



SEMAD

PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS AFLUENTES MINEIROS DOS RIOS

MOGI-GUAÇU E PARDO

(Unidade de Gestão GD6)

FASE II - PROGNÓSTICO



Fundação Educacional de Ensino de Técnicas Agrícolas, Veterinárias e de Turismo Rural

Abril de 2010

PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS AFLUENTES MINEIROS DOS RIOS MOGI-GUAÇU E PARDO

(Unidade de Gestão GD6)

FASE II PROGNÓSTICO

PROPONENTE/EXECUTOR:

Fundação Educacional de Ensino de Técnicas Agrícolas, Veterinárias e de Turismo Rural

COORDENAÇÃO:

Afonso Henriques Moreira Santos (Coordenador Geral) – Engenheiro Eletricista e Pós-doutor em Gestão Ambiental (CIRED-Centre International de la Recherche sur L'environnement et le Developement, Paris).

Alexandre Augusto Moreira Santos (Coordenador Adjunto) – Engenheiro Civil, Especialista em Saneamento (UFMG) e Mestre em Ecologia (UNB).

Benedito Cláudio da Silva (Coordenador Técnico) – Engenheiro Mecânico e Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (UFRGS).

EQUIPE TÉCNICA:

Roberto de Mattos. Contador e Doutor em Engenharia de Água e Solo (UFLA).

Thiago Balisa Santana. Engenheiro Hídrico (UNIFEI).

Thiago Roberto Batista. Engenheiro Hídrico (UNIFEI).

Bárbara Flauzino. Engenheira Ambiental (UNIFEI).

Guilherme Gomes da Silva. Engenheiro Ambiental (UNIFEI).

Danielle Hoffert. Engenheira Hídrica (UNIFEI).

Jonas Fernandes Maciel. Engenheiro Ambiental (UNIFEI).

Juliana Aparecida Oliveira. Engenheira Hídrica (UNIFEI).

Rodrigo Augusto de Siqueira Souza. Engenheiro Ambiental (UNIFEI).

David José Diniz. Engenheiro Ambiental e Doutorando em Meio Ambiente e Sociedade.

Bruna Gonçalves dos Santos. Técnica em Meio Ambiente e Agroenergia.

Luiz Henrique Mota do Santos. Técnico em Meio Ambiente e Agroenergia.

ESTAGIÁRIOS:

Bruna Gonçalves da Silva. *Engenharia Ambiental (UNIFEI)*.

Daíla Aparecida Ferreira. *Engenharia Hídrica (UNIFEI)*.

Renata Sayuri Muranaka. *Engenharia Hídrica (UNIFEI)*.

Aline Garcia Duarte. *Engenharia Hídrica (UNIFEI)*.

Bruna Marigheto. *Engenharia Ambiental (UNIFEI)*.

Maitê Martins Nobre. *Engenharia Ambiental (UNIFEI)*.

Rodrigo Braz Carneiro. *Engenharia Ambiental (UNIFEI)*.

Vítor Pereira Pinto. *Engenharia Hídrica (UNIFEI)*.

COMISSÃO TÉCNICA DE ACOMPANHAMENTO (CBH MOGI-PARDO):

Ângela Maria Martins Marques dos Santos dos Santos (Coordenadora da Comissão Técnica, Geóloga e Gestora Ambiental).

Antônio Carlos Sales (Presidente do CBH Mogi-Pardo).

Rodopiano Marques Evangelista (Vice-presidente do CBH Mogi-Pardo).

Luiz Eduardo Junqueira (1º Secretário).

Hélio Antônio Scalvi (2º Secretário).

Romeu José Pereira (CT Mobilização, Divulgação e Educação Ambiental).

Cláudia de Souza (CT Outorga).

Henrique Rossi Wolf.

Leonel Sátiro de Lima (EMATER).

Irinéia Ardissom da Silveira Souza (ADISMIG).

ACOMPANHAMENTO PELO IGAM:

José Eduardo Nunes de Queiroz. *Analista Ambiental e Geógrafo*.

COLABORAÇÃO TÉCNICA:

Rafael Silva Capaz. *Engenheiro Ambiental e Mestre em Engenharia da Energia (UNIFEI)*.

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	11
1. INTRODUÇÃO	13
2. PROGNÓSTICO DA DEMANDA DOS RECURSOS HÍDRICOS	15
2.1. METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DA DEMANDA HÍDRICA	16
2.1.1. Demanda Hídrica nos Últimos 15 Anos na Unidade de Gestão GD6	16
2.1.2. Demanda Hídrica nos Próximos 20 Anos na Unidade de Gestão GD6.....	32
2.2. RESULTADOS GERAIS.....	41
2.2.1. Demanda Hídrica nos Próximos 20 Anos por Classe de Uso	42
2.2.2. Demanda Hídrica nos Próximos 20 Anos para a Unidade de Gestão GD6.....	53
2.3. RESULTADOS POR SUB-BACIA.....	56
2.3.1. Córrego das Areias.....	58
2.3.2. Ribeirão da Onça	60
2.3.3. Rio Lambari.....	62
2.3.4. Ribeirão Parapatinga	64
2.3.5. Rio Canoas	66
2.3.6. Rio Capivari.....	68
2.3.7. Rio das Antas	70
2.3.8. Rio do Peixe	72
2.3.9. Rio Eleutéria	74

2.3.10. Rio Jaguari-Mirim	76
2.3.11. Rio Mogi-Guaçu	79
2.3.12. Rio Pardo	81
2.3.13. Rio Verde	83
3. ESTIMATIVAS DE CARGAS POLUIDORAS POR CENÁRIOS.....	85
4. COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES COM AS DEMANDAS HÍDRICAS	99
4.1. ALTERNATIVAS DE INCREMENTO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS.....	100
4.1.1. Construção de reservatórios	100
4.1.2. Captação de água subterrânea.....	101
4.1.3. Bacias de Captação de Enxurradas.....	101
4.1.4. Construção de Terraceamento nas Áreas Agricultadas	104
4.1.5. Proteção e Recomposição de Matas Ciliares.....	107
4.1.6. Proteção de Nascentes.....	113
4.1.7. Reserva Legal.....	116
4.1.8. Abastecimento humano	119
4.1.9. Uso Industrial.....	129
4.1.10. Irrigação.....	133
4.1.11. Alternativas para melhoria da qualidade	138
5. ESTIMATIVA DA COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS	147
5.1. LEGISLAÇÕES QUE TRATAM DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA	148
5.2. METODOLOGIAS DE COBRANÇA	149
5.3. ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ARRECADAÇÃO NA UNIDADE DE GESTÃO GD6	154

6. ARTICULAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DOS INTERESSES INTERNOS E EXTERNOS À BACIA.....	158
7. SÍNTESE E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO.....	164
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167

Lista de Figuras

Figura 2.1: Estações climatológicas e Postos pluviométricos localizados próximos a Unidade de Gestão GD6	28
Figura 2.2: Relação entre o PIB per capita e a demanda hídrica do município de Poços de Caldas (MG).....	35
Figura 2.3: Evolução da vazão de captação para o abastecimento urbano.....	43
Figura 2.4: Comparação entre a vazão estimada e a vazão medida no município de Poços de Caldas para abastecimento urbano	44
Figura 2.5: Evolução da vazão de captação para o abastecimento rural.....	45
Figura 2.6: Captação de água projetada para a criação e animais.....	45
Figura 2.7: Área plantada média das culturas temporárias e permanentes nos municípios da Unidade de Gestão GD6.....	46
Figura 2.8: Área plantada média das culturas temporárias entre 1990 e 2008	47
Figura 2.9: Área plantada média das culturas permanentes entre 1990 e 2008.....	48
Figura 2.10: Captação de água projetada para a irrigação	50
Figura 2.11: Área Planta das culturas mais expressivas na região.....	50
Figura 2.12: Meses de maior precipitação	51
Figura 2.13: Captação de água projetada para o abastecimento industrial	53
Figura 2.14: Evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6.....	54
Figura 2.15: Evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6 por classe de uso ...	54
Figura 2.16: Sub-bacias da Unidade de Gestão Gd6	57
Figura 2.17: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Córrego das Areias	58
Figura 2.18: Captação de água projetada para a sub-bacia do Córrego das Areias.....	59
Figura 2.19: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão da Onça	61
Figura 2.20: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão das Onças	61
Figura 2.21: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Lambari	63
Figura 2.22: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Lambari.....	63
Figura 2.23: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão Parapatinga....	65
Figura 2.24: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão Parapatinga	65
Figura 2.25: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Canoas.....	67
Figura 2.26: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Canoas	67
Figura 2.27: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Capivari	69
Figura 2.28: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Capivari.....	69

Figura 2.29: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio das Antas.....	71
Figura 2.30: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio das Antas	71
Figura 2.31: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio do Peixe.....	73
Figura 2.32: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio do Peixe	73
Figura 2.33: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Eleutéria	75
Figura 2.34: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Eleutéria	75
Figura 2.35: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Jaguari-Mirim	77
Figura 2.36: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Jaguari-Mirim	78
Figura 2.37: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Mogi-Guaçu.....	79
Figura 2.38: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu	80
Figura 2.39: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso	81
Figura 2.40: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Pardo	82
Figura 2.41: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Verde.....	83
Figura 2.42: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Verde	84
Figura 3.1: Estimativa carga potencial de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD6	86
Figura 3.2: Estimativa carga potencial de fósforo total dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD6.....	87
Figura 3.3: Estimativa carga potencial de sólidos totais dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD6.....	87
Figura 3.4: Estimativa carga potencial de coliformes termotolerantes dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD6	88
Figura 3.5: Estimativa da carga potencial de DBO nos esgotos sanitários por sub-bacia - Cenário de Alta Demanda	89
Figura 3.6: Estimativa da carga potencial de DBO nos esgotos sanitários por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda	89
Figura 3.7: Estimativa da carga potencial de DBO nos esgotos sanitários por sub-bacia - Cenário Tendencial.....	90
Figura 3.8: Estimativa da carga potencial de fósforo total por sub-bacia - Cenário de Alta Demanda	90
Figura 3.9: Estimativa da carga potencial de fósforo total por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda	91
Figura 3.10: Estimativa da carga potencial de fósforo total por sub-bacia - Cenário Tendencial.....	91
Figura 3.11: Estimativa da carga potencial de sólidos totais por sub-bacia - Cenário de Alta Demanda	92
Figura 3.12: Estimativa da carga potencial de sólidos totais por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda	92

Figura 3.13: Estimativa da carga potencial de sólidos totais por sub-bacia - Cenário Tendencial.....	93
Figura 3.14: Estimativa da carga potencial de coliformes termotolerantes por sub-bacia - Cenário de Alta Demanda	93
Figura 3.15: Estimativa da carga potencial de coliformes termotolerantes por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda	94
Figura 3.16: Estimativa da carga potencial de coliformes termotolerantes por sub-bacia - Cenário Tendencial.....	94
Figura 3.17: Estimativa carga potencial de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) proveniente da pecuária na bacia da Unidade de Gestão GD6	95
Figura 3.18: Estimativa da carga potencial de DBO proveniente da pecuária por sub-bacia	95
Figura 3.19: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD6.....	96
Figura 3.20: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário de Alta Demanda	97
Figura 3.21: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário de Baixa Demanda.....	97
Figura 3.22: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário Tendencial	98
Figura 4.1: Construção de bacia de contenção de enxurrada em Sete Lagoas – MG. (EMBRAPA, 1997)	102
Figura 4.2: Arranjo de bacias de contenção de enxurradas ao longo de toda a encosta (em cascata) na Fazenda Paiol, em Sete Lagoas – MG. (EMBRAPA,1997)	103
Figura 4.3: Bacia de contenção recebendo as águas de enxurrada em Sete Lagoas – MG. (EMBRAPA,1997).....	104
Figura 4.4: Aspecto de pastagem degradada, com focos erosivos visíveis. (Boi a pasto, 2010)	105
Figura 4.5: Identificação das partes de um terraço: canal (corte) e camalhão (aterro). (Web artigos, 2010)	106
Figura 4.6: Terraço em pastagem no Pesqueiro Galpão Mineiro, Itajubá-MG	107
Figura 4.7: Croqui do Parque da Cidade (setor Córrego das Lages), no município de Uberaba, com destaque para a forma como deverá ficar a vegetação ciliar após o Programa de Recomposição Florestal da APP. (SEMAM, 2008)	111
Figura 4.8: Aspecto das margens do Córrego das Lages no Parque da Cidade de Uberaba, com pouca cobertura vegetal, focos erosivos e instabilidade em taludes. Solo cascalhento em (a) e barrento em (b). (SEMAM, 2008).....	112
Figura 4.9: Recomposição florestal da APP do Parque da Cidade (setor Córrego das Lages), com adubação (a), coveamento (b), preparo de muda (c) e plantio (d). (SEMAM, 2008)...	113
Figura 4.10: Plantio de mudas em nascente do Bairro Bela Vista, Passos. (SEMAM, 2008)	115

Figura 4.11: Revitalização de nascentes, com participação da Polícia Ambiental. (SEMAM, 2008)	116
Figura 4.12: Exemplo de Reserva Legal entre áreas de pastagem. (Câmara dos Deputados, 2010)	117
Figura 4.13: Perdas físicas no sistema de abastecimento de água	121
Figura 4.14: Redução das perdas em função da redução de pressão na rede de distribuição de água	123
Figura 4.15: Medidores de vazão (ultrassônico e medidor diferencial/Pitot)	126
Figura 4.16: Irrigação por gotejamento – exemplo de aplicação racional de água, evitando o escoamento superficial	134
Figura 4.17: Sistema de Microaspersão	135
Figura 4.18: Sistema de Aspersão	136
Figura 4.19: Irrigação por Sulcos	137
Figura 4.20: Figura esquemática de um aterro sanitário.	141
Figura 4.21: Aterro em estágio quase final de conclusão das atividades	142
Figura 4.22: Aterro totalmente concluído.....	142
Figura 4.23: Fossa Séptica	144
Figura 4.24: Disposição inadequada de embalagens de agrotóxico vazias junto a uma nascente	145
Figura 5.1: Distribuição do potencial de arrecadação, segundo os tipos de uso.....	156
Figura 5.2: Estimativa do potencial arrecadação para diferentes relações Q_{med}/Q_{out}	157
Figura 6.1: Unidades de Gestão limítrofes a Unidade GD6.....	159

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Consumo per capita em função da faixa populacional do município	18
Tabela 2.2: Coeficientes de retirada per capita por espécie.....	22
Tabela 2.3: Equações na determinação da Et0 municipal na Unidade de Gestão GD6.....	26
Tabela 2.4: Parâmetros utilizados na estimativa das vazões de captação e retorno para o abastecimento industrial	31
Tabela 2.5: Taxa de crescimento do PIB no Brasil – “Salto para o Futuro”.....	36
Tabela 2.6: Projeção e média do crescimento da taxa do PIB no Brasil	36
Tabela 2.7: Demanda de água em função do PIB per capita do município de Poços de Caldas	37
Tabela 2.8: Taxa de crescimento da demanda de água nos municípios da Unidade de Gestão GD6 - Cenário de Alta demanda.....	37
Tabela 2.9: Taxa de crescimento do PIB no Brasil – “Baleia encalhada”	37
Tabela 2.10: Vazões de captação para irrigação no município de Albertina e na Unidade de Gestão GD6	39
Tabela 2.11: Contribuição do município de Albertina	40
Tabela 2.12: Resumo das metodologias de cenarização	42
Tabela 2.13: Resumo das metodologias de cenarização	49
Tabela 2.14: Demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6.....	55
Tabela 2.15: Resumo das metodologias de cenarização	56
Tabela 2.16: Vazão de demanda para a sub-bacia do Córrego das Areias	59
Tabela 2.17: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão das Onças.....	62
Tabela 2.18: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Lambari.....	64
Tabela 2.19: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão Parapatinga	66
Tabela 2.20: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Canoas.....	68
Tabela 2.21: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Capivari.....	70
Tabela 2.22: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio das Antas.....	72
Tabela 2.23: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio do Peixe.....	74
Tabela 2.24: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Eleutéria	76
Tabela 2.25: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Jaguari-Mirim	78
Tabela 2.26: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu.....	80
Tabela 2.27: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Pardo	82

Tabela 2.28: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Verde	84
Tabela 4.1: Comparação dos índices de perdas	122
Tabela 5.1: K_{cap} por classe do corpo d'água	150
Tabela 5.2: Estimativa dos coeficientes da Eq. 4.2	151
Tabela 5.3: Valores adotados para K_{cons}	152
Tabela 5.4: Vazões de captação outorgadas na Unidade de Gestão GD6	154
Tabela 5.5: Vazões de captação outorgadas nos 3 setores considerados	155
Tabela 5.6: Estimativa do potencial de arrecadação nos diferentes setores	155
Tabela 6.1: Informações das regiões hidrográficas.....	160
Tabela 6.2: Possíveis pontos de parceria e/ou conflito entre das regiões hidrográficas vizinhas a GD6	161

1. INTRODUÇÃO

A partir da Lei Federal 9.433/97, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, o Plano Diretor de Bacias consiste num importante instrumento de gestão que tem como objetivo definir a agenda dos recursos hídricos constituintes de uma bacia hidrográfica, identificando ações, programas, projetos, obras e investimentos prioritários, com a participação do poder público, da sociedade civil e dos usuários. Neste sentido, a Lei Estadual 13.199/99 criou a Política Estadual de Gestão de Recursos Hídricos, aplicável às 36 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) do estado de Minas Gerais, distribuídas nas 10 grandes bacias presentes na região. Estas unidades foram identificadas a partir de semelhanças físicas, sócio-culturais, econômicas e políticas, cuja delimitação pretende orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos de maneira descentralizada, contando com a atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs).

Consonante ao convênio firmado entre a Fundação Educacional de Ensino de Técnicas Agrícolas, Veterinárias e de Turismo Rural (FUNDAÇÃO ROGE) e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), o presente trabalho consiste no relatório preliminar da Fase II do PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS AFLUENTES MINEIROS DOS RIOS MOGI-GUAÇU/PARDO (GD6). Esta fase, de acordo com o termo de referência assinado entre as respectivas instituições, contempla o prognóstico do uso dos recursos hídricos na região para os próximos 20 anos.

O prognóstico não é um instrumento de previsão, mas uma ferramenta de planejamento que oferece condições de avaliar, no presente, situações hipotéticas futuras. Esta fase, que sucede o diagnóstico, se baseia no mesmo para entender a complexidade da bacia e desenhar a tendência de seus aspectos. Com a elaboração de cenários pretende-se determinar a relação do presente com futuro, o que não consiste em simples extrapolações

futurísticas, mas resulta de estudos complexos, que identificam sinais relevantes de potencial influência na demanda do recurso, e na alteração de sua qualidade. A partir destas projeções, pode-se definir diretrizes que garantam a maior eficiência no uso dos recursos hídricos, garantindo quantidade e qualidade para seus usuários, além de minimizar os riscos e facilitar a tomada de decisão.

Este trabalho foi dividido em 8 capítulos que abrangem os aspectos de demanda hídrica, qualidade da água e cobrança pelo seu uso. Além destas notas introdutórias (capítulo 1), os capítulos 2, 3 e 4 descrevem, respectivamente, o prognóstico da demanda dos recursos hídricos, estimativas de cargas poluidoras por cenários e compatibilização das disponibilidades com as demandas hídricas. Já os capítulos 5, 6, 7 abordam, respectivamente, os temas: estimativa da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, articulação e compatibilização dos interesses internos e externos à bacia e síntese e seleção de alternativas de intervenção. E, por fim, o capítulo 8 mostra as referências bibliográficas utilizadas neste trabalho.

2. PROGNÓSTICO DA DEMANDA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Entende-se por demanda hídrica o volume de água solicitada na execução de uma determinada atividade; representando, assim, a vazão de água retirada do manancial. Por sua vez, o consumo hídrico refere-se à parcela da demanda que é efetivamente utilizada, isto é, descontando as perdas na captação e distribuição. A diferença quantitativa entre a demanda e o consumo é denominada de retorno, e corresponde à parcela do volume captado que volta ao manancial, através do sistema de drenagem e/ou sistemas de esgotamento sanitários.

Sabe-se, por sua vez, que os usos dos recursos hídricos são classificados em usos consuntivos e não-consuntivos. Porém, neste trabalho, atentou-se apenas para a quantificação e projeção dos usos consuntivos. Tais usos foram identificados em cada município que compõe a bacia estudada, e divididos entre abastecimento urbano e rural, criação de animais, industrial e irrigação. Para tal, o estudo deu-se em duas fases: primeiramente calculou-se a vazão captada nos últimos 15 anos (1995-2009) destinada a cada classe de uso, e posteriormente estimou-se a demanda nos próximos 20 anos (2010-2030) em três cenários, sendo um tendencial, e dois alternativos, em função dos quais será traçado o plano diretor. A seguir são apresentados os aspectos metodológicos adotados e os resultados encontrados.

2.1. Metodologia para Estimativa da Demanda Hídrica

2.1.1. Demanda Hídrica nos Últimos 15 Anos na Unidade de Gestão GD6

Pela carência de metodologias consolidadas, o presente trabalho baseou-se em alguns planos diretores já finalizados, como o Plano na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (2004), Plano na Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu (2006) e o Plano na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (2007). No entanto, de maneira geral, a metodologia usada consiste na adequação do estudo realizado pela ONS (2003) nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional (SIN). Neste último, foram estimadas as vazões de captação e retorno entre 1931 a 2001, sendo projetadas até 2010 a partir da elaboração de cenários alternativos. As estimativas contemplaram cinco classes de usos consuntivos, as quais também foram usadas neste trabalho: Abastecimento Urbano, Abastecimento Rural, Criação animal, Irrigação e Abastecimento Industrial.

A adequação da metodologia apresentada pela ONS (2003) à realidade da unidade de gestão se deve à ausência de dados a nível municipal que abrangessem um período de tempo maior. Entre as adequações adotadas listam-se a seguir as premissas, a partir das quais foi desenvolvida toda a análise.

- Para os municípios, cujas áreas estão integralmente dentro dos limites da Unidade de Gestão GD6, foi estimado o consumo referente às cinco categorias de usuários listadas acima;
- Para os municípios, cujas áreas estão parcialmente nos limites da unidade de gestão, porém com sede municipal dentro dos limites, foi contabilizado o consumo associado ao abastecimento urbano e industrial. As vazões destinadas ao abastecimento rural, à criação animal e à irrigação foram contabilizadas em função da proporção da área inserida;
- Para os municípios inseridos parcialmente nos limites da unidade de gestão, porém com sede municipal fora dos limites, foi contabilizada apenas a parcela das vazões destinadas ao abastecimento rural, criação animal e irrigação, correspondente à proporção da área inserida.

Sabe-se das variações que a adoção destas premissas pode conferir aos resultados finais, no entanto, todas estas considerações foram julgadas razoáveis e garantem à análise

condições conservadoras. A seguir são detalhados os pressupostos metodológicos usados na estimativa da demanda por cada categoria de consumo.

- **Abastecimento Urbano**

O abastecimento urbano refere-se ao atendimento da população urbana municipal pela rede geral. Adotou-se que toda a população urbana é atendida integralmente pela rede, a fim de simplificar os cálculos, uma vez que foram verificados índices de atendimento superiores a 95% em todos os municípios nos últimos anos. Os dados básicos para a estimativa da vazão captada e destinada para o abastecimento urbana foram:

- População urbana municipal, obtida por meio dos Censos Demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e da Contagem da População de 2007;
- Faixas de consumo *per capita* apresentadas no estudo da ONS (2003).

Inicialmente, foi determinada a captação *per capita* média da Unidade de Gestão GD6, tomando como base o volume distribuído para a população urbana segundo os dados fornecidos pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2000, disponível no banco de dados do SIDRA (IBGE, 2010) (Eq. 2.1). Por carência de dados, os valores do município de Ibitiúra de Minas foram considerados equivalentes aos valores observados no município de Albertina; já os valores referentes aos municípios de Senador Amaral e Tocos do Moji foram obtidos do ano de 2006.

$$CP_{GD6} = \frac{VD_{GD6}}{Pop_{GD6}} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

Onde: CP_{GD6} = Captação *per capita* médio da Unidade de Gestão GD6 [L.hab⁻¹.d⁻¹];

VD_{GD6} = Volume distribuído na Unidade de Gestão GD6 no ano 2000 [L.d⁻¹];

Pop_{GD6} = População urbana da Unidade de Gestão GD6 atendida pelo sistema público de abastecimento de água [habitantes].

Partindo da população urbana municipal contabilizada nos anos censitários, os municípios foram enquadrados em uma das quatro faixas de consumo apresentadas no estudo

da ANA (2003) (Tabela 2.1). Estas faixas foram ajustadas para cada ano censitário de acordo com os dados apresentados na pesquisa de saneamento supracitada, a partir dos quais foi calculado um coeficiente de proporcionalidade X, usado em tal ajuste, conforme a Eq. 2.2.

Tabela 2.1: Consumo per capita em função da faixa populacional do município

FAIXA POPULACIONAL	CONSUMO PER CAPITA
	[L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹]
< 10.000	300
10.000 a 100.000	350
100.000 a 500.000	400

Fonte: ANA (2002) apud ONS (2003). Base de referência no Plano Nacional de Recursos Hídricos

$$X = \left[\frac{VD_{GD6}}{Pop_{Fx1} + \left(\frac{CP_{Fx2}}{CP_{Fx1}}\right) \cdot (Pop_{Fx2}) + \left(\frac{CP_{Fx3}}{CP_{Fx1}}\right) \cdot (Pop_{Fx3})} \right]^2 \quad (\text{Eq. 2.2})$$

Onde: X = Coeficiente de proporcionalidade [L².hab⁻².d⁻²];

Pop_{Fx1} = População da Unidade de Gestão GD6 pertencente à faixa 1 [habitantes];

Pop_{Fx2} = População da Unidade de Gestão GD6 pertencente à faixa 2 [habitantes];

Pop_{Fx3} = População da Unidade de Gestão GD6 pertencente à faixa 3 [habitantes];

CP_{Fx1} = Consumo *per capita* da faixa 1 [L.hab⁻¹.d⁻¹] (Tabela 2.1);

CP_{Fx2} = Consumo *per capita* da faixa 2 [L.hab⁻¹.d⁻¹] (Tabela 2.1);

CP_{Fx3} = Consumo *per capita* da faixa 1 [L.hab⁻¹.d⁻¹] (Tabela 2.1).

De posse do coeficiente de proporcionalidade, obteve-se o consumo *per capita* municipal para cada faixa populacional em cada ano censitário, dado pela Eq. 2.3.

$$CP_{(Fxn)GD6} = \frac{X \left(\frac{CP_{Fxn}}{CP_{Fxl}} \right)}{CP_{GD6}} \quad (\text{Eq. 2.3})$$

Onde: $CP_{(Fxn)(GD6)}$ = Consumo *per capita* na Unidade de Gestão GD6, na faixa n [$L.hab^{-1}.d^{-1}$].

