G27+G28+G29	72,28 <sup>(1)</sup>	72,28	72,28 <sup>T</sup>	
36	TRE2+A15+CR5+CM22	G27+G28+G29	72,28 <sup>(1)</sup>	72,28	72,28 <sup>T</sup>	
37	TRE2+A16+H10+CM23	G29	8,09	8,09	8,09 <sup>T</sup>	
38	TRE2+A17+H11+CM24	G27	11,30	11,30	11,30 <sup>T</sup>	
<b>Tipo: Produção de Alimentos - Classificação: Direto</b>						
39	TRE2+A15+CR6+CM25	G33	1.224,82	1224,82	441,83 <sup>P</sup>	
40	TRE2+A15+CR6+	CM25	G33	1.224,82	2.087,80	441,83 <sup>P</sup>
		CM26	G34	862,98		
41	TRE2+CM27	G35+G36	152,10	152,10	152,10 <sup>T</sup>	
42	TRE2+A16+H12+CM28	G44	ND	ND	-	
<b>Tipo: Serviços Urbanos - Classificação: Direto</b>						
43	TRE2+A17+H13	G37 <sup>(1)</sup>	85,14	85,14	85,14 <sup>T</sup>	
44	TRE2+A15+CR5+CM29	G39 <sup>(1)</sup>	50,01	50,01	50,01 <sup>T</sup>	
45	TRE2+CM30	G40 <sup>(1)</sup>	50,01	50,01	50,01 <sup>T</sup>	
46	TRE2+A15+CR5+RD11	G42	391,96	391,96	391,96 <sup>T</sup>	
47	AC	G43	-	-	195,98 <sup>T</sup>	
<b>Tipo: Industrial + Serviços Urbanos - Classificação: Direto</b>						
48	TRE2+A16+CR6+ A17+H14	CM31	G38	0,04	4,55	4,55 <sup>T</sup>
		CM32	G32	4,51		
<b>Tipo: Ambiental - Classificação: Indireto</b>						
49	TRE2+A18+H15	G41	100	100,00	100,00 <sup>T</sup>	
50	TRE2+LD2+MVR+MQR+RI	* MVR+RI = Q <sub>ecológica</sub>	441,83	441,83	--- <sup>(2)</sup>	
51	LD2+MVR+MQR+RI	* sem tratamento adicional	441,83	441,83	--- <sup>(2)</sup>	

Continua na próxima página

Conclusão da Tabela

<b>Tipo: Industrial + Serviços Urbanos - Classificação: Indireto (interseção)</b>					
52	TRE1+TRE2+A19+ A20+CR7+CM33	G21+G5+G31	6,25	6,25	6,25 <sup>T</sup>

NOTA: <sup>P</sup> Atende de forma parcial a demanda<sup>T</sup> Atende de forma total a demanda

ND - Não determinado

<sup>(1)</sup> Atende incêndio e desobstrução de galerias, vazão estimada para estes usos 50 L/s<sup>(2)</sup> Não há economia no manancial, somente se está devolvendo a água residuária tratada a ele  
TRE1: Tratamento adicional e reservação na ETE Santa Quitéria; TRE2: Tratamento adicional e reservação na ETE Belém; Ai: adutora de número i; CRi: centro de reservação de número i; CMi: Caminhão de número i; Hi: Hidrante de número i; AC: Água Cinza; RD: Reúso Direto; RI: Reúso Indireto; LD: Lançamento direto; MVR: manutenção da vazão do rio; MQR: manutenção da qualidade do rio; MVQR: manutenção da vazão e qualidade do rio; Gi: Grupo de número i