Por fim, a estimativa da vazão captada e destinada ao abastecimento urbano municipal, nos últimos anos, se deu a partir da Eq. 2. 4 e Eq. 2.5.

$$Q_{urb,M} = Pop_{urb} \cdot CP_{(Fxn)GD6} \cdot 10^{-6} \quad (\text{Eq. 2.4})$$

Onde: Q_{urb} = Vazão de captação para abastecimento urbano no município M [$1000 m^3.d^{-1}$];

Pop_{urb} = População urbana municipal [habitantes];

$CP_{(Fxn)GD6}$ = Consumo per capita da faixa na qual se enquadra o município [$L.hab^{-1}.d^{-1}$].

$$Q_{urb} = \sum_{M=1}^{24} Q_{urb,M} \quad (\text{Eq. 2.5})$$

Onde: Q_{urb} = Vazão captada para o abastecimento urbano na Unidade de Gestão GD6 [$1000m^3.d^{-1}$];

As vazões efetivamente consumidas no abastecimento urbano foram estimadas considerando um retorno de 85%, de acordo com a recomendação da NBR 9649 da ABNT, na falta de valores obtidos em campo. As vazões de retorno e consumo foram então obtidas, por meio das Eq. 2.6 e Eq. 2.7, respectivamente.

$$Q_{urb,r} = Q_{urb} \cdot kr_{urb} \quad (\text{Eq. 2.6})$$

$$Q_{urb,c} = Q_{urb} - Q_{urb,r} \quad (\text{Eq. 2.7})$$

Onde: $Q_{urb,r}$ = Vazão de retorno do abastecimento urbano [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$];

kr_{urb} = Coeficiente de retorno do abastecimento urbano [adimensional];

$Q_{urb,c}$ = Vazão de consumo do abastecimento urbano [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$].

- **Abastecimento Rural**

Para o cálculo das vazões retiradas para abastecimento rural foi utilizada a metodologia proposta no estudo da ONS (2003), cotando com algumas adequações. De acordo com Foi considerado que a população rural não recebe atendimento da rede pública de abastecimento. Os dados utilizados para estimar a vazão de abastecimento rural foram as populações total e rural, obtidas por meio dos censos demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e da contagem da população de 2007. Utilizaram-se também dados de volume de água distribuído em cada município, obtidos por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2000. Todas as consultas foram realizadas no banco de dados SIDRA (IBGE, 2010). Os coeficientes de retirada rural *per capita* utilizados foram propostos pela ANA (2003) apud ONS (2003), sendo que para o estado de Minas Gerais, o valor adotado é de $125 \text{ L} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. Assim, a estimativa da vazão de retirada para abastecimento rural foi feita por meio da Eq. 2.8 e Eq. 2.9.

$$Q_{rur,M} = Pop_{rur} \cdot CP_{rur} \cdot 10^{-6} \quad (\text{Eq. 2.8})$$

Onde: $Q_{rur,M}$ = Vazão de captação para abastecimento rural no município M [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$];

Pop_{rur} = População rural do município, não atendida pela rede geral [habitantes];

CP_{rur} = Vazão rural per capita para o Estado de Minas Gerais [$\text{L} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$].

$$Q_{rur} = \sum_{M=1}^{24} Q_{rur,M} \cdot P_{municipal} \quad (\text{Eq. 2.9})$$

Onde: Q_{rur} = Vazão captada para o abastecimento rural na Unidade de Gestão GD6 [1000 $m^3.d^{-1}$];

$P_{municipal}$ = Proporção espacial do município dentro dos limites da unidade de gestão;

Considerando-se a inexistência de rede coletora de esgoto doméstico na zona rural, as vazões de retorno passam a ocorrer por meio do reabastecimento do lençol freático e, conseqüentemente, escoamento subterrâneo. Assim, foi adotado um valor para o coeficiente de retorno de 0,5, que foi o mesmo utilizado na metodologia proposta pela ONS (2003). Deste modo, as vazões de retorno e de consumo foram obtidas por meio da Eq. 2.10 e Eq. 2.11.

$$Q_{rur,r} = Q_{rur} \cdot kr_{rur} \quad (\text{Eq. 2.10})$$

$$Q_{rur,c} = Q_{rur} - Q_{rur,r} \quad (\text{Eq. 2.11})$$

Onde: $Q_{rur,r}$ = Vazão de retorno do abastecimento rural [1000 $m^3.d^{-1}$];

kr_{rur} = Coeficiente de retorno do abastecimento rural [adimensional];

$Q_{rur,c}$ = Vazão de consumo do abastecimento rural [1000 $m^3.d^{-1}$].

- **Criação Animal**

A estimativa das vazões captadas para a criação animal baseou-se em duas fontes de dados: o efetivo de rebanhos em cada município, obtido da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) disponível em IBGE (2010), e o consumo per capita por espécie animal, proposta na Tabela 2.2 seguinte e obtida dos estudos da ONS (2003).

Tabela 2.2: Coeficientes de retirada per capita por espécie

ESPÉCIE	VAZÃO RETIRADA [L.animal ⁻¹ .d ⁻¹]
Bovino	50
Suíno	12,5
Bubalino	50
Eqüino	50
Asinino	50
Muar	50
Ovino	10
Caprino	10
Aves*	0,36

A estimativa da vazão retirada municipal destinada para criação animal, por município, foi feita pela Eq. 2.12 e Eq. 2.13. Considerando-se a inexistência de informações que permitam embasar uma metodologia consistente para estimar o coeficiente de retorno para o abastecimento animal, foi adotado um valor de 0,2, que foi o mesmo utilizado na metodologia proposta pela ONS (2003). Assim, as vazões de retorno e consumo foram obtidas pelas Eq. 2.14 e Eq. 2.15. Considerando que os rebanhos encontram-se homogeneamente espalhados na área dos municípios, com a proporção da área municipal dentro dos limites da unidade de gestão, pode-se calcular as respectivas vazões de captação, retorno e consumo para a Unidade de Gestão GD6.

$$Q_{a,M} = \sum [Rb_{(esp.anim)} \cdot q_{(esp.anim)}] 10^{-6} \quad (\text{Eq. 2.12})$$

Onde: $Q_{a,M}$ = Vazão de captação para criação de animais no município M [1000 m³.d⁻¹];

$Rb_{(esp.anim)}$ = Rebanho do município para cada espécie animal [animal];

$q_{(esp.anim)}$ = Vazão per capita por espécie animal [L.animal⁻¹.d⁻¹].

$$Q_a = \sum_{M=1}^{24} Q_{a,M} \cdot P_{municipal} \quad (\text{Eq. 2.13})$$

Onde: Q_{rur} = Vazão captada para a criação de animais na unidade de gestão GD6 [1000 m³.d⁻¹];

$P_{municipal}$ = Proporção espacial do município dentro dos limites da unidade de gestão;

$$Q_{a,r} = Q_a \cdot kr_{animal} \quad (\text{Eq. 2.14})$$

$$Q_{a,c} = Q_a - Q_{a,r} \quad (\text{Eq. 2.15})$$

Onde: $Q_{a,r}$ = Vazão de retorno da criação animal [1000 m³.d⁻¹];

kr_a = Coeficiente de retorno da criação animal [adimensional];

$Q_{a,c}$ = Vazão de consumo da criação animal [1000 m³.d⁻¹].

- **Irrigação**

De maneira geral, a demanda hídrica da irrigação foi obtida do balanço hídrico simplificado, em função da área plantada anual de cada cultura em cada município (Eq. 2.16). Assim, considerando que as culturas se distribuem homogeneamente na área municipal, pode-se estimar a demanda na unidade de gestão, a partir da proporção do município que se encontra dentro dos limites da unidade (Eq. 2.17).

Esta estimativa resultou na vazão que deveria ser captada para atender aquela determinada situação, o que leva a crer que os valores calculados sejam subestimados. Tal fato justifica-se pelos relatos das unidades de apoio agrícola existentes na região, como a EMATER, referentes ao desperdício característico observado nesta classe de consumo por conta do desconhecimento dos agricultores ou desinteresse em aplicar técnicas mais eficientes. A seguir são detalhadas as etapas constituintes deste cálculo.

$$Q_{irrig,M} = \sum_{c=1}^{10} Ap_c \cdot \left(\sum_{m=1}^{12} (Pef_m - ETrc_m) \cdot \frac{\alpha}{\varepsilon} \cdot \frac{0,01}{d} \right) \quad (\text{Eq. 2.16})$$

Onde: $Q_{irrig,M}$ = Vazão de captação para irrigação no município M [1000 m³.d⁻¹];

Ap_c = Área plantada da cultura c [hectares];

Pef_m = Precipitação efetiva no mês m [mm/mês];

$ETrc_m$ = Evapotranspiração real da cultura no mês m [mm/mês];

α = Fator de práticas agrícolas [adimensional];

ϵ = Eficiência no método de irrigação utilizado [adimensional];

d = número de dias no mês m [dias];

O fator α busca incorporar o fato de existirem variações anuais das práticas agrícolas decorrentes da alternância entre épocas de plantio e colheita e da quantidade de safras, o que reduziria a quantidade real de água em decorrência de paralisações na irrigação. Geralmente utiliza-se um fator equivalente a 0,75. Por sua vez, o fator ϵ representa o quanto realmente foi irrigado o sistema, uma vez que a distribuição desuniforme da água normalmente produz perdas por drenagem num ponto, e armazenamento insuficiente em outros. Na literatura encontram-se tabelas com recomendações que podem ser consideradas satisfatórias para bons projetos de irrigação. De acordo com o Censo Agropecuário de 2006, disponibilizado pelo IBGE, a irrigação por aspersão convencional é típica na região, o que justificou a utilização de um fator de eficiência de 0,75.

$$Q_{irrig} = \sum_{M=1}^{24} Q_{irrig,M} \cdot P_{municipal} \quad (\text{Eq. 2.17})$$

Onde: Q_{irrig} = Vazão captada para a irrigação na Unidade de Gestão GD6 [1000 m³.d⁻¹];

$P_{municipal}$ = Proporção espacial do município dentro dos limites da unidade de gestão;

- *Determinação da área plantada (Ap) na região:*

A área plantada municipal foi obtida através da Produção Agrícola Municipal (PAM), disponibilizado pelo IBGE (2010). A partir da qual levantou-se as 10 culturas, entre

permanentes e temporárias, responsáveis por mais de 95% da área plantada na unidade de gestão nos últimos 15 anos.

- Determinação da Evapotranspiração Real da cultura (ETrc):

A evapotranspiração pode ser definida como a quantidade de água evaporada e transpirada em uma superfície coberta por vegetal, durante um determinado período. A quantidade de água evapotranspirada depende do tipo de cultura, das características do solo e do clima, sendo este último fator predominante sobre os demais. Para a sua quantificação é necessária a determinação de alguns parâmetros como a evapotranspiração potencial (ETo), o coeficiente da cultura (Kc) e o coeficiente de molhamento (Ks).

A evapotranspiração potencial (ETo) corresponde a um valor referência de evapotranspiração, obtido em condições padronizadas de cultivo. Diversos métodos são disponíveis para a determinação da evapotranspiração de referência, no entanto, neste trabalho foram consultadas as estações climatológicas localizadas dentro ou próximo aos limites da unidade de gestão, segundo os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), apresentado na Figura 2.1. A partir dos dados médios mensais de evapotranspiração potencial, obtidos de todas as estações contabilizadas, pode-se ajustar uma curva que associasse o respectivo parâmetro com a Latitude e a Longitude da sede municipal (Tabela 2.3). Por conta da pequena variação anual dos valores, optou-se por utilizar os mesmos valores mensais para todos os anos.

Assim, a *Evapotranspiração Real da cultura (ETrc)* refere-se a condições ótimas de umidade e nutrientes no solo, de modo a permitir a produção potencial desta cultura nas condições de campo, e pode ser estimada pela Eq. 2.18.

$$ETrc = ETo \cdot Kc \cdot Ks \quad (\text{Eq. 2.18})$$

Onde: *ETrc* = Evapotranspiração real da cultura [mm/mês];

ETo = Evapotranspiração potencial [mm/mês];

Kc = Coeficiente da cultura;

K_s = Coeficiente de molhamento;

Tabela 2.3: Equações na determinação da E_t0 municipal na Unidade de Gestão GD6

MÊS	EQUAÇÃO
Janeiro	$EVP = 3,9906042238683$, Lat + 14,9904499612569 , Long - 673,489532157671
Fevereiro	$EVP = 3,89269180324624$, Lat + 12,9964486171045 , Long - 586,944884443057
Março	$EVP = 2,78373475514952$, Lat + 13,6965521486432 , Long - 594,003070778676
Abril	$EVP = -2,60356565588$, Lat + 9,82147570905498 , Long - 321,503110361859
Maiο	$EVP = -2,0410033535867$, Lat + 9,42843694480634 , Long - 335,645319678285
Junho	$EVP = -2,16960567230341$, Lat + 7,1785233739252 , Long - 240,094248483707
Julho	$EVP = -2,73975303860959$, Lat + 9,79127684571598 , Long - 349,722905889115
Agosto	$EVP = -5,5460808133256$, Lat + 13,0631489352368 , Long - 426,702035588419
Setembro	$EVP = -7,18900902134747$, Lat + 13,585141015447 , Long - 401,201140678706
Outubro	$EVP = -5,51539091523094$, Lat + 13,3190611619656 , Long - 408,708459068384
Novembro	$EVP = -2,04713744829406$, Lat + 17,2565297334261 , Long - 662,045033764151
Dezembro	$EVP = 1,32385138444175$, Lat + 14,4186813219626 , Long - 591,631408790143

Os valores de K_c variam de 0,2 a 1,25 de acordo com o tipo de cultura, estágio de desenvolvimento, comprimento do ciclo vegetativo e condições climáticas. Estes coeficientes foram disponibilizados no estudo do ONS (2003). A fim de simplificar os cálculos e optou-se por usar um coeficiente médio, obtido pelos coeficientes típicos em cada fase do ciclo da respectiva cultura. O coeficiente de molhamento (K_s) expressa a relação entre a área molhada pela irrigação e a área do solo ocupada pela cultura. Embora não se tenha uma regra fixa para os valores de K_s , que dependerão de características da irrigação, são considerados igual a 1 para os sistemas que apresentarem 100 % de área molhada (aspersão convencional, pivot-central, etc) e menor que 1 para os sistemas de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão), desta forma, adotou-se um fator de 0,90.

- *Determinação da Precipitação efetiva mensal (P_{ef}) para cada município:*

A parcela do volume de água precipitado que é utilizado pelas culturas no atendimento à sua demanda evapotranspirométrica, ou seja, a parcela da precipitação total que não esco superficialmente e nem percola abaixo da zona radicular da cultura, denomina-se *Precipitação Efetiva (P_{ef})*. Neste trabalho, tal parâmetro foi estimado pelo método desenvolvido pelo United States Department of Agriculture (USDA), descrito pelas Eq. 2.19 e Eq. 2.20 seguintes, e apresentado os estudo de FAO (1998).

$$P_{ef} = \frac{P_t \cdot (125 - 0,2 \cdot P_t)}{125} \quad P_t < 250 \text{ mm} \quad (\text{Eq. 2.19})$$

$$P_{ef} = 125 + 0,1 \cdot P_t \quad P_t > 250 \text{ mm} \quad (\text{Eq. 2.20})$$

Onde: P_{ef} = Precepitação efetiva [mm/mês];

P_t = Precipitação total [mm/mês];

A precipitação total mensal para cada município foi estimada baseando-se nos dados fornecidos pelos postos pluviométricos localizados mais próximos das respectivas sedes municipais (Figura 2.1). No caso das sedes municipais se localizarem entre dois ou mais postos pluviométricos, o valor aferido ao município consistiu na média dos valores mensais registrados pelos postos.

A vazão de retorno associada a esta classe de uso foi calculada a partir da Eq. 2.21.

$$Q_{irrig,r} = Q_{irrig} \cdot (P_p + P_{esc}) \quad (\text{Eq. 2.21})$$

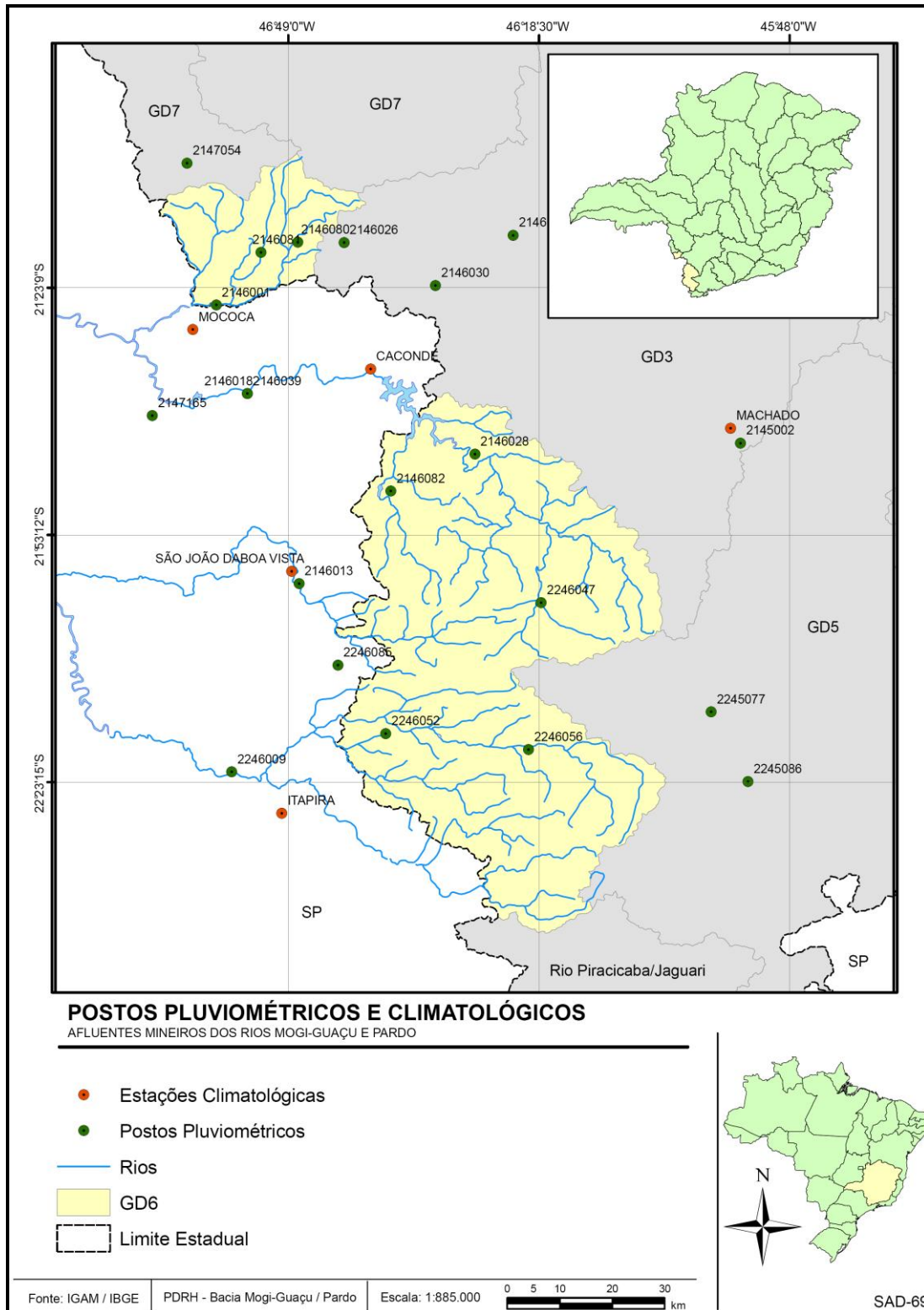


Figura 2.1: Estações climatológicas e Postos pluviométricos localizados próximos a Unidade de Gestão GD6

Onde: $Q_{irrig,r}$ = Vazão de retorno da irrigação [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$];

P_p = Perdas de água por percolação [adimensional];

P_{esc} = Perdas por escoamento [adimensional].

Sabe-se que:

$$(P_p + P_{esc}) = 1 + P_{ev} - \varepsilon \quad (\text{Eq. 2.22})$$

Onde: P_{ev} = Perdas por evaporação e arraste [adimensional];

ε = Eficiência no método de irrigação utilizado [adimensional].

A eficiência de aplicação adotada neste trabalho foi obtido dos resultados disponíveis em ONS (2003): Irrigação por aspersão: $E_a = 0,71$. Da mesma forma, utilizou-se para este sistema de irrigação uma perda por evaporação de 10,9%. A vazão consumida foi, então, obtida por:

$$Q_{irrig,c} = Q_{irrig} - Q_{irrig,r} \quad (\text{Eq. 2.23})$$

Onde: $Q_{irrig,c}$ = Vazão consumida pela irrigação [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$].

- **Abastecimento Industrial**

Os dados utilizados na estimativa das vazões destinadas ao abastecimento industrial foram obtidos da Fundação João Pinheiro (2009), e pela Pesquisa Industrial Anual (PIA) do IBGE (2009). A partir do *Valor de Produção Industrial* de Minas Gerais – isto é, o quanto cada classe de indústria produziu naquele respectivo ano – e o *Valor Adicionado pela Indústria de Minas Gerais* – isto é, o quanto o setor industrial contribuiu para o PIB estadual naquele respectivo ano – foi possível estabelecer a seguinte proporção (Eq. 2.24). Embora o período de análise

seja entre os anos de 1995 a 2009, encontram-se nestes bancos de dados apenas valores entre 1996 e 2007, sendo todos expressos no ano base de 2002. Os anos não contemplados, ou seja, 1995, 2008 e 2009, tiveram seus valores estimados a partir de tendências e taxas de crescimento estaduais obtidas da literatura.

$$VP_{(ind,munic)} = \frac{VP_{(ind,MG)}}{VA_{MG}} \cdot VA_{munic} \quad (\text{Eq. 2.24})$$

Onde: $VP_{(ind,munic)}$ = Valor da produção de cada classe de indústria, por município [R\$];

$VP_{(ind,MG)}$ = Valor da produção de cada classe de indústria, para Minas Gerais [R\$];

VA_{munic} = Valor Adicionado pela Indústria para cada município [R\$];

VA_{MG} = Valor Adicionado pela Indústria para o estado de Minas Gerais [R\$].

Uma vez calculados os valores de produção industrial para cada município da Unidade de Gestão GD6, foi possível utilizar a tabela de conversão (Tabela 2.4) apresentada pelo estudo da ONS (2003).

A estimativa da vazão de captação para o setor industrial em cada município é dada pelo somatório das vazões demandadas por cada classe de indústria (Eq. 2.25). Vale lembrar que a vazão de captação para o setor foi contabilizada apenas para os municípios cuja sede municipal está inserida na unidade de gestão. Ainda nesta formulação, efetuou-se a conversão dos valores expressos em Reais [R\$] para Dólares [US\$], a partir da média de todas as taxas cambiais verificadas no período analisado, isto é, de 1995 a 2009. Para cada ano, foi realizada a conversão com base na média anual do câmbio.

$$Q_{ind,M} = \sum \frac{(VP_{ind} \cdot F_C) \cdot V_{retirada}}{365000} \quad (\text{Eq. 2.25})$$

Onde: Q_{ind} = Vazão de captação para abastecimento industrial no município M [1000 m³.d⁻¹];

VP_{ind} = Valor da produção de cada tipo de indústria [R\$];

$V_{retirada}$ = Volume captado por unidade monetária produzida [$m^3 \cdot US\$^{-1}$];

FC = Fator de conversão monetária [$R\$.US\$^{-1}$].

Tabela 2.4: Parâmetros utilizados na estimativa das vazões de captação e retorno para o abastecimento industrial

CLASSES DAS INDÚSTRIAS	CAPTAÇÃO/PRODUÇÃO [$m^3 \cdot US\$^{-1}$]	RETORNO/PRODUÇÃO [$m^3 \cdot US\$^{-1}$]
Extrativa animal	0,13233	0,10586
Produtos alimentares	0,02708	0,02166
Bebidas	0,00998	0,0087
Fumo	0,00564	0,00451
Têxtil	0,03064	0,02451
Vestuários, Calçados e Artefatos de Tecidos	0,03052	0,02442
Couros e Peles, Artefatos para Viagens	0,01474	0,01179
Madeira	0,05039	0,04031
Papel e Papelão	0,08545	0,06836
Editorial e Gráfica	0,00001	0,00001
Química	0,02304	0,01843
Produtos Farmacêuticos e Veterinários	0,00560	0,00448
Perfumaria, Sabões e Velas	0,00753	0,00602
Borracha	0,00134	0,00107
Produtos de Matérias Plásticas	0,00023	0,00018
Transformação de não metálicos	0,00492	0,00394
Metalurgia	0,01013	0,00811
Mecânica	0,01132	0,00905
Material Elétrico de Comunicações	0,00001	0,00001
Material de Transporte	0,00551	0,0044
Mobiliário	0,12274	0,09838
Genérica	0,02713	0,02176

Devido à ausência de dados quando este trabalho estava sendo formulado, para a estimativa as vazões de demanda industrial para os anos de 2008 e 2009, foram utilizadas as taxas de crescimento do valor adicionado do setor industrial, encontradas no banco de dados da Fundação João Pinheiro (2009), e que se referem ao 4º trimestre dos respectivos anos. Tais taxas foram de (+3,4%) e (-10,7%), respectivamente. A vazão do ano de 1995 foi estimada através de uma taxa obtida pela relação entre a diferença das vazões de cada município no período de 1996 a 1999. Para a estimativa na unidade de gestão foi utilizada a Eq. 2.25.

$$Q_{ind} = \sum_{M=1}^{24} Q_{ind,M} \quad (\text{Eq. 2.26})$$

Onde: Q_{ind} = Vazão captada para o abastecimento industrial na Unidade de Gestão GD6 [1000 m³.d⁻¹];

A vazão de retorno do abastecimento industrial foi estimada através da Eq. 2.27 seguinte e a partir dos dados apresentados na Tabela 2.4 acima.

$$Q_{ind,r} = \sum \frac{(VP_{ind} \cdot F_c) \cdot V_r}{365000} \quad (\text{Eq. 2.27})$$

Onde: $Q_{ind,r}$ = Vazão de retorno do abastecimento industrial [1000 m³.d⁻¹];

VP_{ind} = Valor da produção do produto [R\$];

V_r = Volume de efluente por unidade monetária produzida [m³.US\$⁻¹] – Tabela 2.4;

FC = Fator de conversão monetária [R\$.US\$⁻¹].

Por fim, as vazões de consumo foram obtidas pela Eq. 2.28.

$$Q_{ind,c} = Q_{ind} - Q_{ind,r} \quad (\text{Eq. 2.28})$$

Onde: $Q_{irrig,c}$ = Vazão consumida no abastecimento industrial [1000 m³.d⁻¹].

2.1.2. Demanda Hídrica nos Próximos 20 Anos na Unidade de Gestão GD6

Esta seção dedica-se a apresentar a metodologia utilizada na construção dos cenários que ilustram a futura demanda de água na região. Não se pretendeu por meio desta cenarização fornecer probabilidades ou garantia da ocorrência de determinados eventos. Apenas buscou-se desenhar o possível comportamento da demanda hídrica superficial na bacia para próximos anos, tendo como base algumas variáveis, que interferem direta ou indiretamente no consumo de água nas cinco classes de uso analisadas até então, e os limites de outorga determinados pela vazão de referência $Q_{7,10}$. Para tal foram desenhados três cenários: *Tendencial*, *Alta Demanda* e *Baixa Demanda*. O ano de 2009 foi considerado como

base para todos os cálculos e a projeção foi feita até o ano de 2030, considerando os quinquênios, 2010, 2015, 2020, 2025 e 2030.

O cenário tendencial consiste num horizonte de demanda provável, isto é, considerando que a região não sofra grandes mudanças nos próximos anos. Este cenário foi elaborado a partir de variáveis demográficas, econômicas, ou simplesmente a partir do ajuste de linhas tendenciais sobre a vazão captada nos últimos quinze anos para cada classe de uso. Para os valores de consumo e retorno, foram mantidas os percentuais usados até aqui.

Por sua vez, a construção de cenários alternativos para a bacia deu-se através da determinação de hipóteses sobre as variáveis que influenciam a futura demanda hídrica. Como exemplo de variáveis, tem-se o crescimento demográfico, as características econômicas e o comportamento geral da economia, o investimento em tecnologias gerando a melhoria da gestão dos recursos hídricos, o aumento na eficiência dos processos produtivos, as mudanças nos hábitos de consumo da população, entre outros.

O cenário de alta demanda é caracterizado pelo aumento na demanda de água para os anos de 2010 a 2030, com relação ao cenário tendencial. Considerou-se que o aumento da demanda de água relaciona-se ao maior desenvolvimento econômico da região em questão. Isso pode ser observado nos diferentes tipos de classes de uso, como por exemplo, no abastecimento urbano, que passa a consumir maiores quantidades de água, devido à melhoria nas condições econômicas da população ou no setor industrial, que necessita de uma demanda maior de água conforme aumenta sua produtividade. Já o cenário de baixa demanda, foi definido como um cenário de menor demanda em relação ao cenário tendencial e, portanto, de menor desenvolvimento econômico. Abaixo estão descritas as características e os detalhes de elaboração de cada um dos cenários criados para a projeção da demanda hídrica na bacia por classe de uso.

- **Abastecimento Urbano**

Na projeção da demanda de água que será destinada ao abastecimento urbano, mantiveram-se as seguintes premissas: toda população urbana municipal é atendida pela rede geral (no seu uso domiciliar, comercial e público); e apenas os municípios com sede dentro dos limites da bacia foram considerados neste prognóstico.

O cálculo da vazão de captação seguiu a metodologia do ONS (2003), aplicada para os anos anteriores, sendo que o crescimento da população urbana e do PIB de cada município foram as variáveis usadas nas projeções.

As linhas de tendência do crescimento populacional foram obtidas a partir dos dados demográficos referentes aos anos de 1991, 2000 e 2007. Optou-se por excluir dados de décadas anteriores devido ao comportamento diferenciado em períodos distintos, isto é: em alguns municípios se também forem considerados os dados de 1970 e 1980, o ajuste de uma tendência ficava comprometido devido ao crescimento exponencial verificado nos primeiros anos e o crescimento logarítmico verificados nos últimos anos. Tal fato superestimaria a população futura contando com índices de aderência da curva tendencial (R^2) pequenos. Por outro lado, se forem considerados apenas a população dos últimos anos verifica-se uma aderência maior da curva de ajuste, expressando o que tem sido verificado de maneira geral em outros municípios.

Desta forma, para cada um dos municípios, cujas sedes encontram-se dentro dos limites da unidade de gestão, foi determinada a equação que rege a tendência de crescimento populacional, a partir da qual foi possível determinar a população para os anos de 2008, 2009 e para os quinquênios 2010, 2015, 2020, 2025 e 2030. A população urbana total na unidade de gestão foi obtida através da soma das tendências de cada município.

A partir da população obtida para os anos futuros, aplicou-se a metodologia utilizada no estudo do ONS (2003), já descrita anteriormente, e determinou-se a demanda de água futura para o cenário tendencial. Nesta classe de uso, considerou-se que o aumento ou a diminuição da demanda de água estão ligados direta e exclusivamente ao aumento populacional de cada município. Ressalta-se ainda que, neste cenário, não foi alterado os valores do retirada *per capita* de água por habitante, mantendo-se em 300L/hab.dia para cidades com menos de 10.000 habitantes, 350L/hab.dia para cidades entre 10.000 e 100.000 habitantes e 400L/hab.dia para cidades entre 100.000 e 500.000 habitantes.

Por sua vez, na construção dos cenários alternativos, a variável utilizada foi o PIB municipal. A escolha desta variável se deu pela seguinte observação:

Constatou-se que o município de Poços de Caldas foi o responsável por aproximadamente 50% da demanda referente ao abastecimento urbano na unidade de gestão GD6 nos últimos anos. Tal fato justifica sua razoável influência nas estimativas da demanda

referente a esta classe de uso. Consonante a isso, verificou-se uma íntima relação entre o que foi consumido no município de Poços de Caldas e seu PIB per capita (Figura 2.2), entre os anos de 1999 e 2006. Os valores de demanda foram fornecidos pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) do município e consistem no volume captado anual médio. A partir do gráfico, determinou-se uma linha de tendência de crescimento, que foi adotada para os outros municípios.

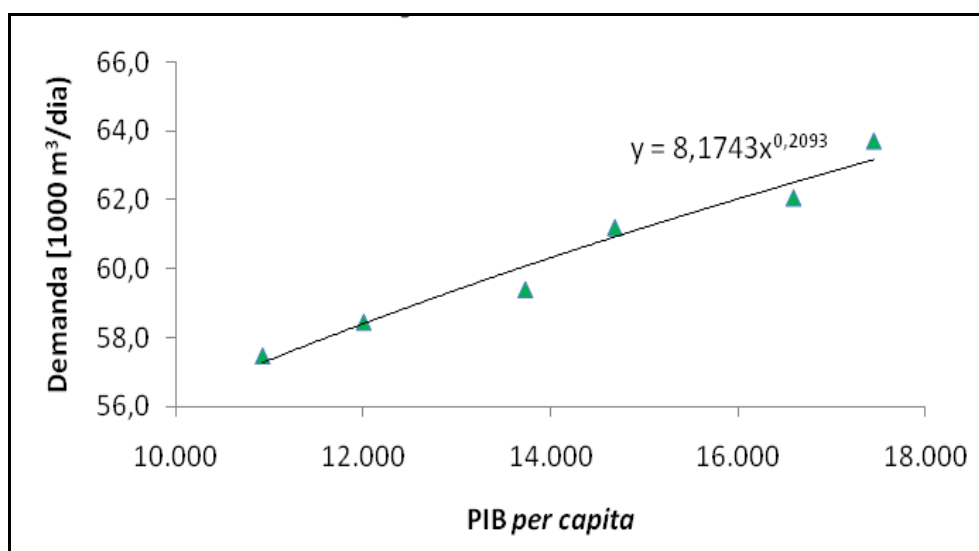


Figura 2.2: Relação entre o PIB per capita e a demanda hídrica do município de Poços de Caldas (MG)

Com estas considerações, as taxas de crescimento estimadas para o PIB nacional foram associadas ao PIB municipal. Estas taxas referem-se a determinados cenários de desenvolvimento, e que estão disponíveis no estudo do MACROPLAN (2008). Tal estudo consiste no prognóstico econômico do Brasil entre os anos de 2008 e 2014, no qual são projetados quatro cenários distintos, determinados por fatores que variam de acordo com algumas características econômicas, como taxa de crescimento do PIB no Brasil, taxa de câmbio, relação dívida/PIB, fator risco-Brasil, taxas de investimento, entre outros.

Como o cenário de alta demanda é caracterizado por um alto desenvolvimento, utilizaram-se as taxas de crescimento do PIB correspondentes ao cenário denominado no estudo como “Salto para o Futuro”. As taxas definidas pelo estudo da MACROPLAN estão apresentadas na Tabela 2.5.

Tabela 2.5: Taxa de crescimento do PIB no Brasil – “Salto para o Futuro”

ANO	2007	2008	2010	2012	2014
% a.a.	5,4	5,0	5,5	6,0	6,5

Fonte: MACROPLAN, 2008

Como a projeção de demanda estende-se, neste trabalho, até o ano de 2030, foram estimadas, através do ajuste de uma tendência, as taxas para os anos futuros obtendo-se valores para todos os anos da projeção até 2030. Considerando que no Plano Diretor são apresentados em períodos quinquenais, calculou-se uma média das taxas encontradas para um mesmo período, como apresenta a Tabela 2.6 seguinte.

Tabela 2.6: Projeção e média do crescimento da taxa do PIB no Brasil

ANO	TAXA (% a.a.)	MÉDIA
2008	5,0	-
2009	5,5	-
2010	5,5	-
2011	5,9	
2012	6,0	
2013	6,2	6,2
2014	6,5	
2015	6,6	
2016	6,8	
2017	7,0	
2018	7,2	7,2
2019	7,4	
2020	7,5	
2021	7,7	
2022	7,9	
2023	8,1	8,1
2024	8,3	
2025	8,5	
2026	8,7	
2027	8,8	
2028	9,0	9,0
2029	9,2	
2030	9,4	

A partir das respectivas médias apresentadas na tabela acima, determinou-se o valor do PIB *per capita* de Poços de Caldas para os demais anos, e a partir da equação apresentada

na Figura 2.2, calculou-se então a futura demanda de água do município, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.7 abaixo.

Tabela 2.7: Demanda de água em função do PIB per capita do município de Poços de Caldas

ANO	2009	2010	2015	2020	2025	2030
PIB per capita (R\$)	20379,0	21500,0	29045,0	41119,0	60697,0	93390,0
Demanda (1000 m³/dia)	65,22	65,95	70,24	75,54	81,95	89,69

A partir dos valores de demanda obtidos, calcularam-se as taxas de crescimento da demanda nos horizontes de projeção (2009-2030), conforme mostra a Tabela 2.8 abaixo. Estas taxas foram aplicadas aos municípios da unidade de gestão. A demanda hídrica total foi determinada pela soma da demanda de cada município.

Tabela 2.8: Taxa de crescimento da demanda de água nos municípios da Unidade de Gestão GD6 - Cenário de Alta demanda

ANO	2009 - 2010	2010 - 2015	2015 - 2020	2020 - 2025	2025 - 2030
Taxa	1,13%	6,50%	7,55%	8,49%	9,44%

Quanto ao cenário de baixa demanda procedeu-se da mesma forma, sendo as taxas de variação do PIB nacional, aquelas disponibilizadas no cenário “Baleia Encalhada”, segundo o estudo da MACROPLAN (2008), como apresenta a Tabela 2.9 abaixo.

Tabela 2.9: Taxa de crescimento do PIB no Brasil – “Baleia encalhada”

ANO	2007	2008	2010	2012	2014
% a.a.	5,4	4,0	4,0	2,5	2,5

Fonte: MACROPLAN, 2008

- **Abastecimento Rural**

A projeção da demanda hídrica para esta classe de uso utilizou para a elaboração do cenário tendencial, o mesmo raciocínio apresentado no item acima, mantendo-se a premissa

de que a população rural se distribui homogeneamente no território do município, e ainda que a taxa de retirada é de 125,0 L.d⁻¹.hab⁻¹. Em alguns casos não foi observado uma uniformidade na tendência populacional nos últimos anos, o que incentivou a escolha de apenas dois anos para traçar a tendência.

Para o abastecimento rural não foram projetados os cenários de alta e baixa demanda, pois sendo sua contribuição muito pequena em toda a unidade de gestão, estima-se que sua variação futura não contribuirá significativamente na demanda futura da unidade de gestão.

- **Criação de Animais**

Por conta da baixa contribuição que esta classe de uso corresponde à demanda na unidade de gestão, optou-se por ajustar apenas uma curva de tendência para cada município, e com as equações resultantes foram determinadas as vazões de retirada para os anos futuros. No entanto, por este mesmo motivo não foram desenhados cenários alternativos para esta classe de uso.

- **Irrigação**

O prognóstico da demanda hídrica associada a esta classe de uso é difícil por conta da grande variação dos resultados observada nos últimos anos, tanto a nível do município como da unidade de gestão, tornando inviável o ajuste simples de curvas tendenciais. Desta forma, julgou-se conservador traçar a tendência e os cenários alternativos a partir do ano de 2009 e baseando-se na contribuição de cada município na variação da vazão captada na unidade de gestão que é destinada à irrigação (Eq. 2.29).

$$Contrib_{.M} = \left(\frac{Q_{irrig,M,n} - Q_{irrig,M,n-1}}{Q_{irrig,n} - Q_{irrig,n-1}} \right) \cdot 100 \quad (\text{Eq. 2.29})$$

Onde: $Contrib_{.M}$ = Contribuição do município M na variação da vazão captada para irrigação na unidade de gestão GD6, entre os anos n e n-1;

$Q_{irrig,M,n}$ = Vazão captada para irrigação no município M no ano n [1000 m³.d⁻¹];

$Q_{irrig,M,n-1}$ = Vazão captada para irrigação no município M no ano n-1 [1000 m³.d⁻¹];

$Q_{\text{irrig},n}$ = Vazão captada para irrigação na unidade de gestão no ano n [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$];

$Q_{\text{irrig},n-1}$ = Vazão captada para irrigação na unidade de gestão no ano n-1 [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$];

Para exemplificar, considere os valores referentes ao município de Albertina e à Unidade de Gestão GD6, apresentados na Tabela 2.10 seguinte. Através da Eq. 2.29 pode-se calcular a contribuição de Albertina na variação de demanda hídrica na unidade de gestão entre o ano 1995 e 1996 (Tabela 2.11). O resultado sugere que o município foi responsável pela variação de (-0,08%) da demanda hídrica na bacia.

$$\text{Contrib.}_{\text{Albertina}} = \left(\frac{0,010 - 0,018}{43,212 - 33,137} \right) \cdot 100$$

$$\text{Contrib.}_{\text{Albertina}} = -0,08\%$$

Tabela 2.10: Vazões de captação para irrigação no município de Albertina e na Unidade de Gestão GD6

ANO	ALBERTINA [1000 m ³ /dia]	UNIDADE DE GESTÃO GD6 [1000 m ³ /dia]
1995	0,018	33,137
1996	0,01	43,212
1997	0,016	116,781
1998	1,767	42,332
1999	0,021	66,198
2000	0,077	82,733
2001	0,521	47,613
2002	0,059	96,593
2003	0,108	19,259
2004	0,179	30,582
2005	0,142	23,343
2006	0,02	42,536
2007	0,01	12,504
2008	0,01	5,963

Tabela 2.11: Contribuição do município de Albertina

ANO	TAXA DE CONTRIBUIÇÃO
1995 – 1996	-0,08%
1996 – 1997	0,01%
1997 – 1998	-2,35%
1998 – 1999	-7,32%
1999 – 2000	0,34%
2000 – 2001	-1,26%
2001 – 2002	-0,94%
2002 – 2003	-0,06%
2003 – 2004	0,63%
2004 – 2005	0,52%
2005 – 2006	-0,64%
2006 – 2007	0,03%
2007 – 2008	0,00%
Média	-0,86%

Logo os cenários foram construídos adotando o seguinte:

- A média das variações (no caso de Albertina, este valor seria -0,86%) para o cenário tendencial, isto é, considerando que a partir de 2009 a demanda hídrica de Albertina destinada à irrigação seria incrementada a uma taxa de -0,86% ao ano.
- A média apenas das taxas positivas de cada município, ou seja, aquelas que indicaram que houve um aumento na demanda hídrica para este tipo de classe de uso, para o cenário de alta demanda;
- A média das taxas negativas, representando que houve uma queda da quantidade de água demanda, para o cenário de baixa demanda.

Este procedimento foi aplicado a cada um dos municípios pertencentes ao GD6 e a demanda total da bacia foi determinada pela soma das demandas de cada município. Alguns municípios chegaram a apresentar o valor de demanda para irrigação igual a zero. Isto pode ser explicado pelo fato de ter se considerado apenas culturas em áreas expressivas como determinantes nos valores de demanda hídrica. Porém há culturas menos expressivas na região que são irrigadas e que não são consideradas nos levantamentos do IBGE, como as hortaliças. Nestes casos, adotou-se o valor de 10 m³/dia como valor mínimo de demanda de água.

- **Abastecimento Industrial**

O cenário tendencial para este tipo de classe de uso foi desenhado a partir da tendência verificada entre 2000 e 2009 em cada município. A escolha deste intervalo permite uniformizar a taxa de crescimento entre o valor adicionado de cada município e a demanda hídrica evitando grandes variações e proporcionando resultados mais sensatos nos anos futuros. A demanda total da Unidade de Gestão GD6 foi determinada pela soma das tendências de cada município.

O cenário de alta e baixa demanda foi determinado de maneira similar ao abastecimento urbano, porém aqui, foi utilizado como variável, o valor adicionado dos anos de 1999 a 2007 ao invés do PIB *per capita*, a partir da constatação de que todos os municípios apresentam uma relação entre o valor adicionado e a demanda hídrica. Assim, elaboraram-se gráficos por município indicando essa relação e, por fim, traçou-se uma linha de tendência. Esta tendência, definida por uma equação, foi o que determinou os valores das demandas para os anos futuros da projeção. As taxas utilizadas na projeção dos valores adicionados até o ano de 2030 foram as mesmas retiradas do plano elaborado pela MACROPLAN (2008), apresentadas na Tabela 2.5 e na Tabela 2.9.

Por fim, a Tabela 2.12 seguinte resume os pressupostos metodológicos utilizados na cenarização da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6.

2.2. Resultados Gerais

Ao estimar a evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6 entre 1995 e 2030, foram elaborados gráficos que ilustram a tendência deste parâmetro e o possível desvio para cenários alternativos, em função do comportamento de outras variáveis. Nesta seção apresentam-se os resultados gerais do prognóstico, isto é, para cada classe de uso e para a unidade de gestão como um todo.

Tabela 2.12: Resumo das metodologias de cearização

CLASSE DE USO	CENÁRIO DE ALTA DEMANDA	CENÁRIO TENDENCIAL	CENÁRIO DE BAIXA DEMANDA
Abastecimento Urbano	- Relação entre o PIB <i>per capita</i> e a demanda hídrica. - Taxas da MACROPLAN (2008) do cenário “Um Salto para o Futuro”.	- Projeção da população. - Aplicação da metodologia utilizada pelo ONS.	- Relação entre o PIB <i>per capita</i> e a demanda hídrica. - Taxas da MACROPLAN (2008) do cenário “Balheia Encalhada”.
Abastecimento Rural	- Projeção da população. - Aplicação da metodologia utilizada pelo ONS.	- Projeção da população. - Aplicação da metodologia utilizada pelo ONS.	- Projeção da população. - Aplicação da metodologia utilizada pelo ONS.
Criação de Animais	- Tendência da vazão de captação.	- Tendência da vazão de captação.	- Tendência da vazão de captação.
Irrigação	- Contribuição relativa por município. - Média das taxas positivas de contribuição.	- Contribuição relativa por município. - Média das taxas de contribuição.	- Contribuição relativa por município. - Média das taxas negativas de contribuição.
Abastecimento Industrial	- Relação entre o Valor Adicionado e a demanda hídrica. - Taxas da MACROPLAN (2008) do cenário “Um Salto para o Futuro”.	- Tendência da vazão de captação.	- Relação entre o Valor Adicionado e a demanda hídrica - Taxas da MACROPLAN (2008) do cenário “Balheia Encalhada”.

2.2.1. Demanda Hídrica nos Próximos 20 Anos por Classe de Uso

- **Abastecimento Urbano**

A demanda hídrica destinada ao abastecimento urbano acusou um crescimento brando desde 1995, ou seja, sem grandes oscilações em todos os cenários (Figura 2.3). Em 2009, a unidade de gestão registrou a captação de 1,45 m³/s para abastecer as sedes municipais, com um retorno 85%, isto é, 1,23 m³/s.

Num cenário tendencial, uma vez que a demanda estava em função do crescimento logarítmico da população, observou-se uma tendência a estabilizar, acusando, porém, uma variação de 50% ao longo de todo o período analisado, ou 1,43% ao ano. Num cenário de alta demanda este crescimento foi estimado em 2,11% ao ano, podendo chegar a valores próximos a 2,00 m³/s. Por sua vez, no cenário de baixa demanda, ao chegar a valores de 1,66 m³/s, observou-se um incremento de 1,26% ao ano.

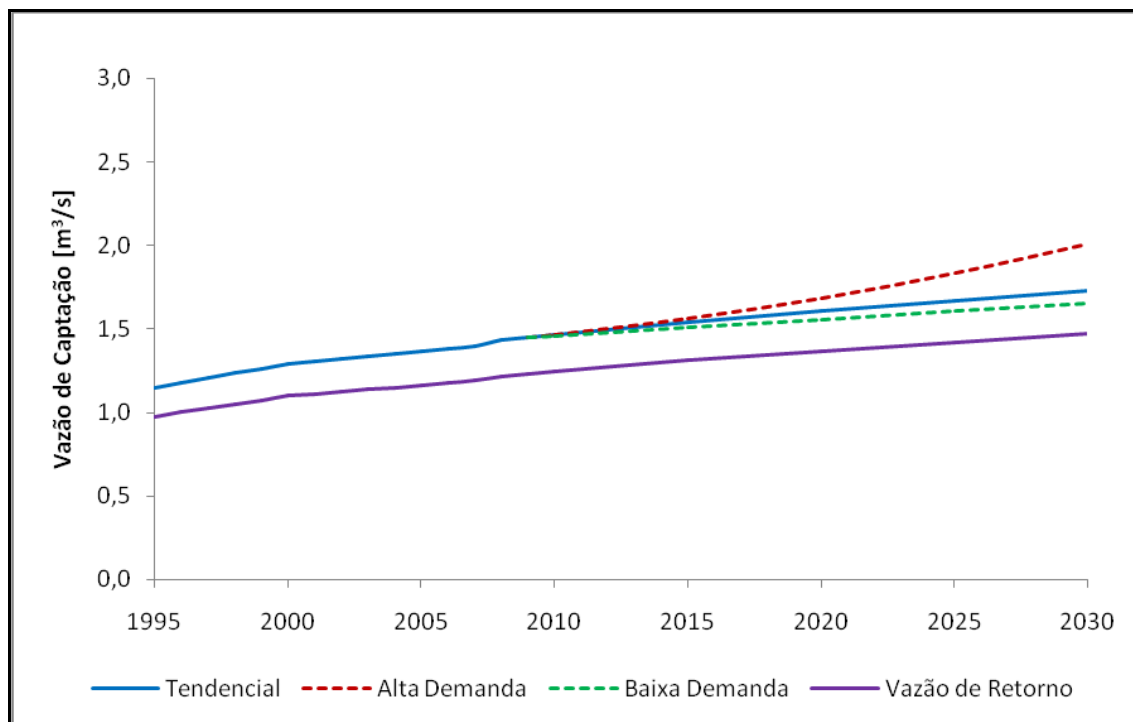


Figura 2.3: Evolução da vazão de captação para o abastecimento urbano

A fim de verificar a proximidade entre as estimativas feitas e a o que realmente ocorre, a Figura 2.4 associa os valores de captação medidos na rede de abastecimento público do município de Poços de Caldas (para perdas de ordem de 40%) e os valores que foram estimados para o município no mesmo período. Podem-se observar desvios de, no máximo 15%, estagnando nos últimos anos em diferenças menores que 10%.

- **Abastecimento Rural**

A demanda hídrica destinada a esta classe de uso, não ultrapassa 3% em todo o período analisado, sinalizando uma leve tendência de diminuição, como pode ser visto na Figura 2.5 seguinte. O único cenário desenhado foi o tendencial, baseando-se apenas na tendência da população rural observada nas últimas décadas.

O constante fluxo migratório do campo para a cidade justifica a redução observada: entre 1995 e 2010, a redução da demanda hídrica foi de 42%, resultando num incremento de cerca de -1,20% ao ano.

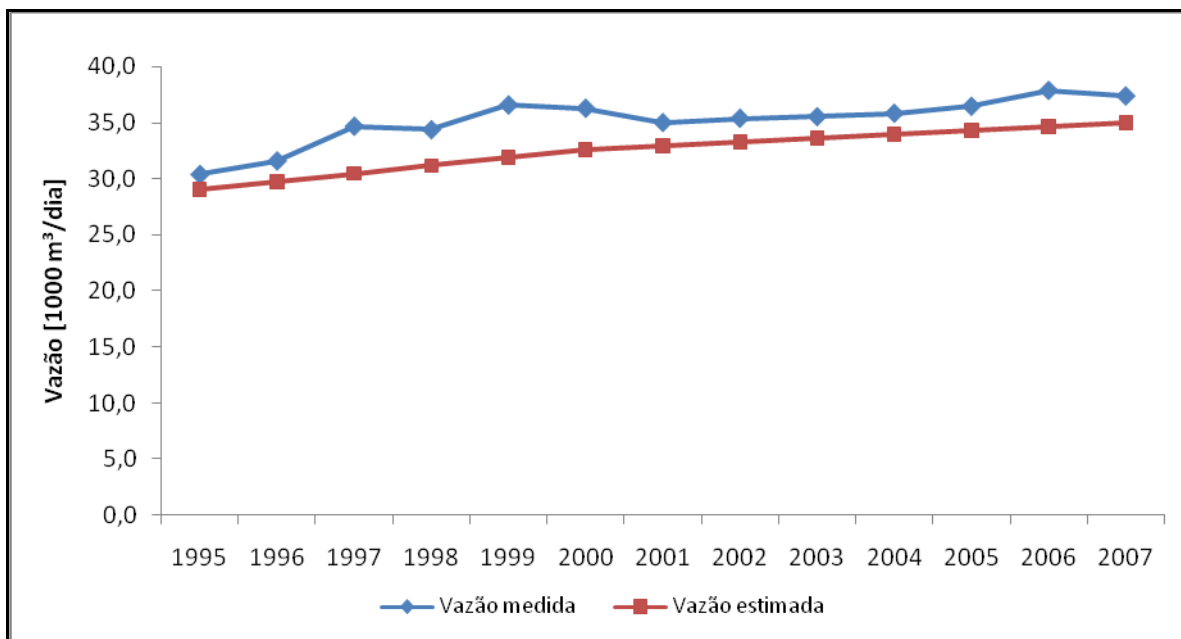


Figura 2.4: Comparação entre a vazão estimada e a vazão medida no município de Poços de Caldas para abastecimento urbano

Como explicitado acima, a metodologia utilizada neste trabalho considera que a população rural não é abastecida pela rede geral, o que é expresso pela adoção de um coeficiente de captação per capita modesto de $125 \text{ L.d}^{-1}.\text{hab}^{-1}$, enquanto que o abastecimento da rede geral baseia-se em coeficientes duas a três vezes maiores. Tal fato pode gerar questionamentos, quando se supõem a possibilidade do aumento das taxas de consumo da população rural se abastecida pela rede geral. O próprio estudo da ONS (2003) separa a população rural que é abastecida pela rede, associando a ela, taxas de consumo próximas às utilizadas no abastecimento urbano. Mesmo assim, na ausência de dados, julgaram-se conservadoras as premissas adotadas, sobretudo por conta da pequena contribuição que esta classe de uso confere aos resultados globais, podendo apenas apresentar alterações mais significativas em sub-bacias locais.