## RELAÇÃO DE USOS, GRUPOS, ATENDIMENTOS E VAZÕES DAS INDÚSTRIAS

	Usos	Grupo de ações	Atendimento*	Vazão (L/s)
Santa Quitéria	Indústrias	Grupo 1 (G1)	1 a 16	36,72
		Grupo 2 (G2)	17 a 24	295,33
		Grupo 3 (G3)	25 a 34	20,75
		Grupo 4 (G4)	35 a 41	6,20
		Grupo 5 (G5)	35 e 39 a 41	4,51
		Grupo 6 (G6)	26 a 28 e 30	4,90
		Grupo 7 (G7)	27, 28 e 30	4,71
		Grupo 8 (G8)	25, 26 e 35	1,16
		Grupo 9 (G9)	17, 18 e 20 a 24	67,11
		Grupo 10 (G10)	2, 4 a 8, 12, 17 a 19, 23	312,39
		Grupo 11 (G11)	1, 3, 9 a 11, 13 a 16, 20 a 22, 24	19,66
		Grupo 12 (G12)	18 e 20	281,83
Belém	Indústrias	Grupo 27 (G27)	48 a 50	11,3
		Grupo 28 (G28)	51 a 53	2,89
		Grupo 29 (G29)	45 a 47	8,09
		Grupo 30 (G30)	36 e 40 a 44	11,39
		Grupo 31 (G31)	37 a 39	1,69
		Grupo 32 (G32)	36 e 40 a 42	4,51

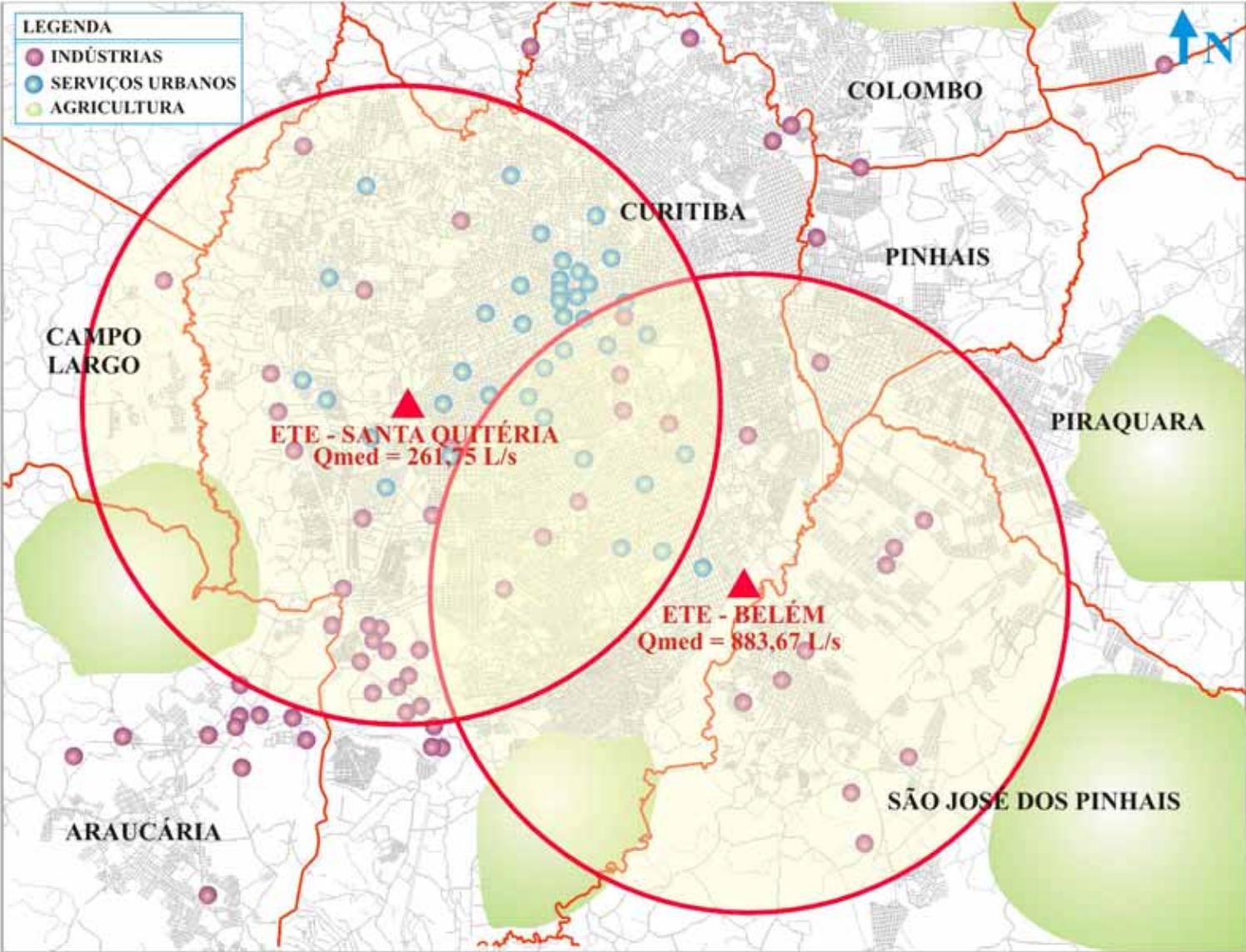
NOTA: \* Número correspondente a cada indústria