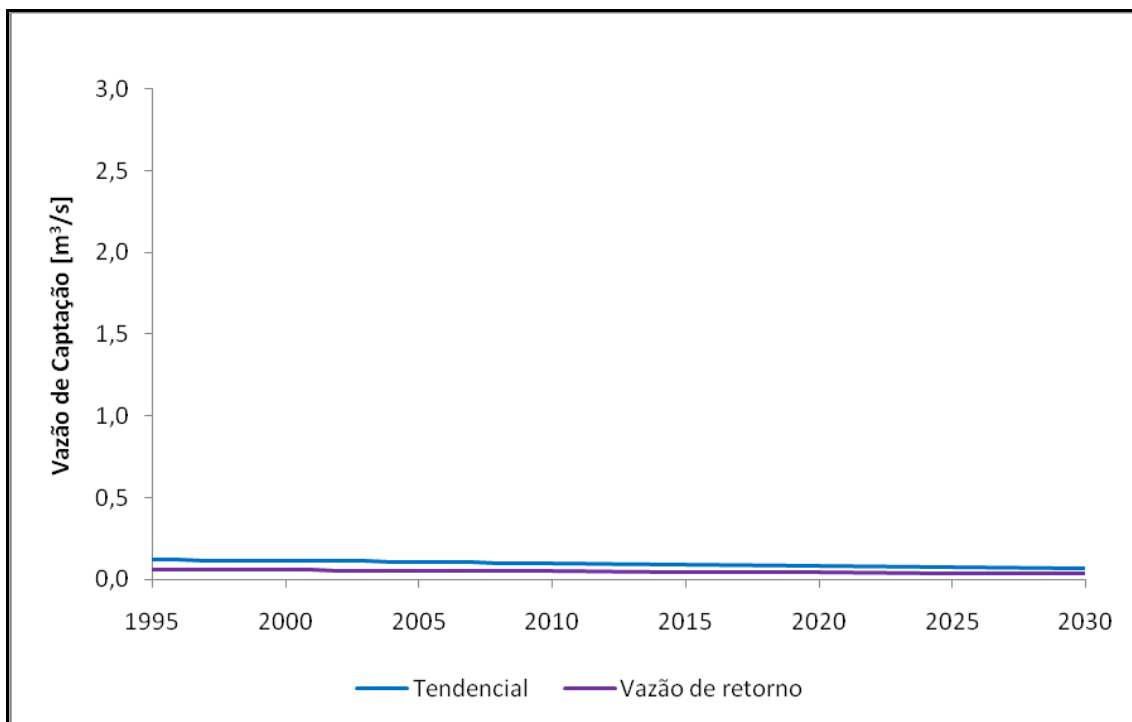


Figura 2.5: Evolução da vazão de captação para o abastecimento rural

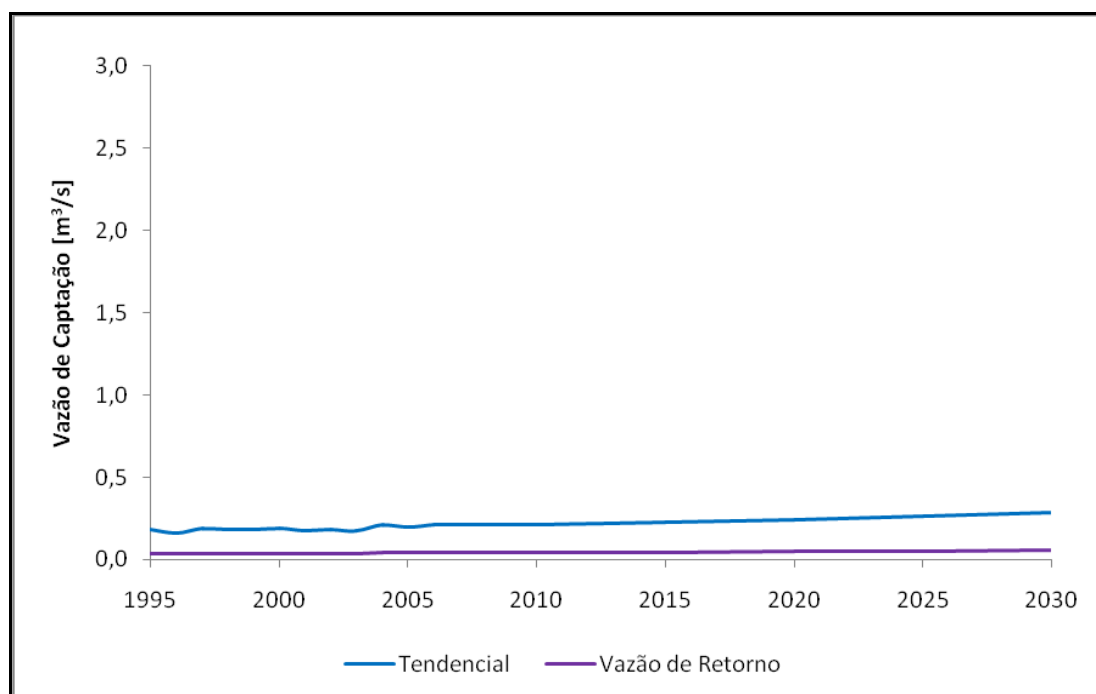


Figura 2.6: Captação de água projetada para a criação e animais

- **Criação de Animais**

A criação de animais também se associa a pequenas contribuições à demanda hídrica da unidade de gestão – cerca de 6% – o que justificou a adoção de apenas um cenário tendencial (Figura 2.6). Observou-se que um crescimento modesto no período de 1,59% ao ano. Incentivos à pecuária implicariam em alterações deste perfil, mas, estima-se que ainda se apresente em ordens menores aos valores associados à outras classes de uso.

- **Irrigação**

De acordo com os dados obtidos das Pesquisas de Produção Agrícola nos municípios que compõem a unidade de gestão, calcula-se que no ano de 2008, cerca de 90 mil hectares era destinado à algum cultivo, sendo 50 mil destinados a lavouras permanentes e 40 mil destinados a lavouras temporárias (Figura 2.7). Deste montante, pode-se listar as 10 culturas que correspondem à quase totalidade da área plantada nos últimos anos, como se observa na Figura 2.8 e na Figura 2.9.

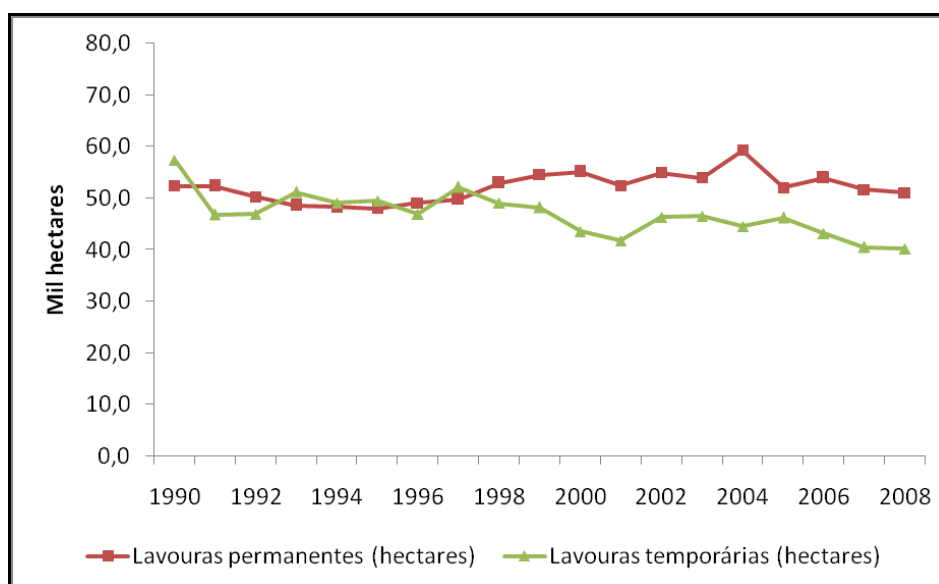


Figura 2.7: Área plantada média das culturas temporárias e permanentes nos municípios da Unidade de Gestão GD6

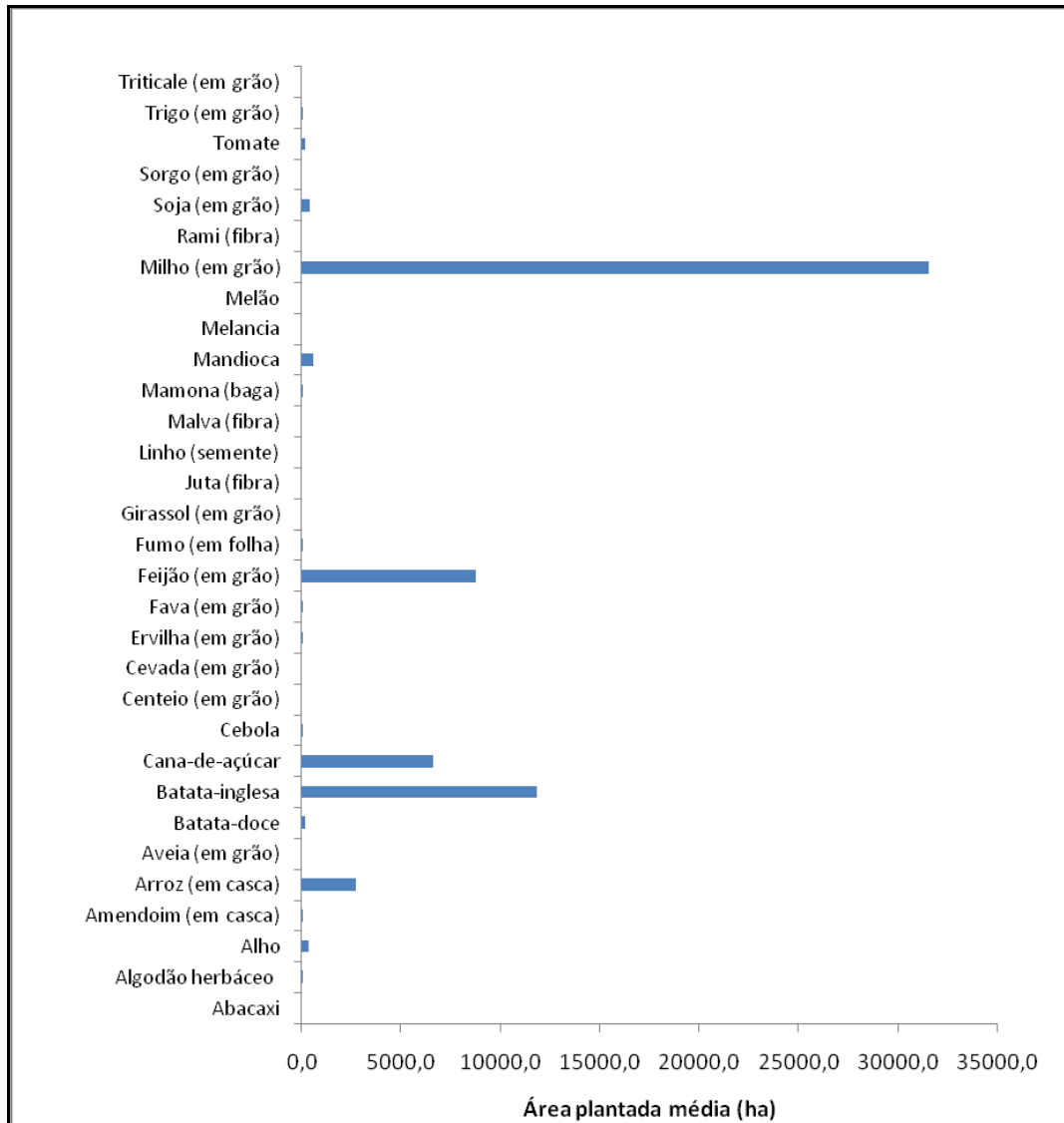


Figura 2.8: Área plantada média das culturas temporárias entre 1990 e 2008

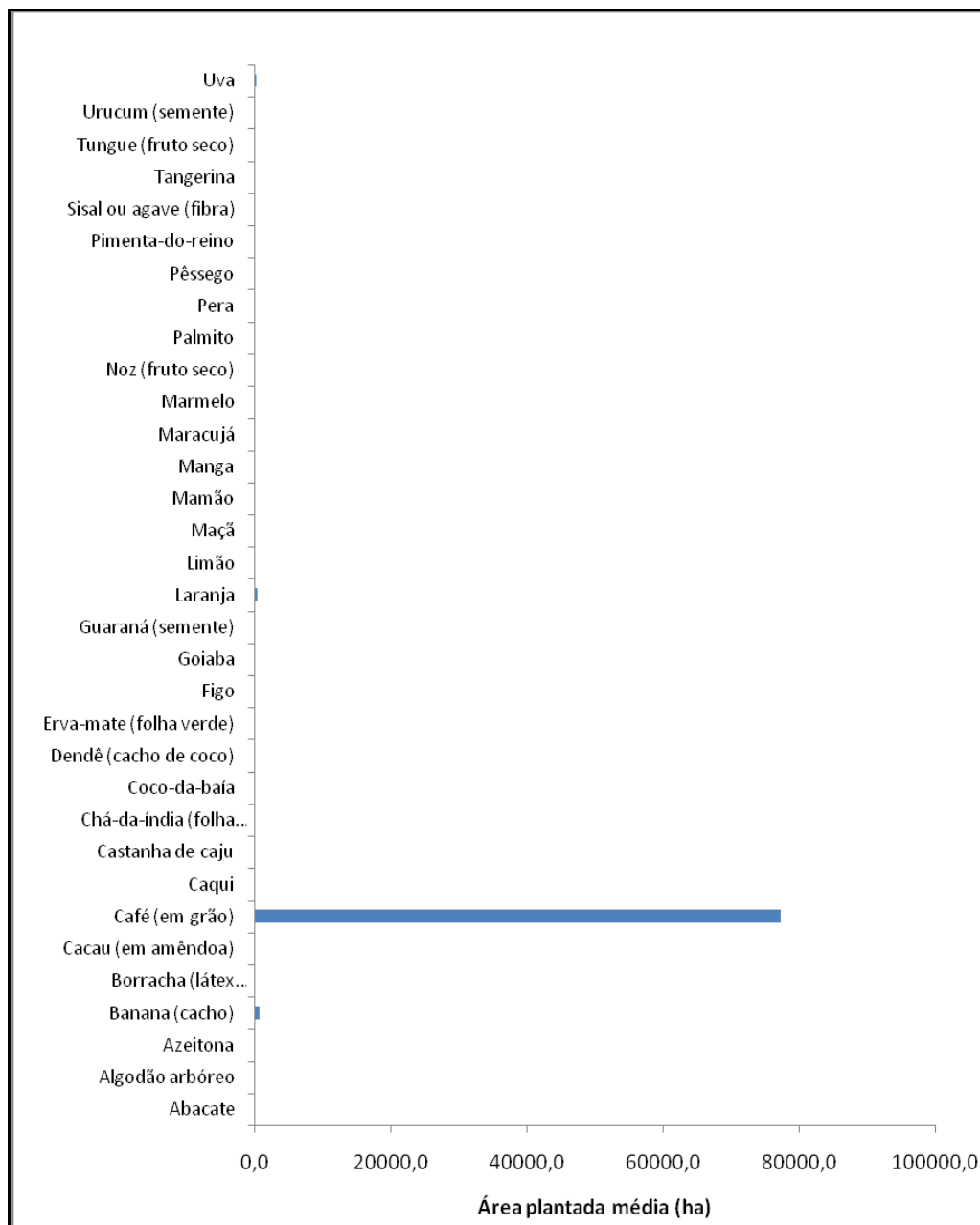


Figura 2.9: Área plantada média das culturas permanentes entre 1990 e 2008

A partir das figuras acima pode-se visualmente observar que certas culturas se destacam, como: Alho, Arroz, Batata (2ª e 3ª safras), Cana-de-açúcar, Feijão, Mandioca, Milho, Soja, Banana e Café. Destas culturas, selecionou-se apenas àquelas que são comumente irrigadas e o período usual de irrigação (Tabela 2.13), contando para isso, com consultas realizadas nas unidades da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) sediadas na região.

Tabela 2.13: Resumo das metodologias de cearização

CULTURA	PERÍODO DE IRRIGAÇÃO
Alho	Abril a Junho
Arroz	Março a Abril
Batata 2ª safra	Março a Abril
Batata 3ª safra	Maio a Julho

Em média, a batata de 2ª safra correspondeu, nos últimos anos, às maiores áreas de plantação irrigada, sendo encontrada especialmente na região de Ipuíuna, Santa Rita de Caldas, Caldas e Campestre. A batata de 3ª safra, dita de inverno, correspondeu a áreas bem menores, sendo verificada nas regiões de Botelhos e Borda da Mata. Por sua vez, o alho, dentre as culturas consideradas na tabela acima, consiste na cultura irrigada de menor dimensão espacial, tem sido encontrado nos últimos anos expressivamente em Inconfidentes e Ouro Fino. O arroz, típico ao norte da unidade de gestão (Guaranésia, Monte Santo de Minas e Campestre) tem sido verificado nos últimos anos expressivamente no município de Borda da Mata. Foi considerada a irrigação no arroz, mesmo ciente de que seu cultivo na unidade de gestão se dá, sobretudo, na forma de tabuleiros, onde não são comuns práticas de irrigação. Fez-se esta consideração, numa modesta tentativa de compensar a subestimação que a metodologia utilizada confere aos valores encontrados para esta classe de uso.

A partir destas observações, foi construído o gráfico apresentado na Figura 2.10 seguinte. Chama atenção a considerável variação observada nos primeiros anos, sinalizando uma tendência de diminuição na vazão irrigada, quando se observa valores de 1,35 em 1997, para valores próximos a 0,07 em 2009. Tal tendência pode ser justificada a partir do que relata a Figura 2.11 e a Figura 2.12 seguintes, das quais observa uma diminuição das áreas plantadas e um aumento da precipitação nos meses onde demandaria mais irrigação, associados as expressivas áreas de batata de 2ª safra. Estes eventos contribuem para os resultados apresentados, porém podem se distanciar da realidade.

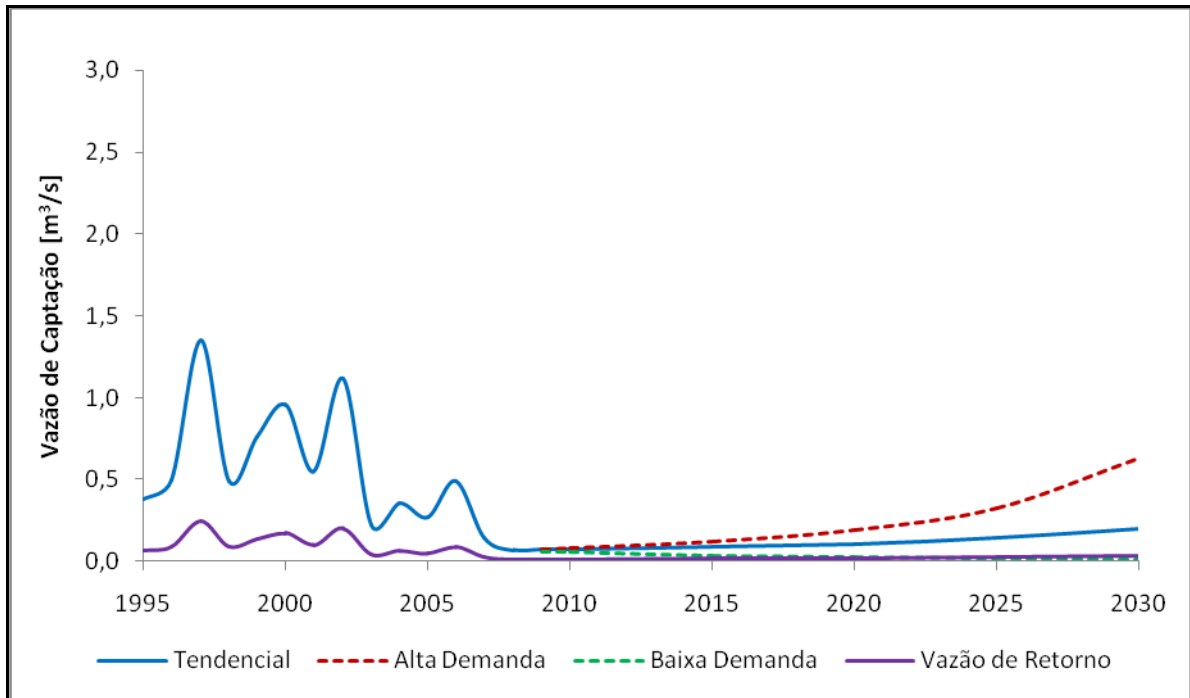


Figura 2.10: Captação de água projetada para a irrigação

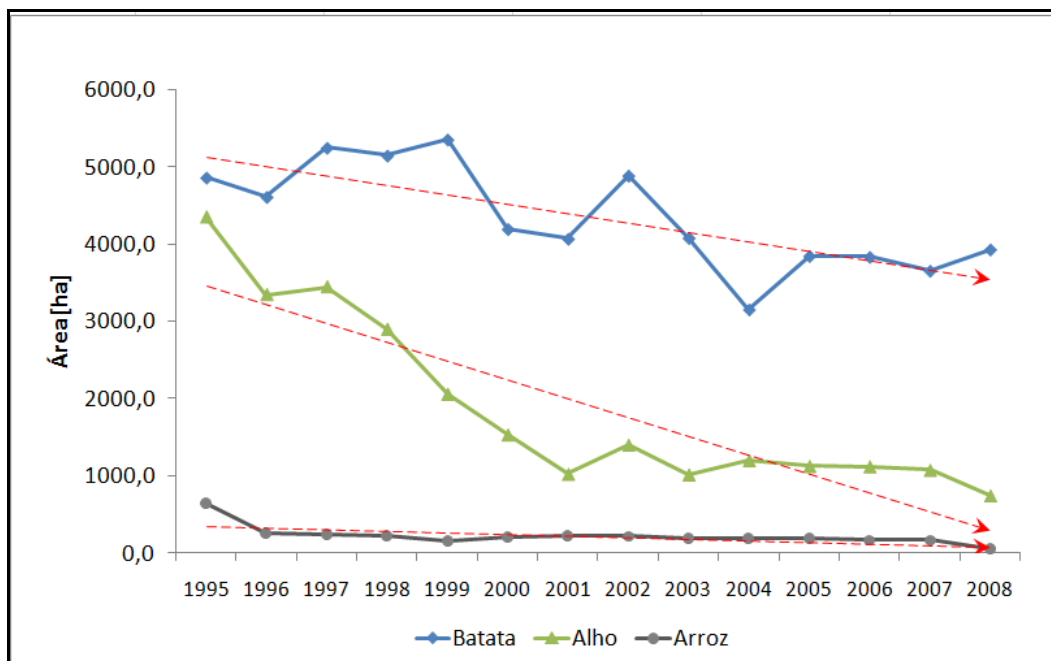


Figura 2.11: Área Planta das culturas mais expressivas na região

Salienta-se a complexidade em diagnosticar e, muito mais, em projetar demandas de irrigação, sugerindo, desde já, a constante atualização e revisão dos respectivos dados. Os

consumidores difusos, isto é, pequenos agricultores, e as lavouras de hortaliças, associadas à práticas de irrigação intensa não foram contabilizados nos cálculos, pela ausência de dados e pela dificuldade em fazê-lo. Da mesma forma, o tamanho da amostra (apenas referente aos últimos quinze anos) não possibilitou a visualização mais clara de tendências gerais. Por sua vez, taxas usadas na projeção, sugeridas pela equipe que confeccionou o relatório, também devem ser revistas e atualizadas. De maneira geral, acredita-se que o cadastro de usuários é um primeiro passo a fim de conferir valores mais próximos à realidade desta classe de uso.

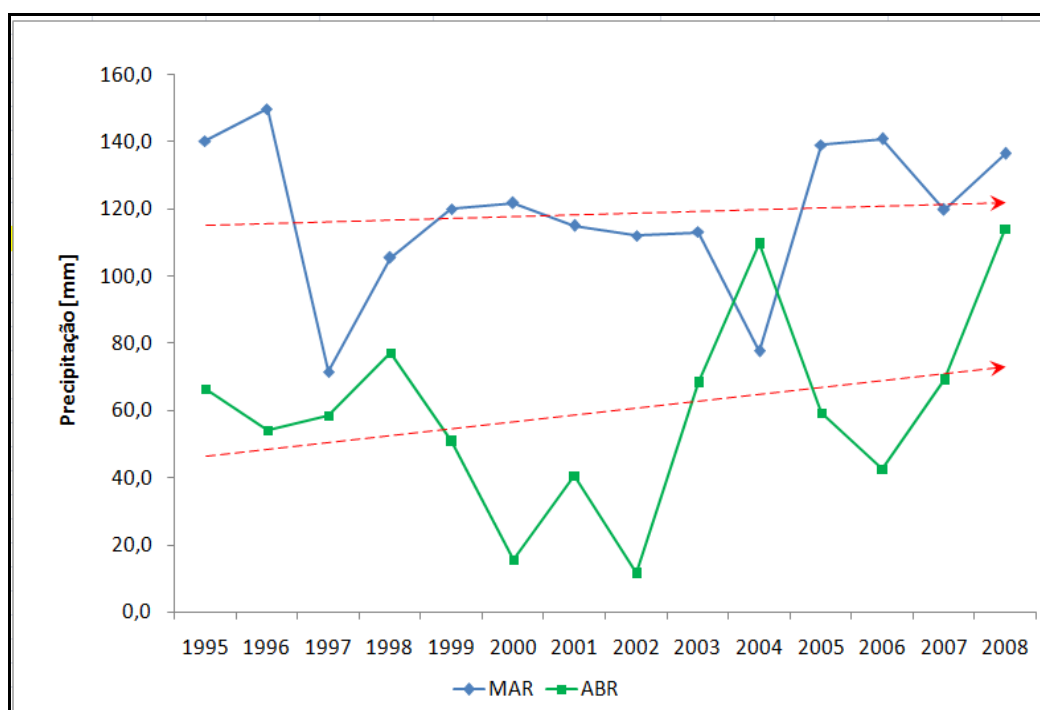


Figura 2.12: Meses de maior precipitação

- **Abastecimento Industrial**

O abastecimento industrial correspondeu, de maneira geral, às maiores taxas de crescimento em comparação com as outras classes de uso. No período analisado, tendencialmente estimou-se um incremento 12,14% ao ano. Entre os anos de 2008 e 2009 observou-se uma queda devido aos efeitos da crise financeira mundial, que derrubou a produtividade industrial. O crescimento na demanda hídrica pode ser explicado pelo desenvolvimento industrial na região, sobretudo no município de Poços de Caldas que é responsável em cerca de 75% da demanda desta classe de uso. Em 2010 foram estimadas

vazões próximas destinadas ao abastecimento urbano e industrial – cerca de 1,40 m³/s – mas já nos próximos anos, pelas projeções, observou-se uma superação da vazão destinada à indústria frente à aquela retirada para o comércio e residências; isso por conta da tendência de estabilização da população sobreposta ao crescimento econômico dos municípios.

As estimativas apresentadas na Figura 2.13 seguinte basearam-se na consideração de que o setor industrial da unidade de gestão não utiliza a rede geral para seu abastecimento. Tal consideração pode ser questionada, porém, julgou-se razoável, na ausência de dados, adotar esta premissa baseando-se na realidade de Poços de Caldas, responsável por grande parte da demanda do setor. Neste município, segundo dados fornecidos pelo DMAE, cerca de apenas 3% do volume consumido da rede geral corresponde às indústrias, que por sua vez, fazem sua própria captação ou utilizam água subterrânea. Neste último caso, embora este trabalho tenha como escopo apenas o prognóstico da demanda hídrica superficial, é conveniente registrar a sugestão em se estimar a disponibilidade hídrica subterrânea, seu uso atual e futuro, o que não foi feito, devido a carência de dados.

No cálculo das demandas globais, tais considerações não acarretarão em grandes desvios, porém em demandas locais, tais desvios podem ser mais significativos. No entanto, nada que comprometa a sinalização dos locais na bacia que solicitam gestão ou cuidados especiais. Pelo fato do Plano Diretor passar por constante revisão e fiscalização, tais estimativas podem ser refinadas na medida em que sejam gerados e disponibilizados dados consolidados acerca do consumo e da captação de água nestas respectivas classes de uso.

A vazão de retorno foi contabilizada em 80% da vazão de captação, por conta da composição do setor industrial dos municípios inseridos na unidade de gestão. Salienta-se que a vazão de retorno foi estimada apenas em termos quantitativos, faltando, no entanto, informações sobre a qualidade do efluente que retorna ao recurso hídrico, o que embasaria projetos de gestão de natureza integrada.

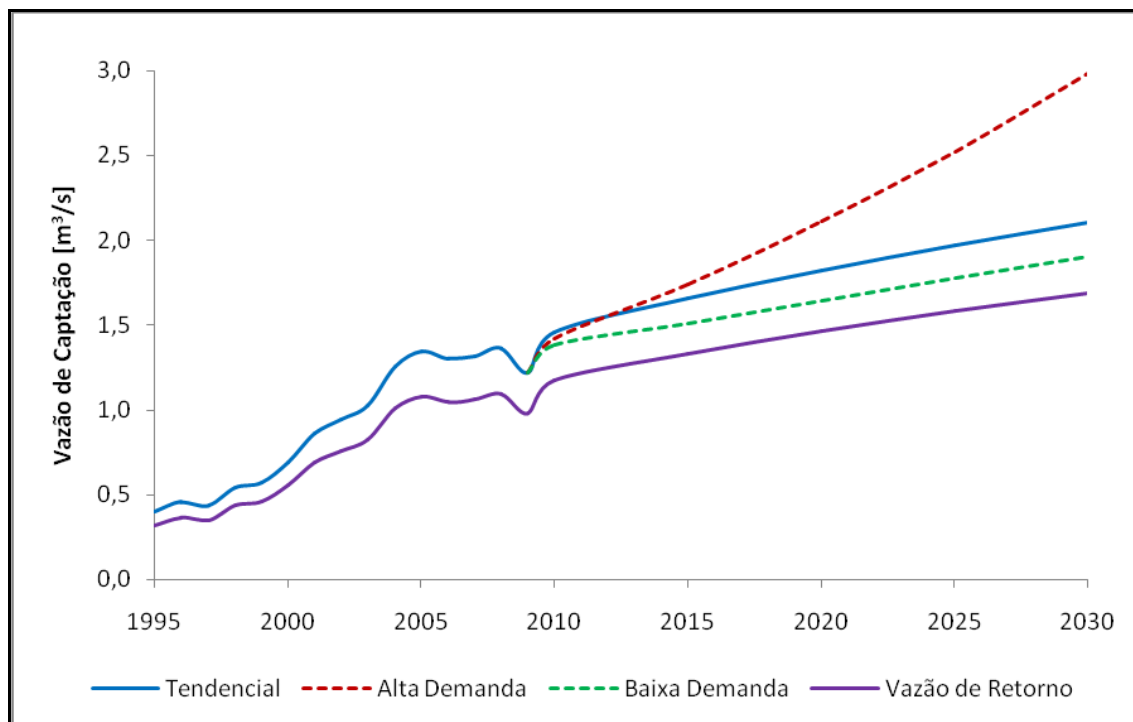


Figura 2.13: Captação de água projetada para o abastecimento industrial

2.2.2. Demanda Hídrica nos Próximos 20 Anos para a Unidade de Gestão GD6

A demanda hídrica da Unidade de Gestão GD6 apresentou nestes últimos 15 anos um crescimento médio 1,03% ao ano, chegando à captação de 3,05 m³/s em 2009. Tendencialmente a vazão captada chegaria em 4,39 m³/s, totalizando ao longo de todos os 35 anos de análise um crescimento de 2,74% ao ano. Os cenários de alta e baixa demanda registram taxas correspondentes a 4,77% e 2,16% ao ano, respectivamente, podendo chegar à captação de aproximadamente 6,0 m³/s à 4,0 m³/s (Figura 2.14). A vazão de retorno total considerada na unidade de gestão foi determinada pela soma das vazões de retorno de cada tipo de classe de uso, chegando a valores próximos a 70% do que é captado.

Observa-se claramente, através da Figura 2.15, que a demanda hídrica na região é guiada pelo abastecimento urbano e industrial. Nos primeiros anos, verificam-se oscilações consideráveis, por conta das variações referentes à irrigação, diferenciando dos valores atuais (ano de 2009) em cerca de 20%. No entanto, tais oscilações são amainadas quando são utilizadas taxas médias de crescimento para a demanda desta classe de uso. Ressalta-se novamente a dificuldade em prever esta demanda, o que pode ser refinada a partir da

constante fiscalização dos agricultores residentes na região. A Tabela 2.14 seguinte apresenta todos os resultados gerados até então.

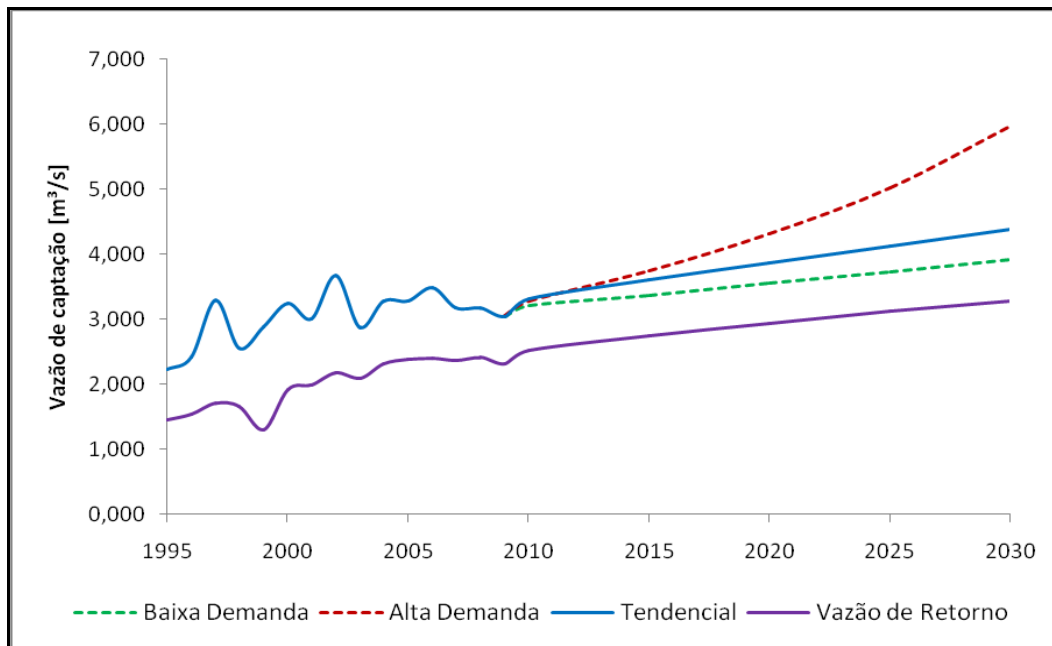


Figura 2.14: Evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6

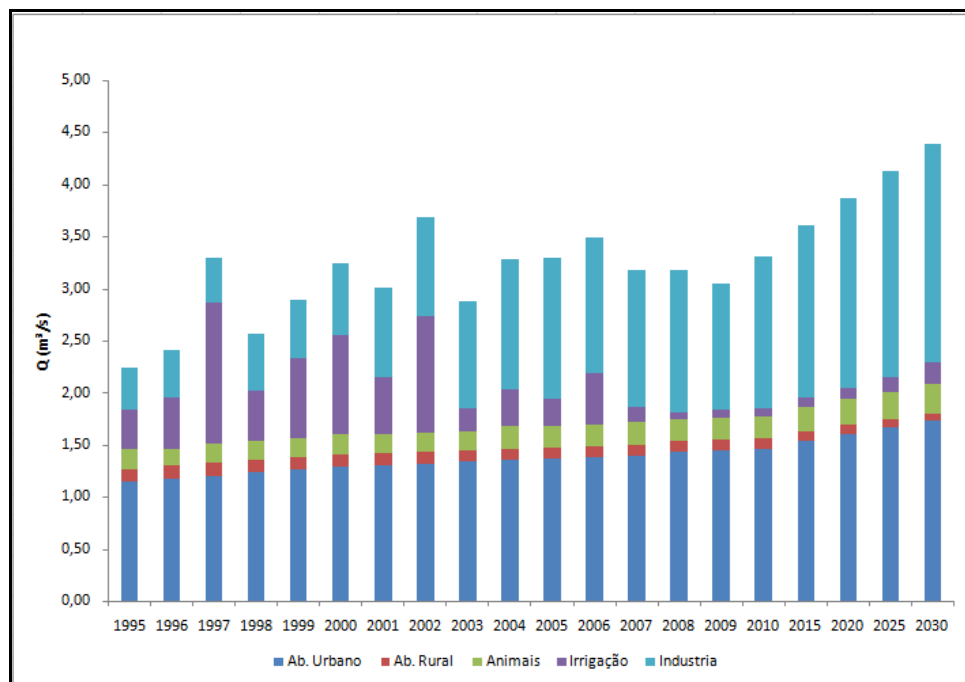


Figura 2.15: Evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6 por classe de uso

Tabela 2.14: Demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6

Ano	AB. URBANO			AB. RURAL	CRIAÇÃO DE ANIMAL	IRRIGAÇÃO			AB. INDUSTRIAL			TOTAL		
	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]
1995	1,15	1,15	1,15	0,12	0,18	0,38	0,38	0,38	0,40	0,40	0,40	2,24	2,24	2,24
1996	1,18	1,18	1,18	0,12	0,16	0,50	0,50	0,50	0,46	0,46	0,46	2,42	2,42	2,42
1997	1,21	1,21	1,21	0,12	0,19	1,35	1,35	1,35	0,43	0,43	0,43	3,30	3,30	3,30
1998	1,23	1,23	1,23	0,12	0,18	0,49	0,49	0,49	0,54	0,54	0,54	2,57	2,57	2,57
1999	1,26	1,26	1,26	0,12	0,18	0,77	0,77	0,77	0,57	0,57	0,57	2,90	2,90	2,90
2000	1,29	1,29	1,29	0,11	0,19	0,96	0,96	0,96	0,69	0,69	0,69	3,25	3,25	3,25
2001	1,31	1,31	1,31	0,11	0,18	0,55	0,55	0,55	0,86	0,86	0,86	3,01	3,01	3,01
2002	1,32	1,32	1,32	0,11	0,18	1,12	1,12	1,12	0,95	0,95	0,95	3,68	3,68	3,68
2003	1,34	1,34	1,34	0,11	0,18	0,22	0,22	0,22	1,03	1,03	1,03	2,88	2,88	2,88
2004	1,35	1,35	1,35	0,11	0,21	0,35	0,35	0,35	1,26	1,26	1,26	3,28	3,28	3,28
2005	1,37	1,37	1,37	0,11	0,20	0,27	0,27	0,27	1,35	1,35	1,35	3,29	3,29	3,30
2006	1,38	1,38	1,38	0,11	0,21	0,49	0,49	0,49	1,30	1,30	1,30	3,50	3,50	3,50
2007	1,40	1,40	1,40	0,11	0,21	0,14	0,14	0,14	1,32	1,32	1,32	3,18	3,18	3,18
2008	1,43	1,43	1,43	0,10	0,21	0,07	0,07	0,07	1,36	1,36	1,36	3,18	3,18	3,18
2009	1,45	1,45	1,45	0,10	0,21	0,07	0,07	0,06	1,22	1,22	1,22	3,05	3,05	3,04
2010	1,47	1,47	1,46	0,10	0,21	0,08	0,07	0,06	1,42	1,46	1,38	3,28	3,31	3,21
2015	1,56	1,54	1,51	0,09	0,23	0,12	0,09	0,04	1,74	1,66	1,51	3,74	3,61	3,37
2020	1,68	1,61	1,56	0,08	0,24	0,19	0,11	0,02	2,11	1,82	1,64	4,32	3,87	3,55
2025	1,83	1,67	1,60	0,08	0,26	0,33	0,14	0,02	2,52	1,97	1,77	5,02	4,13	3,74
2030	2,01	1,73	1,66	0,07	0,28	0,63	0,20	0,01	2,98	2,10	1,90	5,98	4,39	3,93

2.3. Resultados por Sub-Bacia

A fim de pontuar as localidades onde eventualmente poderia surgir algum conflito em termos da demanda hídrica, projetou-se a vazão total captada nas sub-bacias que compõem a unidade de gestão (Figura 2.16), o que é apresentado a seguir. Na Tabela 2.5 abaixo se apresentam as principais parâmetros das sub-bacias consideradas neste tópico.

Tabela 2.15: Resumo das metodologias de cearização

SUB-BACIA		ÁREA DE DRENAGEM [km ²]	Q _{7,10} [m ³ /s]	LIMITE DE OUTORGA [m ³ /s]
1	Córrego das Areias	284,45	1,04	0,31
2	Ribeirão da Onça	173,56	0,44	0,13
3	Rio Lambari	513,40	2,28	0,68
4	Ribeirão Parapatinga	121,94	0,16	0,05
5	Rio Canoas	342,92	1,36	0,41
6	Rio Capivari	420,35	1,77	0,53
7	Rio das Antas	227,08	0,73	0,22
8	Rio do Peixe	225,31	0,72	0,22
9	Rio Eleutéria	411,14	1,72	0,52
10	Rio Jaguari-mirim	391,25	1,62	0,49
11	Rio Mogi-Guaçu	1289,71	6,47	1,94
12	Rio Pardo	918,67	4,47	1,34
13	Rio Verde	337,40	1,33	0,40

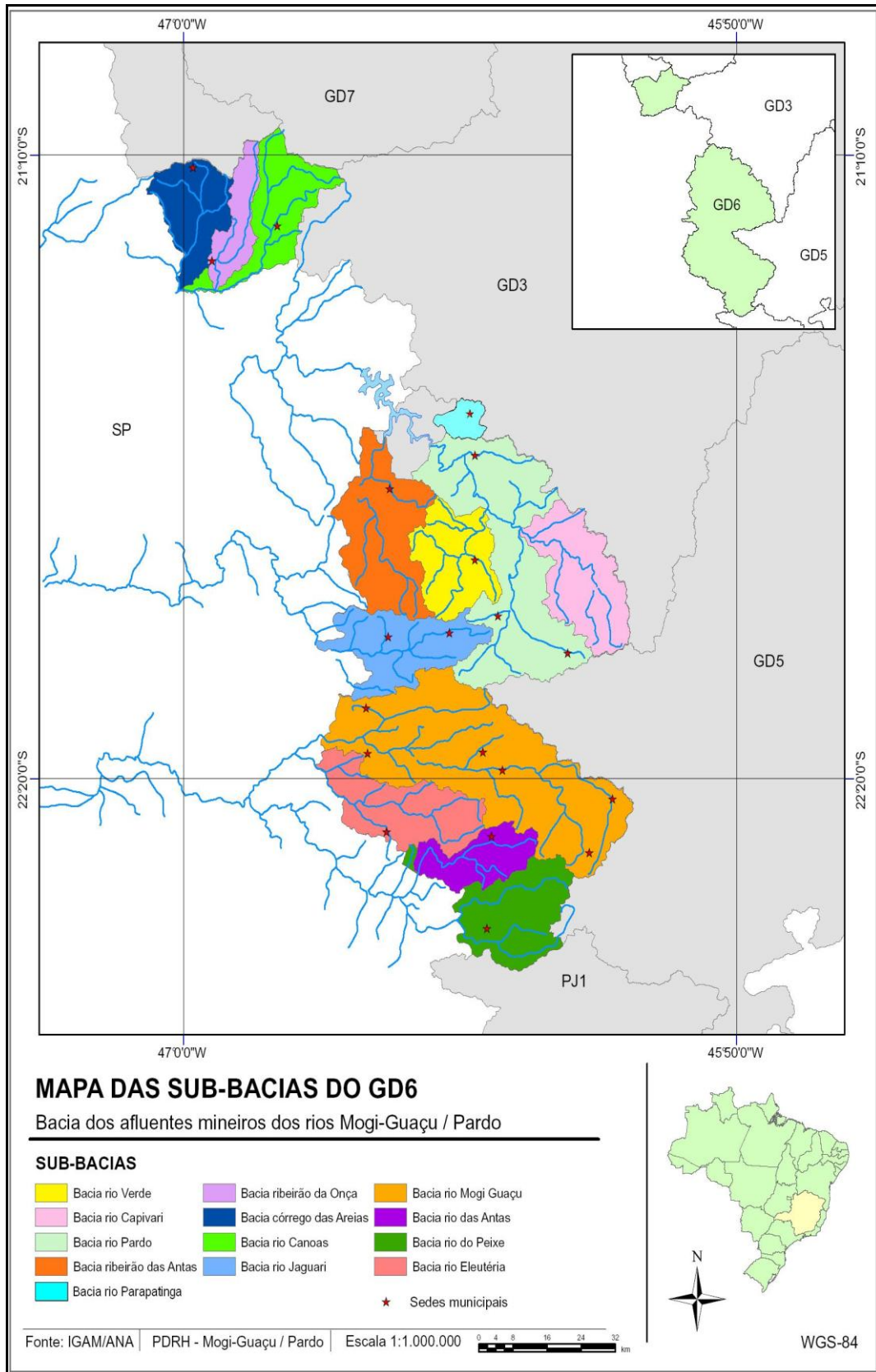


Figura 2.16: Sub-bacias da Unidade de Gestão Gd6

2.3.1. Córrego das Areias

Pela Figura 2.17 nota-se que o abastecimento urbano é o maior setor responsável pela demanda hídrica da sub-bacia, sobretudo pelo fato de Monte Santo de Minas ter a sede municipal inserida nesta sub-bacia. Vale ressaltar que no ano de 1997, a irrigação teve uma grande contribuição para a variação dos valores, devendo-se à baixa precipitação efetiva no período. A indústria apresenta aumento crescente de sua demanda, devido ao aumento da produção do município de Monte Santo de Minas, mesmo assim não foi constatada variação significativa entre os valores de demanda total entre os 35 anos de análises.

De maneira geral, a demanda hídrica nesta sub-bacia corresponde em até 3,0% da demanda verificada na unidade de gestão, distanciando-se do limite de outorgas estimado para a área (Figura 2.18). De acordo com a Tabela 2.16 observam-se incrementos médios de 0,22% a 0,56% ao ano, entre os anos de 1995 e 2030, partindo de uma modesta demanda de 0,09 m³/s.

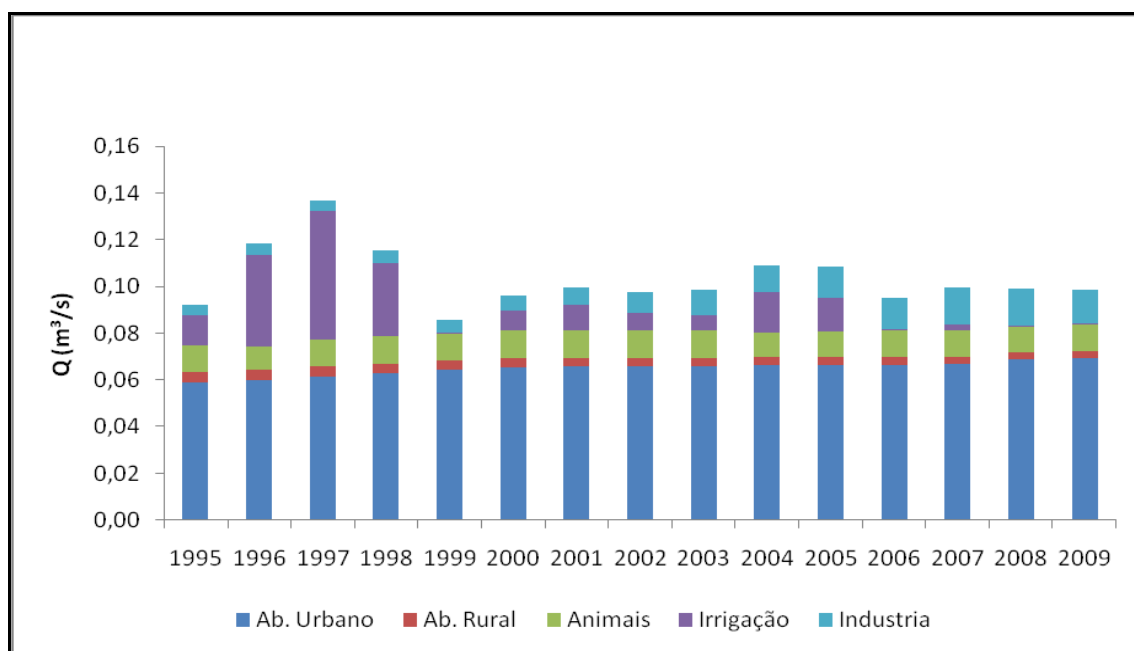


Figura 2.17: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Córrego das Areias

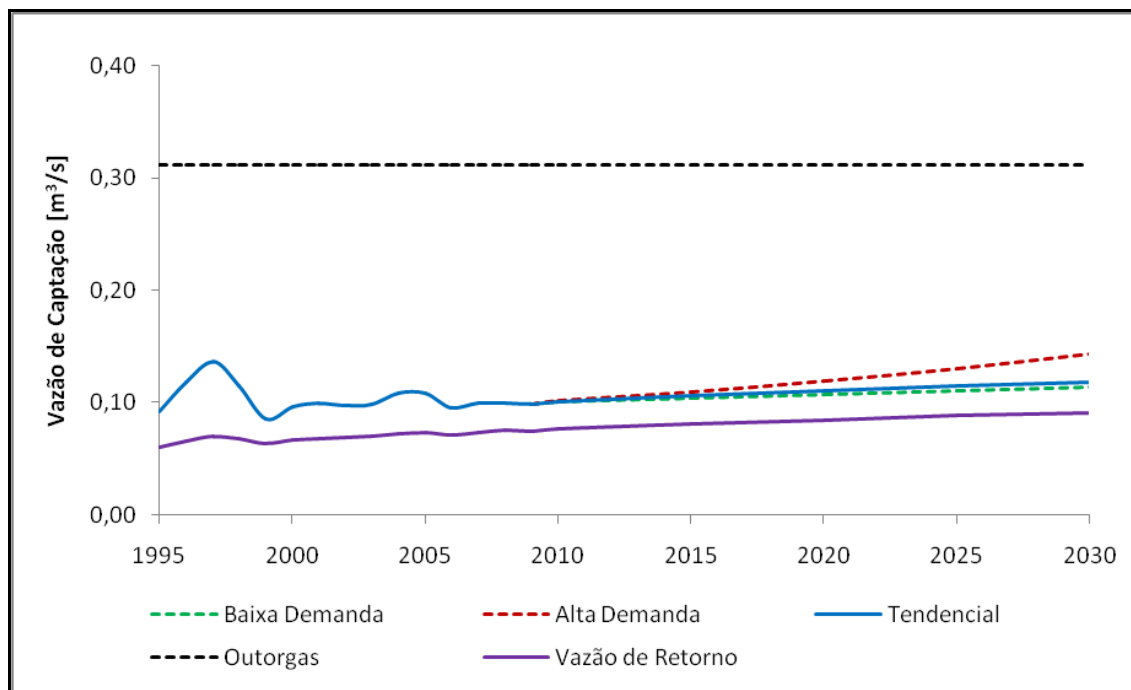


Figura 2.18: Captação de água projetada para a sub-bacia do Córrego das Areias

Tabela 2.16: Vazão de demanda para a sub-bacia do Córrego das Areias

ANO	ALTA DEMANDA [m ³ /s]	TENDENCIAL [m ³ /s]	BAIXA DEMANDA [m ³ /s]
1995	0,09	0,09	0,09
1996	0,12	0,12	0,12
1997	0,14	0,14	0,14
1998	0,12	0,12	0,12
1999	0,09	0,09	0,09
2000	0,10	0,10	0,10
2001	0,10	0,10	0,10
2002	0,10	0,10	0,10
2003	0,10	0,10	0,10
2004	0,11	0,11	0,11
2005	0,11	0,11	0,11
2006	0,10	0,10	0,10
2007	0,10	0,10	0,10
2008	0,10	0,10	0,10
2009	0,10	0,10	0,10
2010	0,10	0,10	0,10
2015	0,11	0,11	0,10
2020	0,12	0,11	0,11
2025	0,13	0,11	0,11
2030	0,14	0,12	0,11

2.3.2. Ribeirão da Onça

O abastecimento industrial é o responsável pelo aumento da demanda hídrica a partir do ano de 2002, devido à contribuição preponderante do município de Arceburgo (Figura 2.19), cuja sede municipal é a única dentro da sub-bacia. No ano de 1997, a contribuição expressiva da irrigação é justificada pela baixa precipitação efetiva. Na sub-bacia do Ribeirão da Onça não houve variação significativa entre os valores de demanda total nos últimos 15 anos, observa-se, no entanto, que para os anos futuros da projeção, a demanda para o abastecimento industrial tende a superar a demanda para abastecimento urbano.

De maneira geral, a vazão captada nos três cenários projetados não supera a outorga, com exceção do último ano do cenário de alta demanda (Figura 2.20), por conta do aumento gradual associado ao abastecimento industrial a partir de 2010. A sub-bacia apresenta uma contribuição de apenas 2,0% da demanda total da unidade de gestão, uma vez que duas das três sedes municipais não estão inseridas dentro de seu limite físico.

De acordo, com a Tabela 2.17, as porcentagens de aumento anual para cada um dos cenários, considerando todo o intervalo de estudo foi de 1,33 ao ano para o cenário de alta demanda e 0,67% para os cenários tendencial e baixa demanda. Estes dois últimos cenários apresentaram a mesma porcentagem de incremento por conta da evolução do abastecimento industrial.