## RELAÇÃO DE USOS, GRUPOS, ATENDIMENTOS E VAZÕES

	Usos	Grupo de ações	Atendimento	Vazão (L/s)
Santa Quitéria	Agricultura	Grupo 13 (G13)	Campo Largo	417,89
		Grupo 14 (G14)	Araucária	265,69
		Grupo 15 (G15)	Curitiba	85,44
		Grupo 16 (G16)	Campo Magro	158,41
Belém		Grupo 33 (G33)	Curitiba	1.224,82
		Grupo 34 (G34)	São José dos Pinhais	862,98
		Grupo 35 (G35)	Pinhais	22,64
		Grupo 36 (G36)	Piraquara	129,46
Santa Quitéria	Higienização Urbana	Grupo 17 (G17)	38 ruas e praças de intensa circulação	4,61
		Grupo 18 (G18)	Ruas (1 a 16) *	4,53
		Grupo 19 (G19)	Ruas (26 e 27) *	0,00
		Grupo 20 (G20)	Ruas (28 a 35) *	0,03
		Grupo 21 (G21)	Ruas (17 a 25 e 36) *	0,05
		Grupo 22 (G22)	Ruas (37 a 39) *	0,01
		Grupo 23 (G23)	Ruas (28 a 32 e 35) *	0,02
Belém		Grupo 37 (G37)	13 ruas e praças de intensa circulação	134
		Grupo 38 (G38)	Ruas (17 a 23) *	0,04
		Grupo 39 (G39)	Ruas (24, 25 e 36) *	0,01
		Grupo 40 (G40)	Ruas (37 a 39) *	0,01
SQ	Residência	Grupo 24 (G24)	Todo o arruamento	712,76
B		Grupo 42 (G42)	Todo o arruamento	391,96
SQ	Água Cinza	Grupo 25 (G25)	Todas as residências	356,38
B		Grupo 43 (G43)	Todas as residências	979,90
SQ	Piscicultura	Grupo 26 (G26)	---	ND
B		Grupo 44 (G44)	---	ND
SQ	Q <sub>eco-lógica</sub>	---	---	261,75
B		---	---	441,83
B	---	Grupo 41 (G41)	Atende o Parque Náutico	100

**APÊNDICE C**

**MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS POSSÍVEIS DEMANDAS**



**ANEXO A**

**BOLETIM ANUAL DE CONTROLE OPERACIONAL DAS  
ETE'S SANTA QUITÉRIA E BELÉM**

<b>Boletim Anual de Controle Operacional das ETE Santa Quitéria - 2004 (parte 1 de 2)</b>													
	<b>Vazão</b>			<b>DQO</b>			<b>DBO</b>				<b>Sólidos Suspensos</b>		
				<b>afluente</b>	<b>efluente</b>	<b>remoção</b>	<b>afluente</b>	<b>efluente</b>	<b>remoção</b>	<b>Carga removida</b>	<b>afluente</b>	<b>efluente</b>	<b>remoção</b>
<b>Mês</b>	<b>(L/s)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(%)</b>	<b>(kg/mês)</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(%)</b>
<b>Janeiro</b>	---	0,00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>Fevereiro</b>	---	0,00	---	297,67	129,00	56,66	---	---	---	---	109,00	36,67	66,36
<b>Março</b>	207,00	17.884,80	554.428,80	343,00	145,25	57,65	141,25	53,75	61,95	48.512,52	94,00	33,50	64,36
<b>Abril</b>	188,00	16.243,20	487.296,00	436,00	144,75	66,80	225,00	56,25	75,00	82.231,20	184,00	56,50	69,29
<b>Mai</b>	---	0,00	---	238,25	151,75	36,31	156,25	76,25	51,20	0,00	252,50	79,00	68,71
<b>Junho</b>	---	0,00	---	341,75	159,75	53,26	208,75	63,75	69,46	0,00	145,00	58,00	60,00
<b>Julho</b>	260,47	22.504,31	697.633,74	247,33	147,33	40,43	160,00	88,33	44,79	49.997,32	147,30	61,33	58,36
<b>Agosto</b>	272,80	23.569,92	730.667,52	445,00	212,00	52,36	265,00	52,50	80,19	155.266,85	163,50	86,00	47,40
<b>Setembro</b>	229,96	19.868,11	596.043,36	385,00	200,25	47,99	196,25	61,25	68,79	83.148,05	141,50	72,50	48,76
<b>Outubro</b>	321,35	27.764,64	860.703,84	131,75	139,75	-6,07	70,00	64,25	8,21	4.949,05	63,75	54,00	15,29
<b>Novembro</b>	258,30	22.317,12	691.830,72	316,25	159,75	49,49	202,50	65,00	67,90	92.058,12	164,75	64,75	60,70
<b>Dezembro</b>	356,10	30.767,04	953.778,24	290,00	160,75	44,57	148,75	70,00	52,94	75.110,04	146,25	74,00	49,40
<b>Média</b>	261,75	15.076,60	696.547,78	315,64	159,12	45,40	177,38	65,13	58,04	59.127,31	146,50	61,48	55,33
<b>Mínimo</b>	188,00	0,00	487.296,00	131,75	129,00	-6,07	70,00	52,50	8,21	0,00	63,75	33,50	15,29
<b>Máximo</b>	356,10	30.767,04	953.778,24	445,00	212,00	66,80	265,00	88,33	80,19	155.266,85	252,50	86,00	69,29
<b>Projetado</b>	420,00	36.288,00	1.088.640,00	---	---	70,00	---	---	80,00	---	---	---	71,00

FONTE: SANEPAR (2004)

Boletim Anual de Controle Operacional das ETE Santa Quitéria – 2004 (parte 2 de 2)												
	Sólidos Sedimentáveis			Alcalinidade		pH		Consumo de Energia				I.Q.E.T.
	Afluente	Efluente	Remoção	Afluente	Efluente			Geral	Custo	Relações		
Mês	(mL/L.h)	(mL/L.h)	(%)	(mg/L <sub>CaCO3</sub> )	(mg/L <sub>CaCO3</sub> )	Afluente	Efluente	(kWh)	(R\$)	(kwh/kgDBO <sub>removida</sub> )	(kwh/m <sup>3</sup> tratado)	
Janeiro	---	---	---	---	---	---	---	19.352	4.422,46	---	---	96
Fevereiro	2,00	0,13	93,34	143,50	168,57	7,10	7,03	21.484	4.818,13	---	---	98,33
Março	1,63	0,13	92,31	139,95	179,85	7,05	7,04	17.548	4.089,03	0,362	0,032	97,50
Abril	4,10	0,18	95,73	186,69	189,74	7,25	7,00	19.434	4.394,38	0,236	0,040	95,00
Maiο	2,80	1,08	61,61	154,66	187,93	7,28	7,10	18.286	4.208,51	---	---	81,25
Junho	3,10	0,38	87,90	176,78	198,39	7,48	7,18	26.158	5.483,02	---	---	95,00
Julho	2,00	0,20	90,00	157,53	194,37	7,13	6,87	26.076	5.864,06	0,522	0,037	76,67
Agosto	5,30	0,65	87,74	208,30	202,15	7,55	6,90	27.716	6.390,68	0,179	0,038	76,67
Setembro	2,73	0,40	85,32	187,85	212,25	7,50	7,00	25.748	6.090,16	0,310	0,043	82,50
Outubro	0,63	0,24	62,00	176,33	176,33	7,43	7,25	21.156	5.388,98	4,275	0,025	90,00
Novembro	3,875	0,425	89,03	187,90	203,09	7,525	7,16	34.604	8.339,74	0,376	0,050	91
Dezembro	2,80	0,93	66,96	157,40	179,54	7,40	7,53	30.996	7.740,82	0,413	0,032	88
<b>Média</b>	2,81	0,43	82,90	170,63	190,20	7,33	7,10	24.046,50	5.602,50	0,83	0,04	88,99
<b>Mínimo</b>	0,63	0,13	61,61	139,95	168,57	7,05	6,87	17.548,00	4.089,03	0,18	0,02	76,67
<b>Máximo</b>	5,30	1,08	95,73	208,30	212,25	7,55	7,53	34.604,00	8.339,74	4,27	0,05	98,33
<b>Projetado</b>	---	---	80,00	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>Acumulado do ano:</b>	<b>Vazão</b>		<b>Consumo de Energia</b>		<b>Carga de DBO Removida</b>							
	<b>(m<sup>3</sup>)</b>		<b>(kWh)</b>		<b>(kg)</b>							
	5.572.382,22		288.558,00		591.273,14							