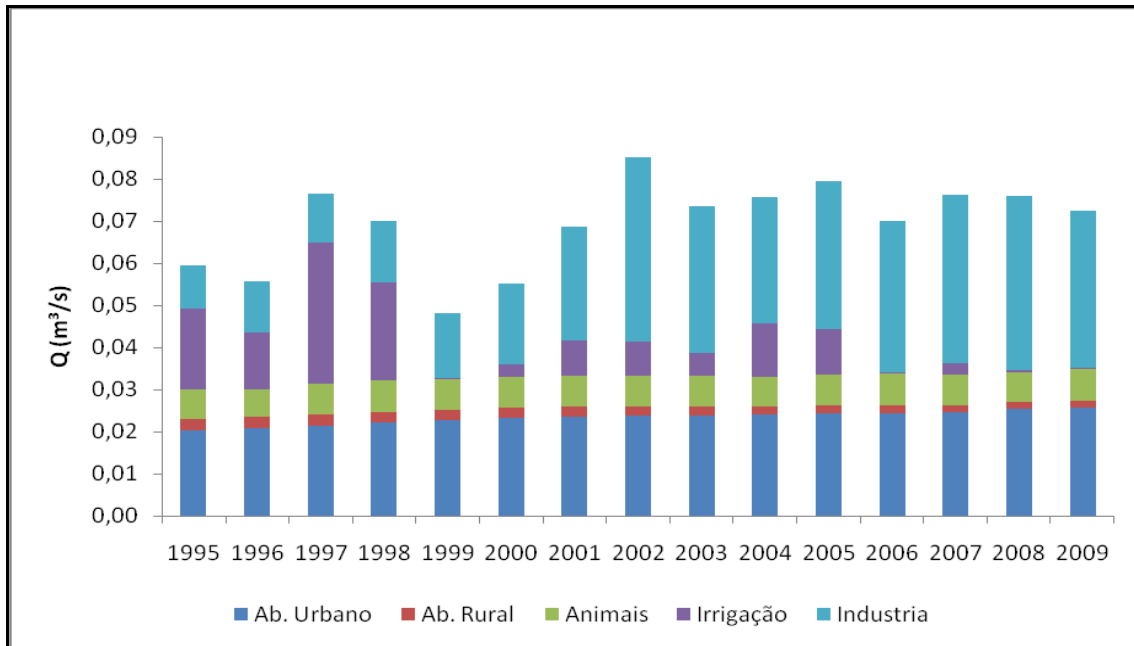


Figura 2.19: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão da Onça

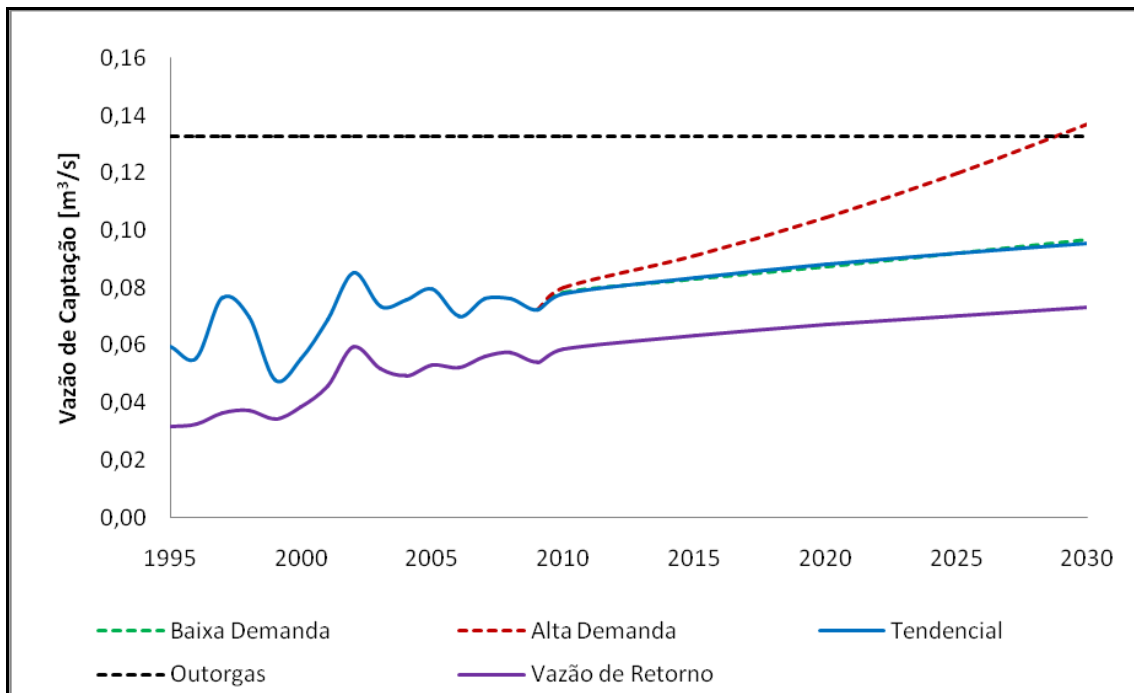


Figura 2.20: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão das Onças

Tabela 2.17: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão das Onças

ANO	ALTA DEMANDA [m ³ /s]	TENDENCIAL [m ³ /s]	BAIXA DEMANDA [m ³ /s]
1995	0,06	0,06	0,06
1996	0,06	0,06	0,06
1997	0,08	0,08	0,08
1998	0,07	0,07	0,07
1999	0,05	0,05	0,05
2000	0,06	0,06	0,06
2001	0,07	0,07	0,07
2002	0,09	0,09	0,09
2003	0,07	0,07	0,07
2004	0,08	0,08	0,08
2005	0,08	0,08	0,08
2006	0,07	0,07	0,07
2007	0,08	0,08	0,08
2008	0,08	0,08	0,08
2009	0,07	0,07	0,07
2010	0,08	0,08	0,08
2015	0,09	0,08	0,08
2020	0,10	0,09	0,09
2025	0,12	0,09	0,09
2030	0,14	0,10	0,10

2.3.3. Rio Lambari

O abastecimento urbano e industrial são os grandes responsáveis da demanda hídrica da sub-bacia. No ano de 1997, 2000, 2001 e 2002, percebe-se um leve aumento nos valores da irrigação, devido à diminuição da precipitação efetiva no período. A partir do ano de 2004, ocorre um aumento da demanda para o abastecimento industrial por conta do crescimento da produção industrial de Poços de Caldas (Figura 2.21). Pela Figura 2.22 observa-se que os valores da vazão de captação ultrapassam o limite de outorga desde o ano de 1995, caracterizando a sub-bacia como uma região com grandes conflitos com relação ao uso da água para os diferentes tipos de classe.

Tal fato também se reflete na contribuição da demanda hídrica desta sub-bacia na unidade de gestão, correspondente acima de 40% do total. Entre 1995 e 2030 verificaram-se incrementos médios consideráveis de aproximadamente 1,40 % a 2,60% ao ano, para uma vazão de retirada inicial significativa de 0,94 m³/s (Tabela 2.18).

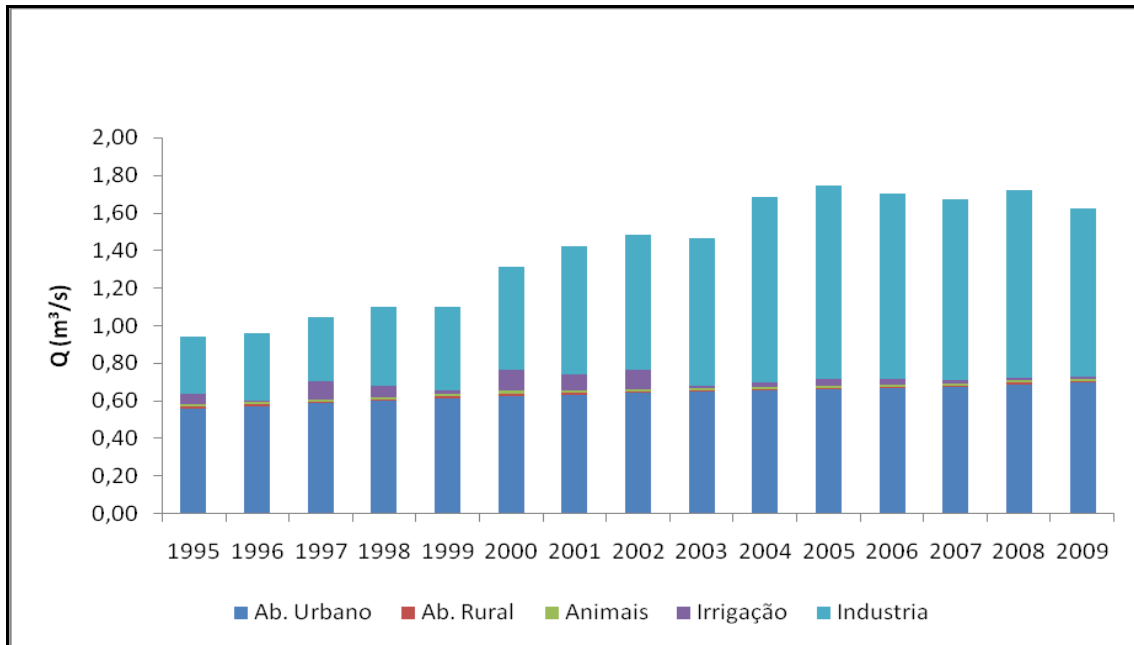


Figura 2.21: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Lambari

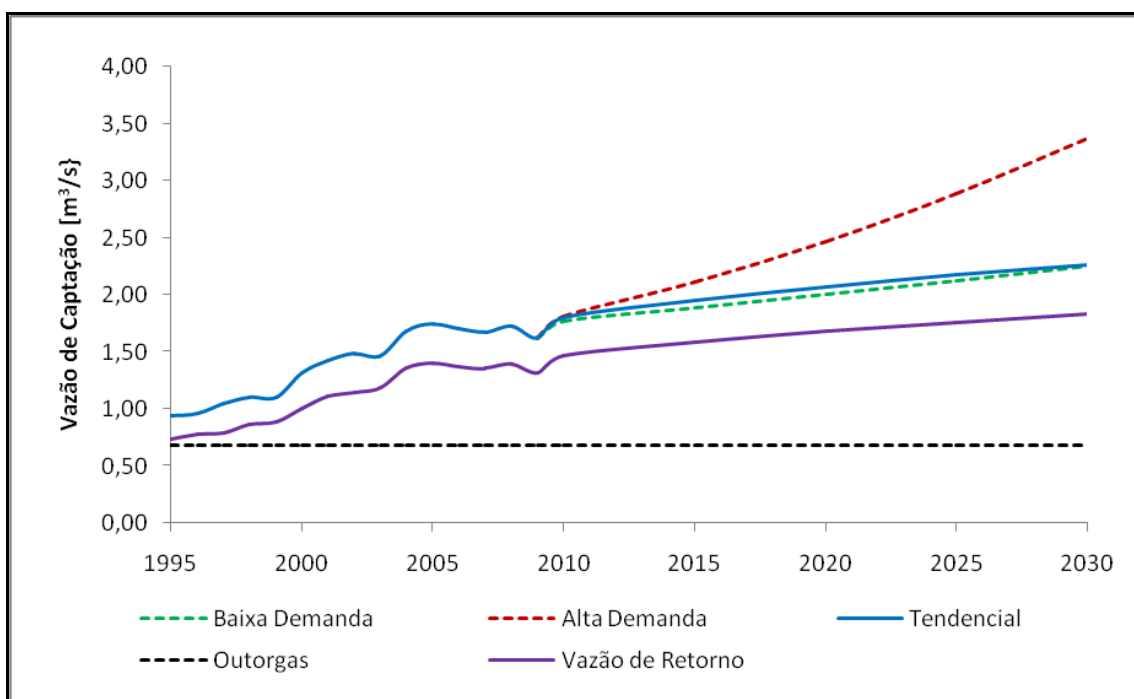


Figura 2.22: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Lambari

Tabela 2.18: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Lambari

ANO	ALTA DEMANDA [m³/s]	TENDENCIAL [m³/s]	BAIXA DEMANDA [m³/s]
1995	0,94	0,94	0,94
1996	0,96	0,96	0,96
1997	1,04	1,04	1,04
1998	1,10	1,10	1,10
1999	1,10	1,10	1,10
2000	1,32	1,32	1,32
2001	1,42	1,42	1,42
2002	1,48	1,48	1,48
2003	1,46	1,46	1,46
2004	1,69	1,69	1,69
2005	1,74	1,74	1,74
2006	1,70	1,70	1,70
2007	1,67	1,67	1,67
2008	1,72	1,72	1,72
2009	1,63	1,62	1,62
2010	1,81	1,80	1,77
2015	2,11	1,95	1,89
2020	2,47	2,07	2,01
2025	2,89	2,17	2,13
2030	3,37	2,27	2,25

2.3.4. Ribeirão Parapatinga

Esta sub-bacia abrange apenas a sede do município de Botelhos, justificando a significativa contribuição do abastecimento urbano na demanda hídrica contabilizada. A irrigação, responsável pela oscilação dos valores, apresentou valores significativos em 2002, o que explica pelo aumento da área plantada da cultura de batata de 2ª safra, e pela diminuição da precipitação efetiva principalmente, do mês de abril (Figura 2.23)

Assim como na sub-bacia do Rio Lambari, a sub-bacia do Ribeirão Parapatinga, que contribui com apenas 2,0% do que é captado na unidade de gestão, apresenta valores de retirada superiores aos determinados pelas outorgas desde o ano de 1995 (Figura 2.24). Sua pequena área de drenagem justifica tal fato, uma vez que a vazão inicial contabilizada foi de apenas 0,05 m³/s, evoluindo-se em taxas de médias de 0,4 a 1,2% ao ano (Tabela 2.19).

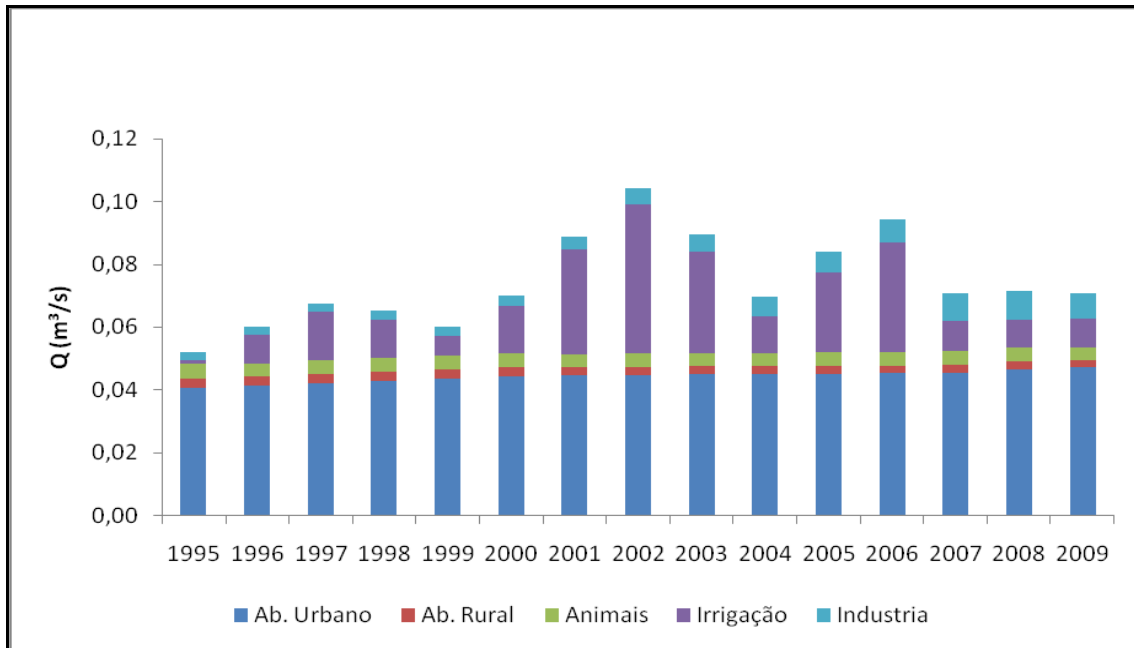


Figura 2.23: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão Parapatinga

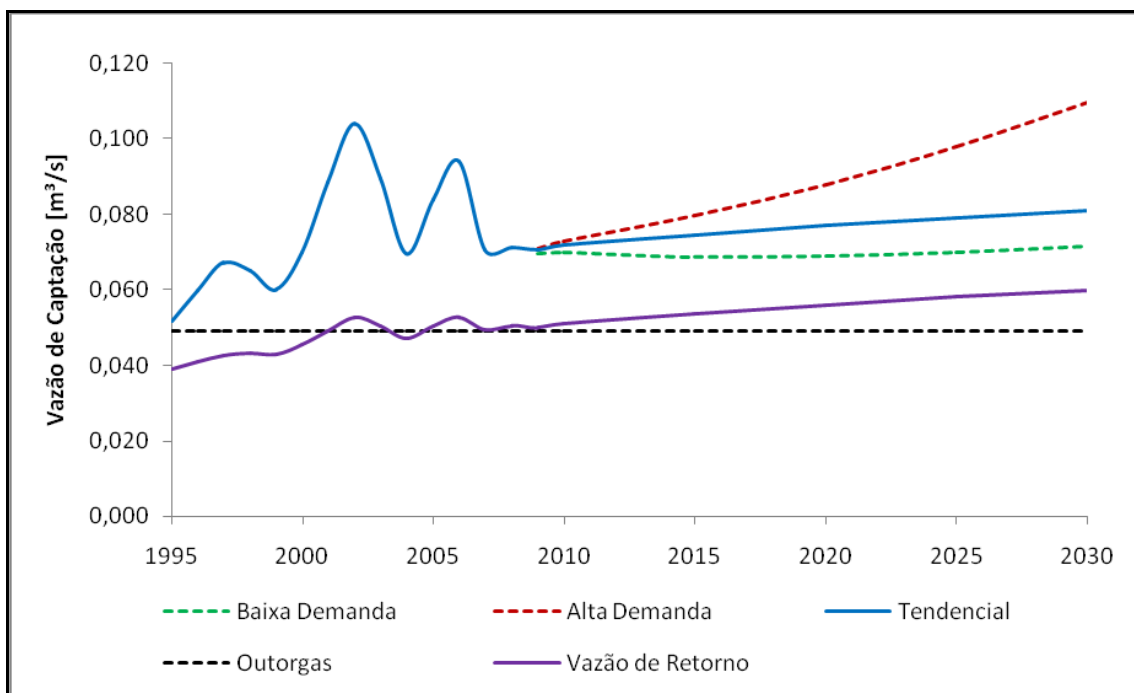


Figura 2.24: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão Parapatinga

Tabela 2.19: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão Parapatinga

ANO	ALTA DEMANDA [m ³ /s]	TENDENCIAL [m ³ /s]	BAIXA DEMANDA [m ³ /s]
1995	0,05	0,05	0,05
1996	0,06	0,06	0,06
1997	0,07	0,07	0,07
1998	0,07	0,07	0,07
1999	0,06	0,06	0,06
2000	0,07	0,07	0,07
2001	0,09	0,09	0,09
2002	0,10	0,10	0,10
2003	0,09	0,09	0,09
2004	0,07	0,07	0,07
2005	0,08	0,08	0,08
2006	0,09	0,09	0,09
2007	0,07	0,07	0,07
2008	0,07	0,07	0,07
2009	0,07	0,07	0,07
2010	0,07	0,07	0,07
2015	0,08	0,07	0,07
2020	0,09	0,08	0,07
2025	0,10	0,08	0,07
2030	0,11	0,08	0,07

2.3.5. Rio Canoas

Na evolução da demanda hídrica estimada para esta sub-bacia, observa-se a contribuição estável do abastecimento urbano, em contraponto ao decréscimo da vazão destinada à irrigação e o crescimento da vazão destinada à indústria. No ano de 1997, a irrigação foi responsável por 50% do total retirado, por conta da baixa precipitação. Por outro lado, o município de Guaranésia, cuja sede municipal localiza-se dentro dos limites da sub-bacia, correspondeu ao incremento da vazão captada pelo setor industrial (Figura 2.25).

Na cenarização observa-se que a vazão de demanda não ultrapassa o limite de outorga (Figura 2.26), com incrementos médios anuais variando de 0,2% a 0,6% ao ano, a partir de um valor inicial de 0,14 m³/s (Tabela 2.20). De forma geral, a sub-bacia apresenta uma contribuição média de 4,0% no total retirado na Unidade de Gestão GD6.

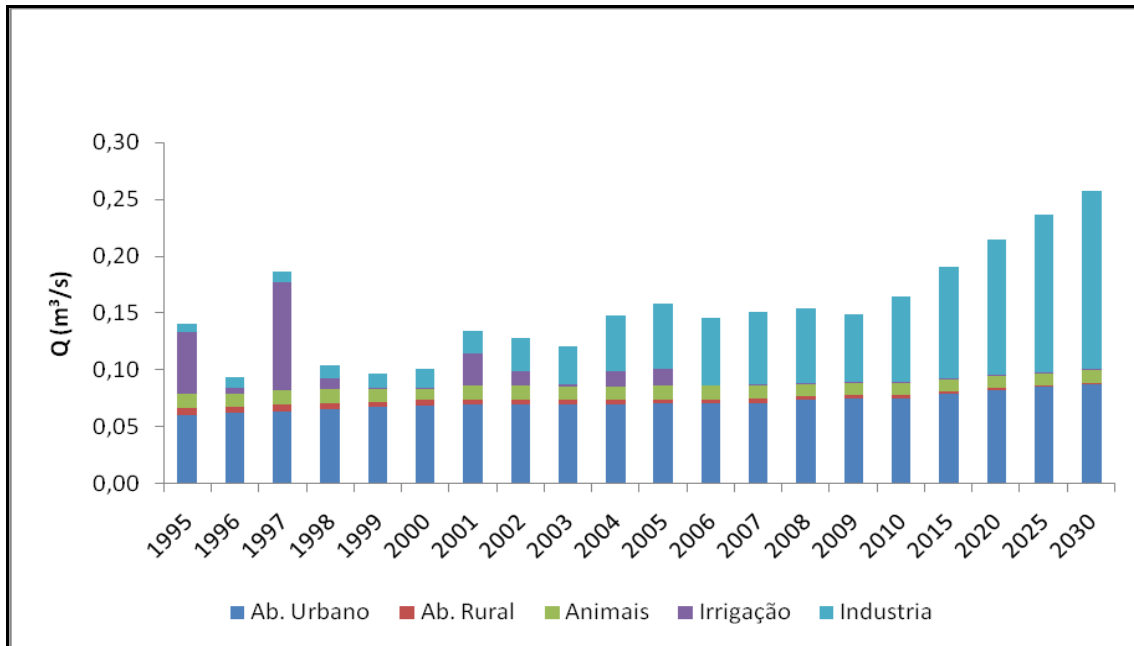


Figura 2.25: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Canoas

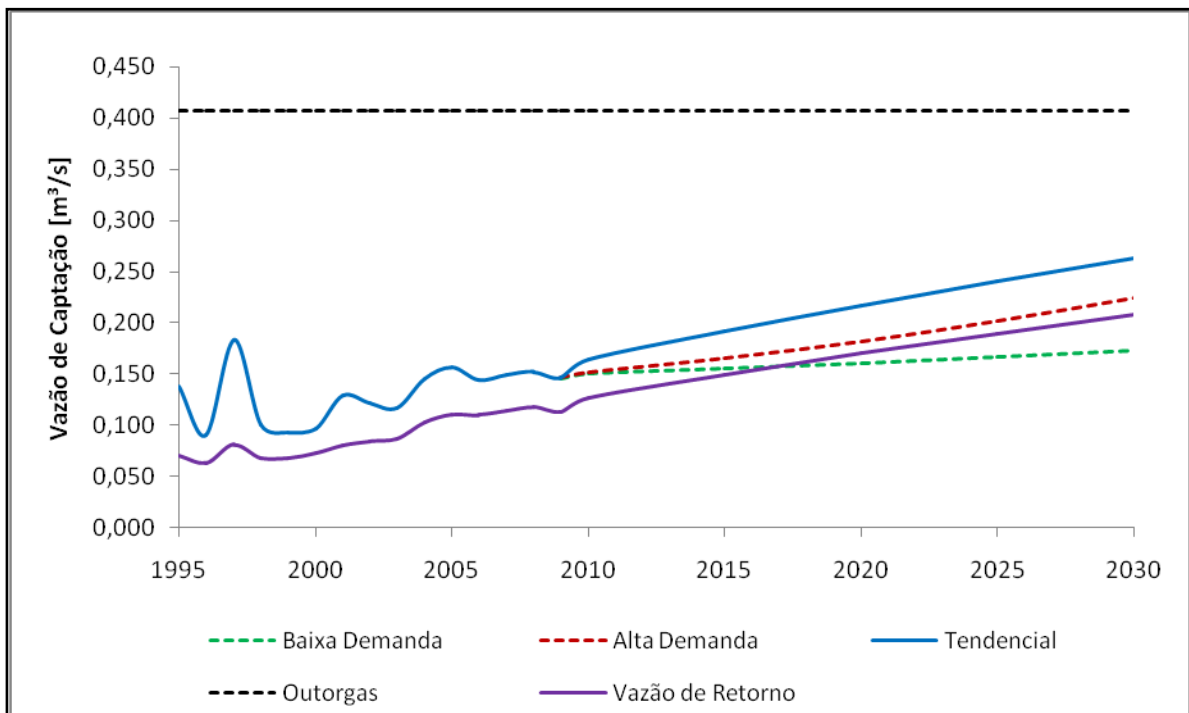


Figura 2.26: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Canoas

Tabela 2.20: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Canoas

ANO	ALTA DEMANDA [m³/s]	TENDENCIAL [m³/s]	BAIXA DEMANDA [m³/s]
1995	0,14	0,14	0,14
1996	0,09	0,09	0,09
1997	0,18	0,18	0,18
1998	0,10	0,10	0,10
1999	0,09	0,09	0,09
2000	0,10	0,10	0,10
2001	0,13	0,13	0,13
2002	0,12	0,12	0,12
2003	0,12	0,12	0,12
2004	0,15	0,15	0,15
2005	0,16	0,16	0,16
2006	0,14	0,14	0,14
2007	0,15	0,15	0,15
2008	0,15	0,15	0,15
2009	0,15	0,15	0,15
2010	0,15	0,16	0,15
2015	0,17	0,19	0,16
2020	0,18	0,22	0,16
2025	0,20	0,24	0,17
2030	0,22	0,26	0,17

2.3.6. Rio Capivari

Nesta sub-bacia, a irrigação responde por grande parte da demanda hídrica, por conta do intenso cultivo da batata de 2ª safra. Os anos de 1999, 2000 e 2002, são os anos que apresentam os maiores valores de demanda, devido o aumento da área plantada, observado principalmente no município de Ipuíuna, e diminuição da precipitação efetiva (Figura 2.27). A sub-bacia do Rio Capivari não apresenta sede municipal e, portanto o abastecimento urbano e industrial foram considerados nulos na sub-bacia, o que justifica a supremacia da irrigação e as modestas tendências de crescimento ou decréscimo na vazão captada (Figura 2.28). O limite de outorga não é excedido e a contribuição média da sub-bacia na demanda total da unidade de gestão chega a 3,0%.