FONTE: SANEPAR (2004)

Boletim Anual de Controle Operacional das ETE Belém – 2004 (parte 1 de 2)													
	Vazão			DQO			DBO				Sólidos Suspensos		
				afluente	efluente	remoção	afluente	efluente	remoção	Carga removida	afluente	efluente	remoção
Mês	(L/s)	(m <sup>3</sup> /dia)	(m <sup>3</sup> /mês)	(mg/L)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(mg/L)	(%)	(kg/mês)	(mg/L)	(mg/L)	(%)
<b>Janeiro</b>	853,00	73.699,20	2.284.675,20	448,00	16,00	96,43	273,00	6,00	97,80	610.008,28	151,00	2,40	98,41
<b>Fevereiro</b>	932,00	80.524,80	2.254.694,40	499,00	20,00	95,99	225,00	4,00	98,22	498.287,46	---	---	---
<b>Março</b>	873,00	75.427,20	2.338.243,20	454,00	42,00	90,75	228,00	9,00	96,05	512.075,26	181,80	9,60	94,72
<b>Abril</b>	866,00	74.822,40	2.244.672,00	451,00	31,00	93,13	221,00	3,00	98,64	489.338,50	165,00	6,60	96,00
<b>Mai</b>	908,00	78.451,20	2.431.987,20	401,00	51,00	87,28	170,00	4,00	97,65	403.709,88	162,40	21,30	86,88
<b>Junho</b>	927,00	80.092,80	2.402.784,00	478,00	29,00	93,93	211,00	5,00	97,63	494.973,50	225,80	16,90	92,52
<b>Julho</b>	964,00	83.289,60	2.581.977,60	351,00	19,00	94,59	187,00	4,00	97,86	472.501,90	151,40	7,80	94,85
<b>Agosto</b>	808,00	69.811,20	2.164.147,20	501,00	30,00	94,01	306,00	6,00	98,04	649.244,16	215,40	13,20	93,87
<b>Setembro</b>	855,00	73.872,00	2.216.160,00	472,00	45,00	90,47	197,00	16,00	91,88	401.124,96	232,90	22,40	90,38
<b>Outubro</b>	883,00	76.291,20	2.365.027,20	346,00	43,00	87,57	165,00	6,00	96,36	376.039,32	138,30	36,30	73,75
<b>Novembro</b>	880,00	76.032,00	2.280.960,00	309,00	32,00	89,64	161,00	5,00	96,89	355.829,76	138,30	19,30	86,04
<b>Dezembro</b>	855,00	73.872,00	2.216.160,00	318,00	23,00	92,77	280,00	3,00	98,93	613.876,32	---	---	---
<b>Média</b>	883,67	76.348,80	2.315.124,00	419,00	31,75	92,21	218,67	5,92	97,16	489.750,78	176,23	15,58	90,74
<b>Mínimo</b>	808,00	69.811,20	2.164.147,20	309,00	16,00	87,28	161,00	3,00	91,88	355.829,76	138,30	2,40	73,75
<b>Máximo</b>	964,00	83.289,60	2.581.977,60	501,00	51,00	96,43	306,00	16,00	98,93	649.244,16	232,90	36,30	98,41
<b>Projetado</b>	883,67	76.348,80	2.315.124,00	419,00	31,75	92,21	218,67	5,92	97,16	489.750,78	176,23	15,58	90,74