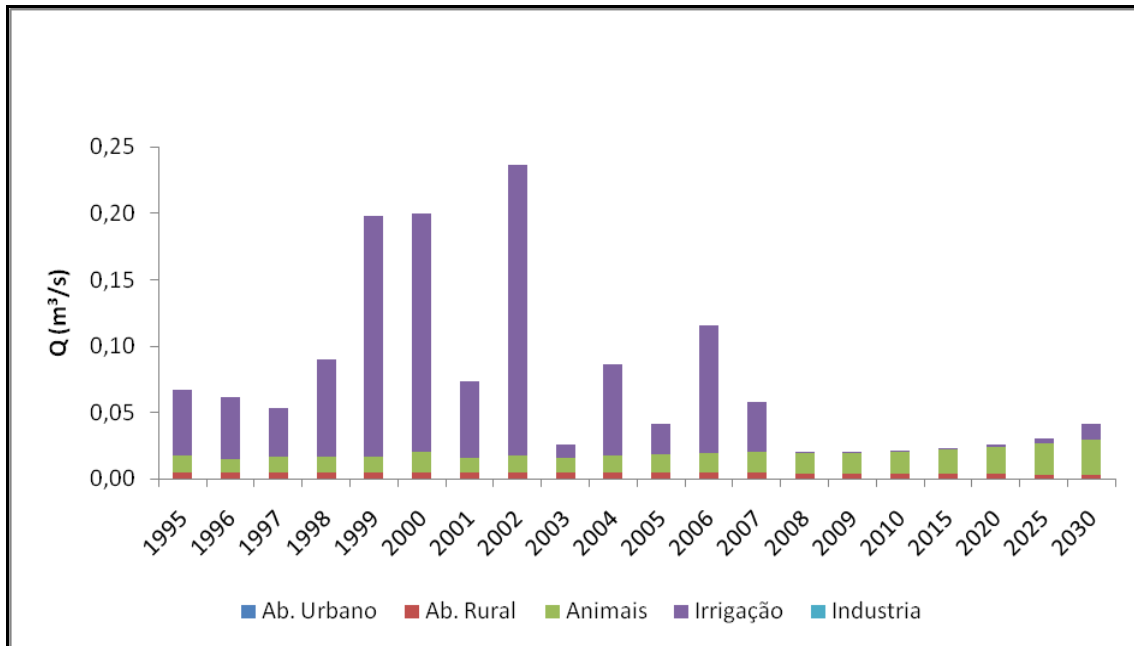


Figura 2.27: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Capivari

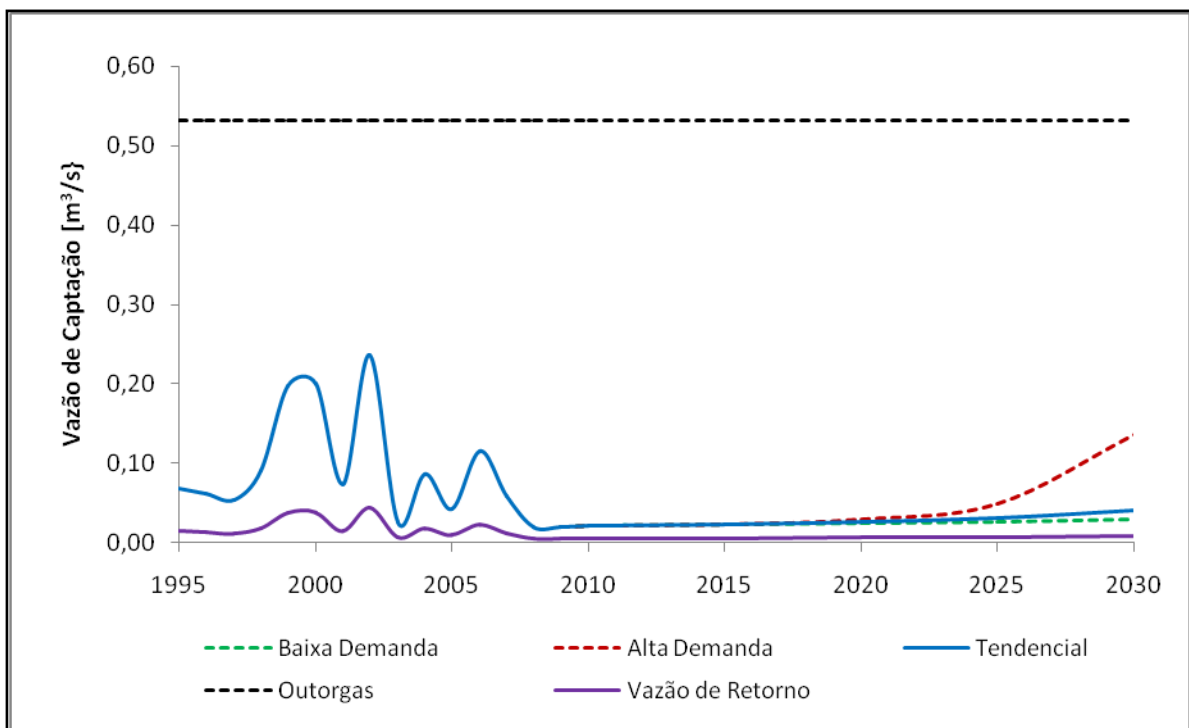


Figura 2.28: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Capivari

Tabela 2.21: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Capivari

ANO	ALTA DEMANDA [m³/s]	TENDENCIAL [m³/s]	BAIXA DEMANDA [m³/s]
1995	0,07	0,07	0,07
1996	0,06	0,06	0,06
1997	0,05	0,05	0,05
1998	0,09	0,09	0,09
1999	0,20	0,20	0,20
2000	0,20	0,20	0,20
2001	0,07	0,07	0,07
2002	0,24	0,24	0,24
2003	0,03	0,03	0,03
2004	0,09	0,09	0,09
2005	0,04	0,04	0,04
2006	0,12	0,12	0,12
2007	0,06	0,06	0,06
2008	0,02	0,02	0,02
2009	0,02	0,02	0,02
2010	0,02	0,02	0,02
2015	0,02	0,02	0,02
2020	0,03	0,03	0,02
2025	0,05	0,03	0,03
2030	0,14	0,04	0,03

2.3.7. Rio das Antas

A irrigação provoca grandes variações nos valores demanda hídrica, sendo que no ano de 1997 há um aumento significativo, devido à diminuição da precipitação efetiva nesse período, principalmente no mês de março. A única sede municipal dentro dos limites da sub-bacia é do município de Bueno Brandão, cujo setor industrial não correspondeu a elevados valores de demanda (Figura 2.29). A vazão de captação não ultrapassa o limite de outorga em nenhum cenário, que apresentaram taxas médias de crescimento de 1,75 % a 0,25% ao ano, partido de uma modesta vazão de 0,04 m³/s (Tabela 2.22). A sub-bacia do Rio das Antas contribui com 2,0% da demanda em relação ao total da unidade de gestão.

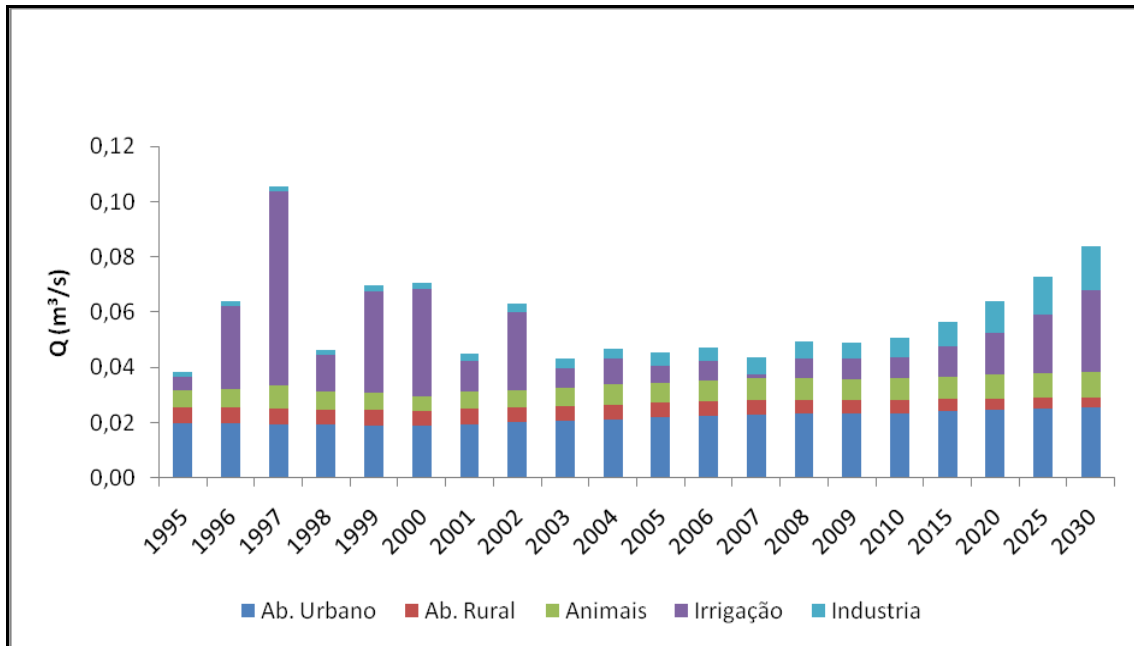


Figura 2.29: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio das Antas

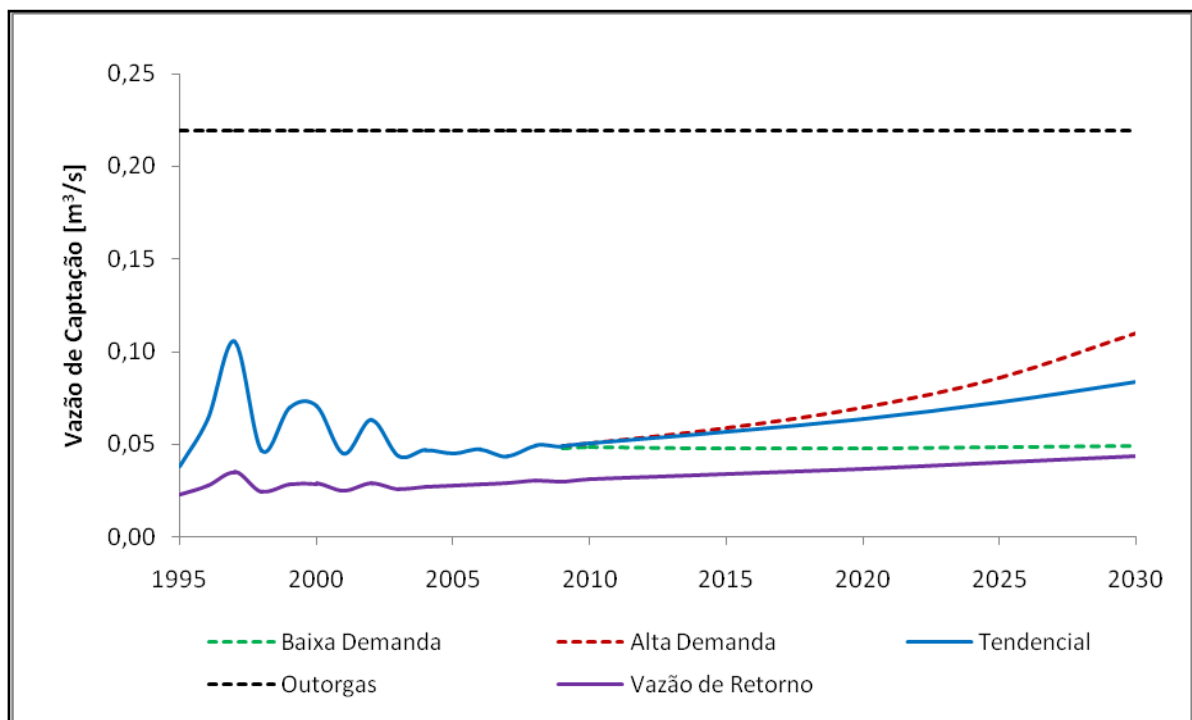


Figura 2.30: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio das Antas

Tabela 2.22: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio das Antas

ANO	ALTA DEMANDA	TENDENCIAL	BAIXA DEMANDA
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
1995	0,04	0,04	0,04
1996	0,06	0,06	0,06
1997	0,11	0,11	0,11
1998	0,05	0,05	0,05
1999	0,07	0,07	0,07
2000	0,07	0,07	0,07
2001	0,05	0,05	0,05
2002	0,06	0,06	0,06
2003	0,04	0,04	0,04
2004	0,05	0,05	0,05
2005	0,05	0,05	0,05
2006	0,05	0,05	0,05
2007	0,04	0,04	0,04
2008	0,05	0,05	0,05
2009	0,05	0,05	0,05
2010	0,05	0,05	0,05
2015	0,06	0,06	0,05
2020	0,07	0,06	0,05
2025	0,09	0,07	0,05
2030	0,11	0,08	0,05

2.3.8. Rio do Peixe

A irrigação é a grande responsável pela demanda hídrica da sub-bacia, apresentando aumentos em determinados anos: em 1997 e 1999, ocorre o aumento da área plantada e a diminuição da precipitação efetiva, para as culturas de batata de 2ª safra e arroz; para os anos de 2002 e 2006, ocorre à diminuição da precipitação efetiva para a cultura de batata de 2ª e 3ª safra. Apenas o município de Munhoz possui sede municipal dentro dos limites da sub-bacia, justificando o perfil observado na Figura 2.31 seguinte. A pequena variação na demanda hídrica entre 2010 e 2030, deve-se à irrigação e ao abastecimento industrial, mas que mesmo assim não ultrapassou os limites de outorga em nenhum cenário (Figura 2.32), contribuindo em média com 3,0% da demanda total da unida de gestão.

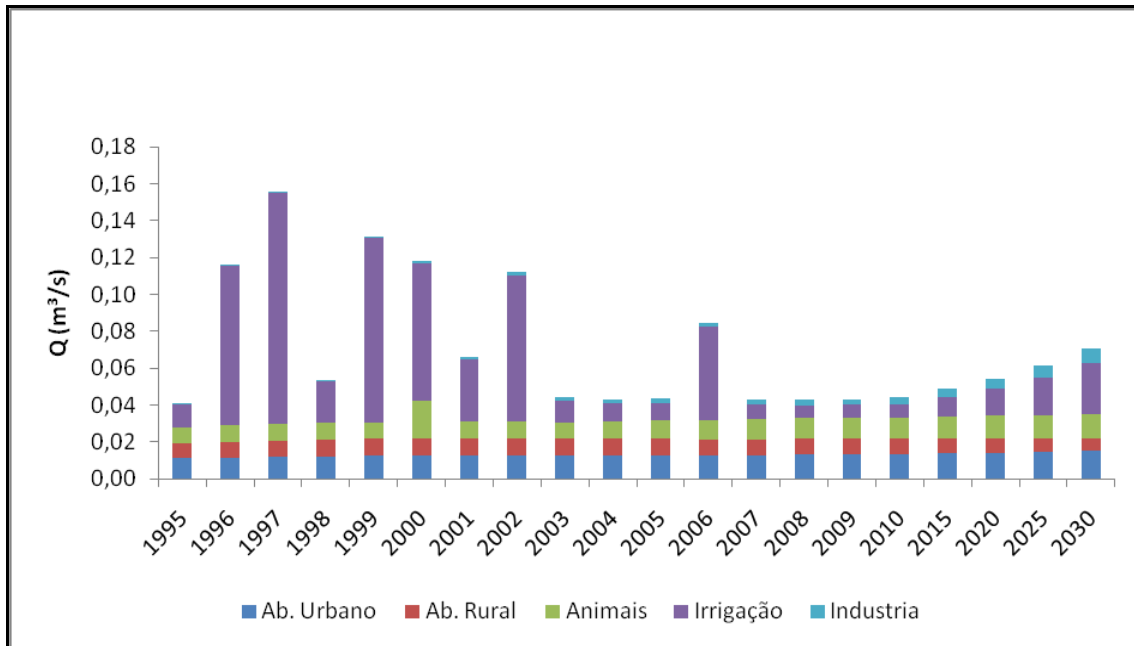


Figura 2.31: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio do Peixe

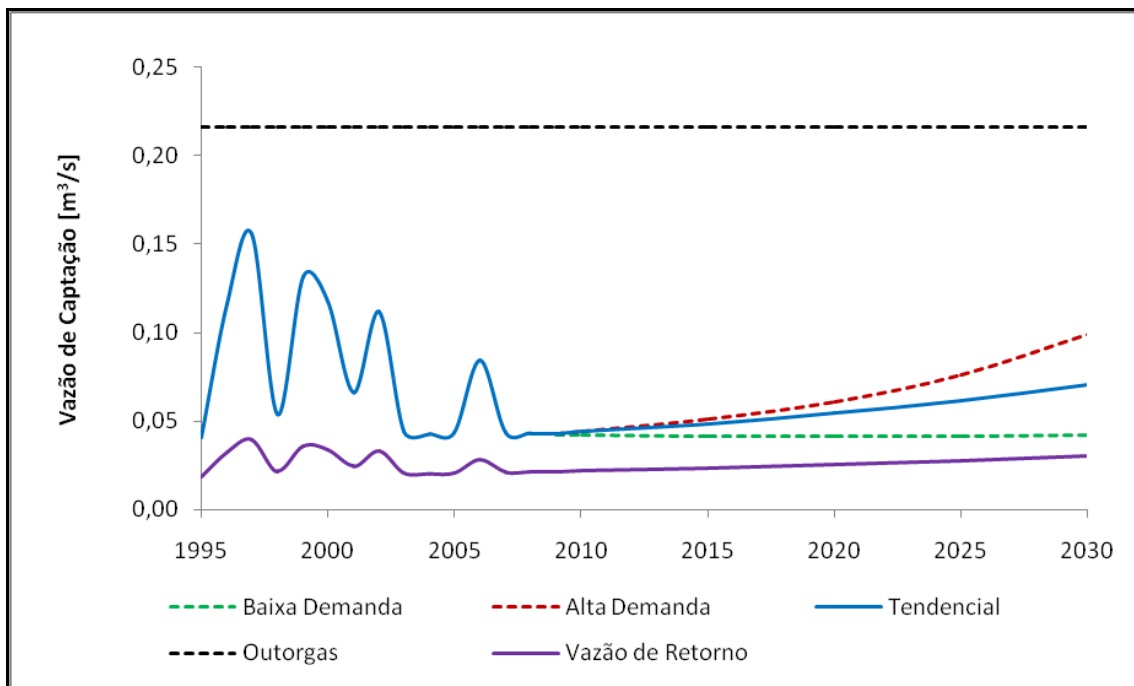


Figura 2.32: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio do Peixe

Tabela 2.23: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio do Peixe

ANO	ALTA DEMANDA [m ³ /s]	TENDENCIAL [m ³ /s]	BAIXA DEMANDA [m ³ /s]
1995	0,04	0,04	0,04
1996	0,12	0,12	0,12
1997	0,16	0,16	0,16
1998	0,05	0,05	0,05
1999	0,13	0,13	0,13
2000	0,12	0,12	0,12
2001	0,07	0,07	0,07
2002	0,11	0,11	0,11
2003	0,04	0,04	0,04
2004	0,04	0,04	0,04
2005	0,04	0,04	0,04
2006	0,08	0,08	0,08
2007	0,04	0,04	0,04
2008	0,04	0,04	0,04
2009	0,04	0,04	0,04
2010	0,04	0,04	0,04
2015	0,05	0,05	0,04
2020	0,06	0,05	0,04
2025	0,08	0,06	0,04
2030	0,10	0,07	0,04

2.3.9. Rio Eleutéria

Enquanto o abastecimento urbano apresenta um brando crescimento, a irrigação e o abastecimento industrial são os responsáveis pelas variações na demanda hídrica da sub-bacia. Com relação à irrigação, tem-se crescimento nos valores em determinados anos: em 1997 e 2002, ocorre aumento da área plantada para o cultivo de batata de 2^a e 3^a safras, e diminuição da precipitação efetiva. O município de Monte Sião tem a sede municipal na sub-bacia, o que justifica a tendência de crescimento observada nos valores de demanda do abastecimento industrial e irrigação, entre 2010 e 2030. Observa-se que a vazão de captação não ultrapassa o limite de outorga e a contribuição no total da sub-bacia na demanda hídrica da unidade de gestão é, em média, de 4,0%.

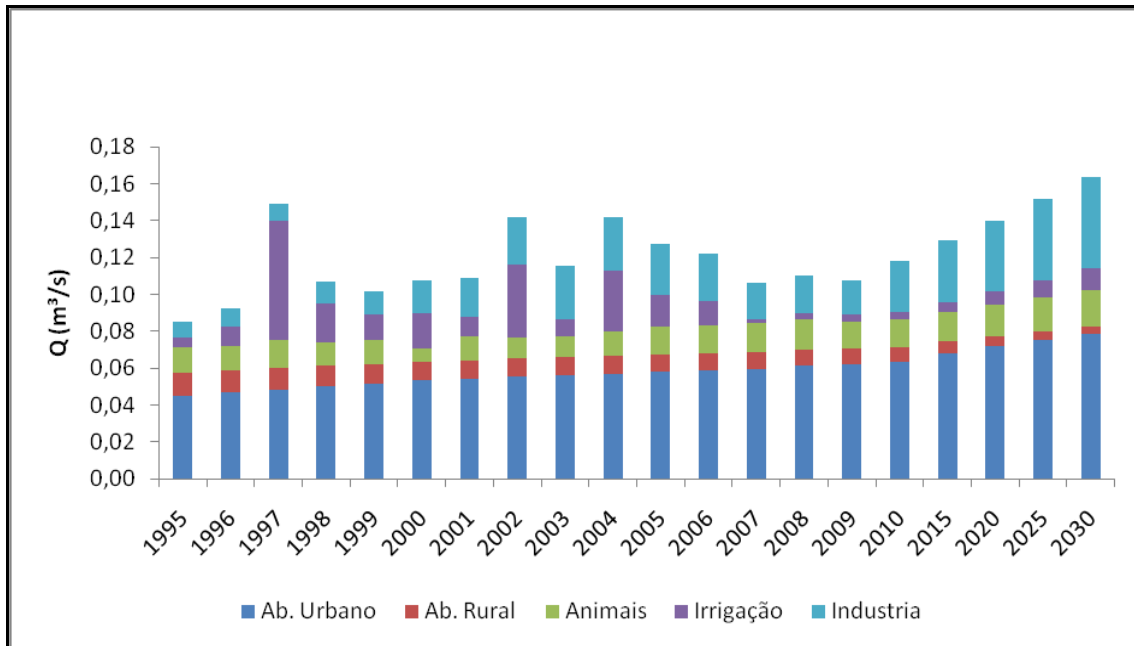


Figura 2.33: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Eleutéria

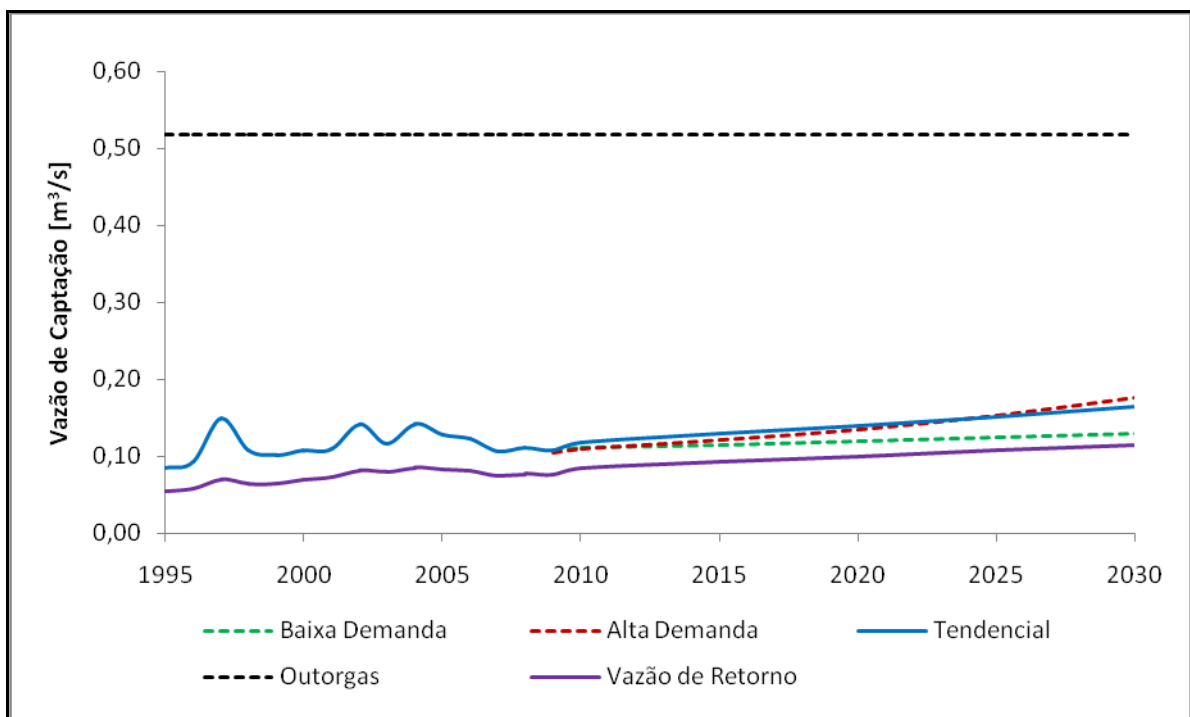


Figura 2.34: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Eleutéria

Tabela 2.24: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Eleutéria

ANO	ALTA DEMANDA [m ³ /s]	TENDENCIAL [m ³ /s]	BAIXA DEMANDA [m ³ /s]
1995	0,09	0,09	0,09
1996	0,09	0,09	0,09
1997	0,15	0,15	0,15
1998	0,10	0,11	0,11
1999	0,10	0,10	0,10
2000	0,10	0,11	0,11
2001	0,11	0,11	0,11
2002	0,14	0,14	0,14
2003	0,11	0,12	0,12
2004	0,14	0,14	0,14
2005	0,12	0,13	0,13
2006	0,12	0,12	0,12
2007	0,10	0,11	0,11
2008	0,11	0,11	0,11
2009	0,10	0,11	0,11
2010	0,11	0,12	0,11
2015	0,12	0,13	0,11
2020	0,13	0,14	0,12
2025	0,15	0,15	0,12
2030	0,18	0,16	0,13

2.3.10. Rio Jaguari-Mirim

A irrigação e o abastecimento industrial são os responsáveis pelas variações na demanda hídrica da sub-bacia. No ano de 1997, a irrigação apresentou um aumento devido à maior área de plantação de batata de 2ª safra e a menor precipitação efetiva, principalmente no mês de março. A partir do ano de 2002, a indústria apresentou aumento em seus valores, devido ao aumento da produção industrial de Andradas, que tem sua sede municipal dentro

da sub-bacia. Entre os anos de 2010 e 2030 observa-se uma tendência de aumento no crescimento dos valores, em relação ao abastecimento industrial e irrigação, mesmo assim, a vazão de captação não registraria ultrapassagens no limite de outorga em nenhum dos cenários e a sub-bacia do Rio Jaguari-Mirim contribui com 7,0% da demanda total na unidade de gestão.