FONTE: SANEPAR (2004)

Boletim Anual de Controle Operacional das ETE Belém – 2004 (parte 2 de 2)										
	Sólidos Sedimentáveis			pH		Consumo de Energia				I.Q.E.T.
	Afluente	Efluente	Remoção			Geral	Custo	Relações		
Mês	(mL/L.h)	(mL/L.h)	(%)	Afluente	Efluente	(kWh)	(R\$)	(kwh/ kgDBO <sub>removida</sub> )	(kwh/ m <sup>3</sup> tratado)	
<b>Janeiro</b>	3,90	0,10	97,44	6,70	6,80	968.357,00	133.435,80	1,587	0,424	100,00
<b>Fevereiro</b>	5,00	0,10	98,00	6,60	6,70	980.317,00	156.135,19	1,967	0,435	99,57
<b>Março</b>	3,20	2,90	9,38	6,70	6,70	166.274,00	149.507,18	0,325	0,071	100,00
<b>Abril</b>	3,70	0,10	97,30	7,00	7,10	923.636,00	147.758,99	1,888	0,411	100,00
<b>Mai</b>	3,00	5,90	-96,67	6,80	6,90	1.071.870,00	161.551,43	2,655	0,441	100,00
<b>Junho</b>	8,80	4,00	54,55	6,70	6,70	895.394,00	154.387,58	1,809	0,373	85,00
<b>Julho</b>	2,30	0,20	91,30	6,60	6,70	998.628,00	165.399,79	2,113	0,387	100,00
<b>Agosto</b>	3,10	0,40	87,10	7,10	7,60	1.050.578,00	189.303,12	1,618	0,485	99,21
<b>Setembro</b>	2,80	2,20	21,43	7,20	7,50	926.652,00	179.206,13	2,310	0,418	100,00
<b>Outubro</b>	1,60	1,00	37,50	7,40	7,80	947.458,00	181.484,16	2,520	0,401	98,54
<b>Novembro</b>	2,1	0,3	85,71	7,4	7,50	963.391,00	182.731,34	2,707	0,422	100
<b>Dezembro</b>	4,40	2,70	38,64	6,90	7,30	972.886,00	182.584,02	1,585	0,439	93
<b>Média</b>	3,66	1,66	51,81	6,93	7,11	905.453,42	168.186,27	1,924	0,39	97,97
<b>Mínimo</b>	1,60	0,10	-96,67	6,60	6,70	166.274,00	147.758,99	0,325	0,07	85,00
<b>Máximo</b>	8,80	5,90	98,00	7,40	7,80	1.071.870,00	189.303,12	2,707	0,49	100
<b>Acumulado do ano:</b>	<b>Vazão</b>		<b>Consumo de Energia</b>		<b>Carga de DBO Removida</b>					
	<b>(m<sup>3</sup>)</b>		<b>(kWh)</b>		<b>(kg)</b>					
	5.572.382,22		288.558,00		591.273,14					

FONTE: SANEPAR (2004)

**ANEXO B**

**PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS MENSAIS  
PARA LIMPEZA URBANA**



DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA  
SEÇÃO DE MATERIAL - LICITAÇÕES

ANEXO VIII

PLANILHA DE COMPOSIÇÃO CUSTOS MENSAIS

PROCESSO 5.001724.04.5

1 - MÃO DE OBRA

1.1 - Motorista

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	SUB-TOTAL	TOTAL
Salário Normal	hora	220	2,79	614,07	
Encargos Sociais	%	96,42	614,07	592,08	
Total por Motorista				1,206,15	
Total do Efetivo	homem	1	1,206,15	1,206,15	
					1,206,15
<b>TOTAL DE MÃO DE OBRA</b>					<b>1,206,15</b>

2 - VEÍCULO

2.1 - Depreciação

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	SUB-TOTAL	TOTAL
Custo de aquisição do chassi	unidade	1	120,000.00	120,000.00	
Custo de aquis. do equip. compactador	unidade	1	60,000.00	60,000.00	
Depreciação do chassi (60 meses)	%	70	120,000.00	84,000.00	
Depreciação do compactador (60 meses)	%	70	60,000.00	42,000.00	
Depreciação mensal do veículo	mês	60	126,000.00	2,100.00	
					2,100.00

2.2 - Remuneração do Capital Investido

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	SUB-TOTAL	TOTAL
Custo do veículo com equipamento	unidade	1	180,000.00	180,000.00	
Remuneração mensal de capital	%	0,5	180,000.00	900,00	
					900,00

2.3 - Impostos e Seguros

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	SUB-TOTAL	TOTAL
IPVA	unidade	1	1,200.00	1,200.00	
Seguro Obrigatório	unidade	1	51,62	51,62	
Seguro total	unidade	1	1,400.00	1,400.00	
Impostos e seguros mensais	mês	12	2,651,62	220,97	
					220,97

2.4 - Consumos

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	SUB-TOTAL	TOTAL
Custo de diesel / km rodado	km/l	2,00	1,30	0,65	
Custo mensal com diesel	km	3,900	0,65	2,535,00	
C. de óleo do motor / 1.000 km rodados	l / 1.000 km	5	4,00	20,00	
Custo mensal com óleo do motor	km	3,900	20,00	78,00	
C. de óleo hidráulico / 1.000 km rodados	l / 1.000 km	5	6,00	30,00	
Custo mensal com filtro de óleo	km	3,900	30,00	117,00	
					2,730,00

2.5 - Manutenção

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	SUB-TOTAL	TOTAL
Custo de aquisição do veículo	unidade	1	180,000.00	180,000.00	
Custo est. de manutenção (5 anos)	%	70	180,000.00	126,000.00	
Custo mensal de manutenção	mês	60	126,000.00	2,100.00	
					2,100.00

2.6 - Pneus

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	SUB-TOTAL	TOTAL
Custo do jogo de pneus 1000 x 20	unidade	6	811,00	4,866,00	
Custo do jogo completo / km rodado	km/jogo	35,000	4,866,00	0,14	
Custo mensal com pneus	km	3,900	0,14	542,21	
					542,21
<b>TOTAL DE VEÍCULO</b>					<b>8,593,18</b>
<b>TOTAL DE DESPESAS DIRETAS MENSAS</b>					<b>9,799,33</b>



DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA  
SEÇÃO DE MATERIAL - LICITAÇÕES

ANEXO VIII

4 - DESPESAS ADMINISTRATIVAS

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	SUB-TOTAL	TOTAL
Despesas administrativas mensais	%	5	9,799.33	489.97	
					489.97
<b>TOTAL DE DESPESAS ADMINISTRATIVAS</b>					<b>489.97</b>

5 - IMPOSTOS E TAXAS

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	SUB-TOTAL	TOTAL
ISS	%	5.00	11,913.05	595.65	
PIS/CONFIN	%	8.25	11,913.05	982.83	
CPMF	%	0.38	11,913.05	45.27	
					1,623.75
<b>TOTAL DE IMPOSTOS E TAXAS</b>					<b>1,623.75</b>
<b>TOTAL DE CUSTOS MENSAIS</b>					<b>11,913.05</b>

RATEIO DOS CUSTOS MENSAIS

Total de custos mensais: R\$11,913.05  
 Média de horas trabalhadas: 265 h  
 Média de quilômetros rodados: 3,900 km

Custos fixos (incidentes sobre a hora a disposição)

Motorista	1,206.15	
Depreciação	2,100.00	
Remuneração do Capital Investido	900.00	
Impostos e Seguros	220.97	
Despesas Administrativas	221.36	
Impostos e taxas	733.57	
<b>Total</b>		<b>5,382.05</b>

<b>Custo por hora trabalhada</b>	<b>R\$20.31 /hora</b>
----------------------------------	-----------------------

Custos variáveis (incidentes sobre o quilômetro rodado)

Consumo	2,730.00	
Manutenção	2,100.00	
Pneus	542.21	
Despesas Administrativas	268.61	
Impostos e taxas	890.17	
<b>Total</b>		<b>6,531.00</b>

<b>Custo por quilômetro rodado</b>	<b>R\$1.67 /km</b>
------------------------------------	--------------------

Fonte: ASSTEC / DLC