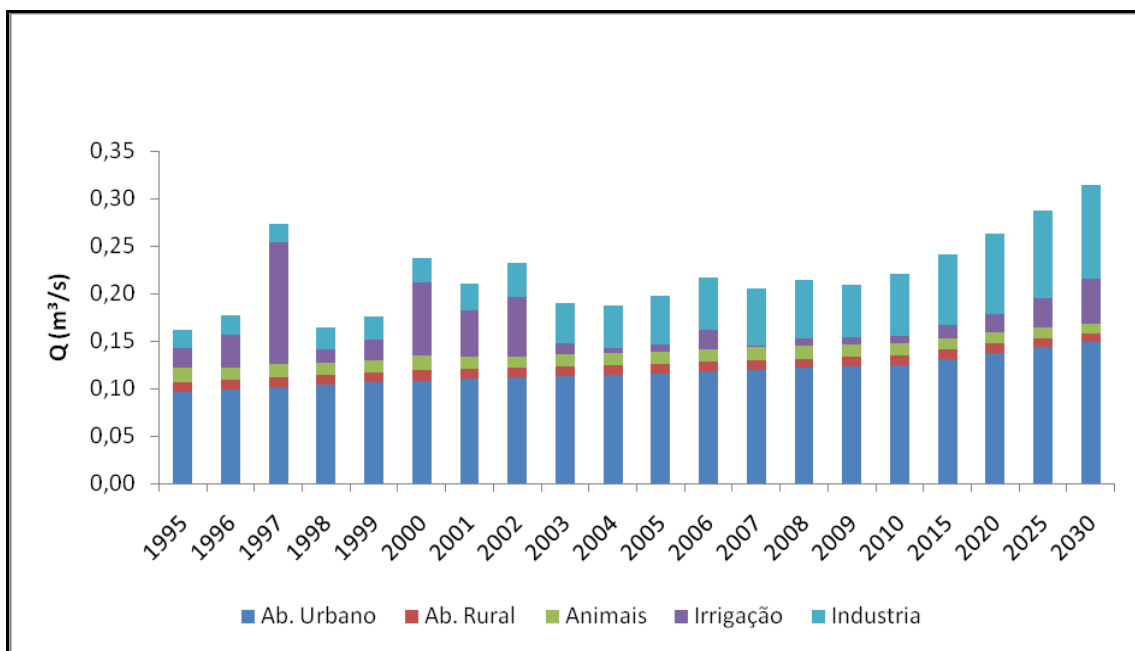


Figura 2.35: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Jaguari-Mirim

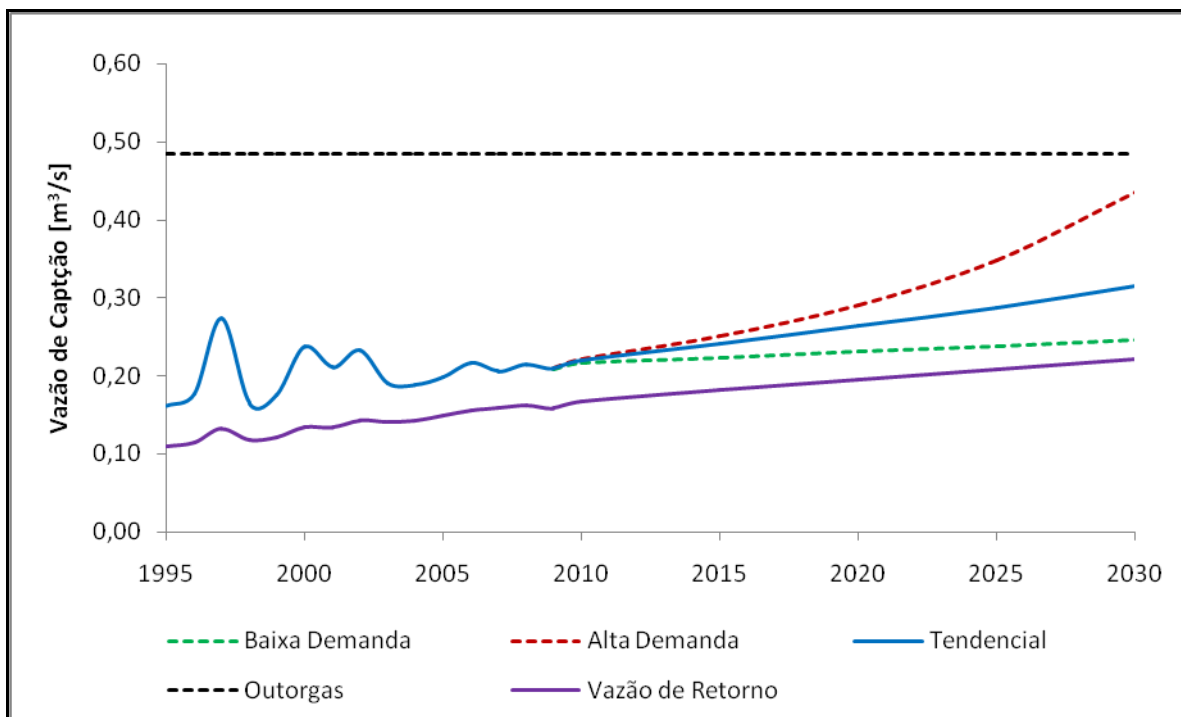


Figura 2.36: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Jaguari-Mirim

Tabela 2.25: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Jaguari-Mirim

ANO	ALTA DEMANDA [m³/s]	TENDENCIAL [m³/s]	BAIXA DEMANDA [m³/s]
1995	0,16	0,16	0,16
1996	0,18	0,18	0,18
1997	0,27	0,27	0,27
1998	0,16	0,16	0,16
1999	0,18	0,18	0,18
2000	0,24	0,24	0,24
2001	0,21	0,21	0,21
2002	0,23	0,23	0,23
2003	0,19	0,19	0,19
2004	0,19	0,19	0,19
2005	0,20	0,20	0,20
2006	0,22	0,22	0,22
2007	0,21	0,21	0,21
2008	0,21	0,21	0,21
2009	0,21	0,21	0,21
2010	0,22	0,22	0,22
2015	0,25	0,24	0,22
2020	0,29	0,26	0,23
2025	0,35	0,29	0,24
2030	0,43	0,31	0,25

2.3.11. Rio Mogi-Guaçu

Esta sub-bacia abrange o maior número de sedes municipais, totalizando seis: Albertina, Bom Repouso, Inconfidentes, Jacutinga, Ouro Fino e Tocos do Moji, mesmo assim, por conta da grande área de drenagem, os cenários não registram ultrapassagens nos limites de outorga, mesmo assim contribui, em média, com 15,0% da demanda total da unidade de gestão, representado a segunda maior contribuição na bacia estudada (Figura 2.38).

A irrigação e o abastecimento industrial apresentam variações em seus valores. Um aumento na demanda industrial ocorre a partir do ano de 2002, devido ao aumento da produção industrial dos municípios. A oscilação na irrigação, nos anos de 1997, 1999 e 2002 deve-se ao aumento da área plantada de batata de 2ª e 3ª safras, e diminuição da precipitação efetiva no período. O incremento anual médio na demanda hídrica aumento entre os anos de 1995 e 2030 foi 1,33% a 0,39% respectivamente para os cenários de alta demanda a baixa demanda (Tabela 2.26).

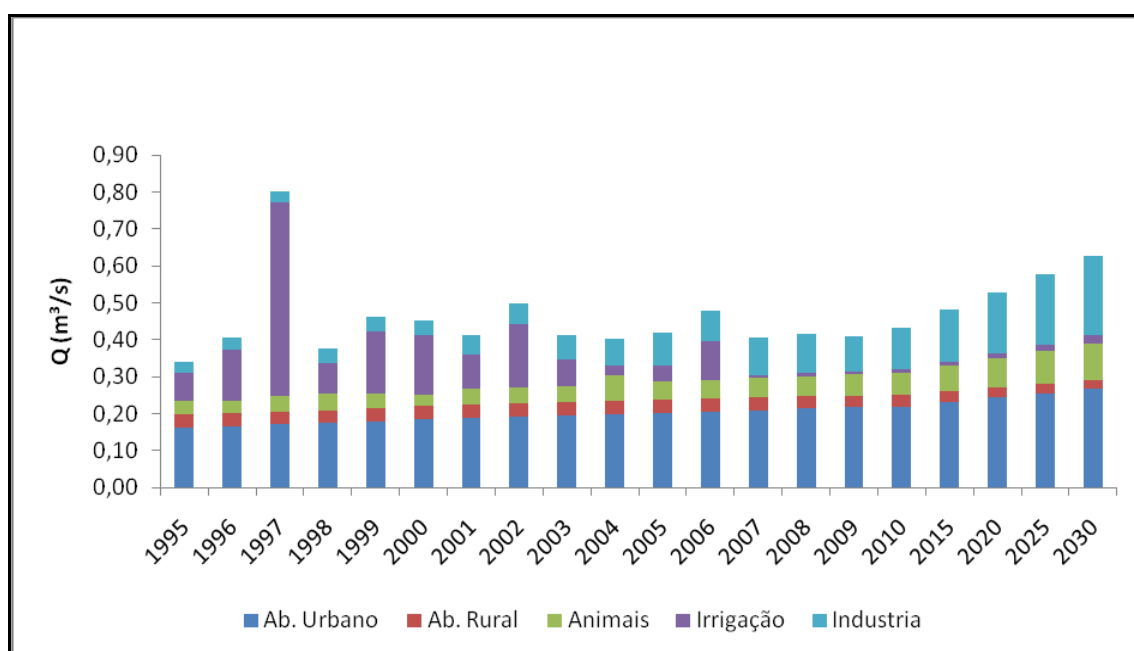


Figura 2.37: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Mogi-Guaçu

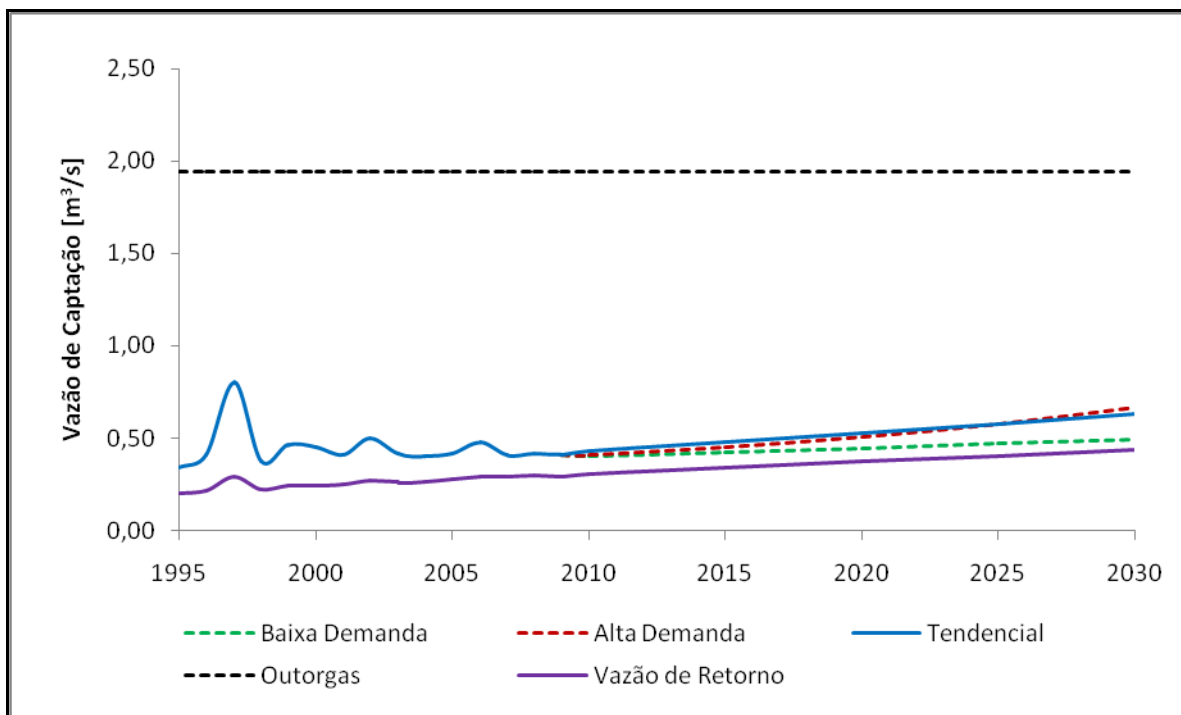


Figura 2.38: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu

Tabela 2.26: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu

ANO	ALTA DEMANDA [m³/s]	TENDENCIAL [m³/s]	BAIXA DEMANDA [m³/s]
1995	0,36	0,34	0,34
1996	0,43	0,41	0,41
1997	0,82	0,80	0,80
1998	0,40	0,38	0,38
1999	0,49	0,46	0,46
2000	0,48	0,45	0,45
2001	0,45	0,41	0,41
2002	0,54	0,50	0,50
2003	0,46	0,41	0,41
2004	0,45	0,40	0,40
2005	0,48	0,42	0,42
2006	0,53	0,48	0,48
2007	0,50	0,41	0,41
2008	0,51	0,41	0,41
2009	0,49	0,41	0,41
2010	0,50	0,43	0,40
2015	0,56	0,48	0,42
2020	0,64	0,53	0,44
2025	0,73	0,58	0,47
2030	0,84	0,63	0,50

2.3.12. Rio Pardo

A irrigação é a grande responsável pela demanda hídrica da sub-bacia nos primeiros anos, por conta da expressiva área plantada de batata de 2ª safra. Os municípios com sedes municipais dentro da sub-bacia são Bandeira do Sul e Ipuíuna, que mesmo assim não garantiram incrementos consideráveis no abastecimento industrial e urbano, apresentando valores maiores que nas outras sub-bacias referentes ao abastecimento rural. A vazão de captação não ultrapassa o limite de outorga em nenhum dos cenários durante a projeção e a contribuição média é de 7,0% com relação ao total. O incremento anual médio da vazão de captação varia de -0,12% a 0,59%, entre os cenários de alta e baixa demanda.

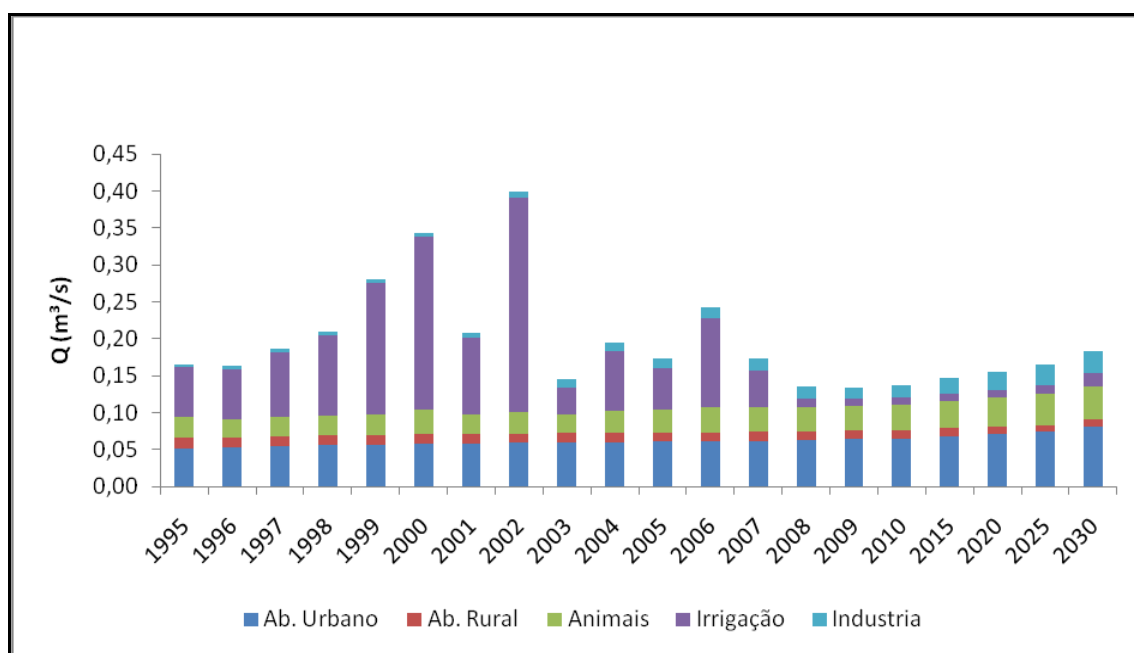


Figura 2.39: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso

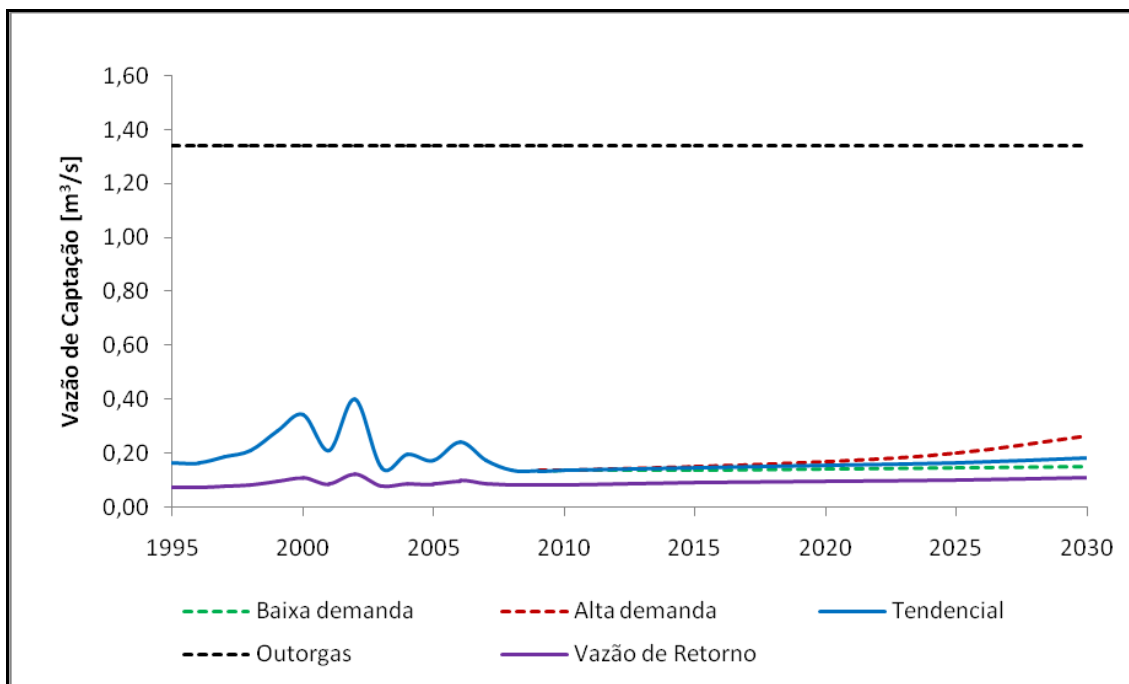


Figura 2.40: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Pardo

Tabela 2.27: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Pardo

ANO	ALTA DEMANDA [m³/s]	TENDENCIAL [m³/s]	BAIXA DEMANDA [m³/s]
1995	0,17	0,17	0,17
1996	0,16	0,16	0,16
1997	0,19	0,19	0,19
1998	0,21	0,21	0,21
1999	0,28	0,28	0,28
2000	0,34	0,34	0,34
2001	0,21	0,21	0,21
2002	0,40	0,40	0,40
2003	0,14	0,14	0,14
2004	0,19	0,19	0,19
2005	0,17	0,17	0,17
2006	0,24	0,24	0,24
2007	0,17	0,17	0,17
2008	0,14	0,14	0,14
2009	0,14	0,13	0,13
2010	0,14	0,14	0,14
2015	0,15	0,15	0,14
2020	0,17	0,16	0,14
2025	0,20	0,17	0,15
2030	0,27	0,18	0,15

2.3.13. Rio Verde

Enquanto o abastecimento urbano e industrial corresponde a um leve crescimento na demanda, a irrigação, que provocou oscilações nos primeiros anos, tem sua contribuição praticamente anulada nos anos posteriores (Figura 2.41).

Esta sub-bacia localiza-se dentro dos limites municipais de Caldas, onde o cultivo de batata 2ª safra é expressivo, justificando as variações na vazão destinada à irrigação, que associa-se à área plantada e à precipitação efetiva.

A vazão de captação não ultrapassa o limite de outorga em nenhum dos cenários durante a projeção, que resultaram em incrementos anuais de 0,2% a 0,6%, a partir de uma vazão de 0,05 m³/s. A sub-bacia do Rio Verde contribui em média com 2,0% da demanda total, quando comparado com a unidade de gestão.

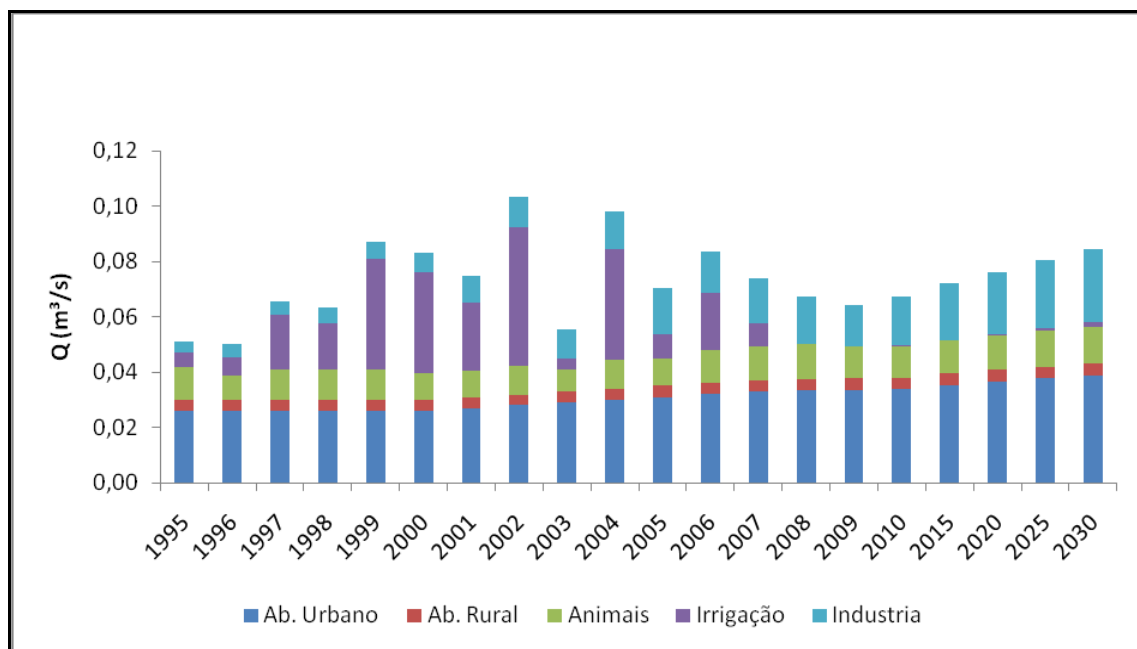


Figura 2.41: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Verde

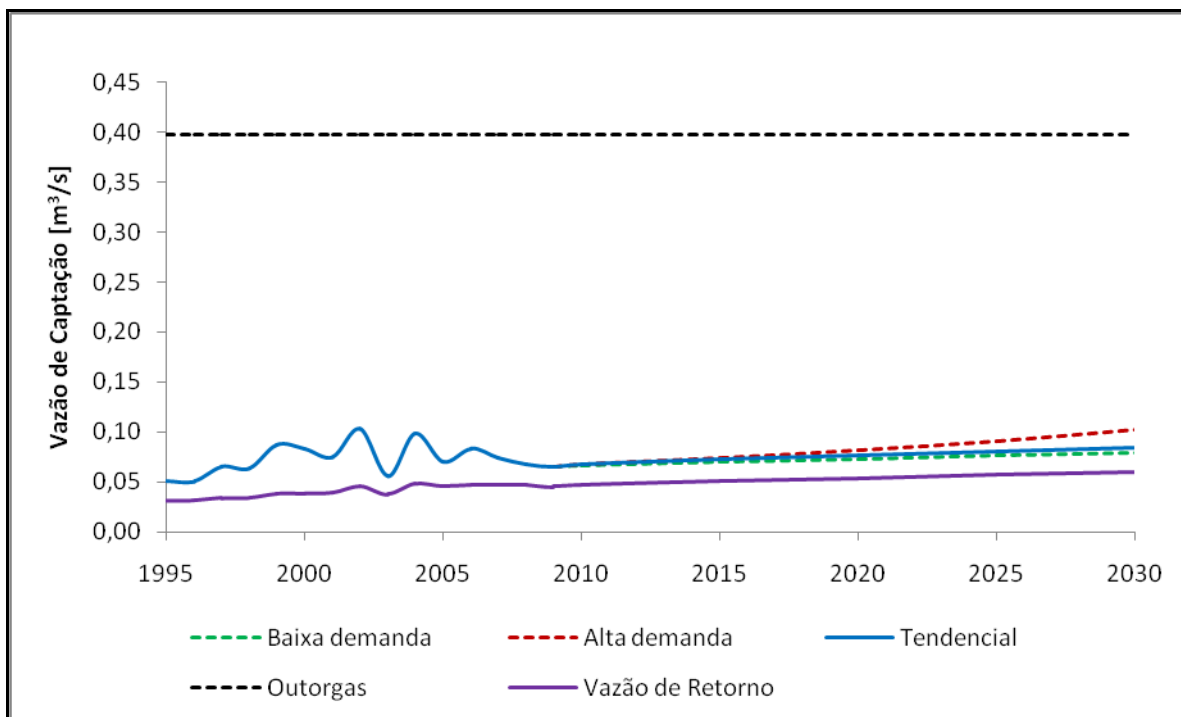


Figura 2.42: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Verde

Tabela 2.28: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Verde

ANO	ALTA DEMANDA [m³/s]	TENDENCIAL [m³/s]	BAIXA DEMANDA [m³/s]
1995	0,05	0,05	0,05
1996	0,05	0,05	0,05
1997	0,07	0,07	0,07
1998	0,06	0,06	0,06
1999	0,09	0,09	0,09
2000	0,08	0,08	0,08
2001	0,07	0,07	0,07
2002	0,10	0,10	0,10
2003	0,06	0,06	0,06
2004	0,10	0,10	0,10
2005	0,07	0,07	0,07
2006	0,08	0,08	0,08
2007	0,07	0,07	0,07
2008	0,07	0,07	0,07
2009	0,06	0,06	0,06
2010	0,07	0,07	0,05
2015	0,07	0,07	0,05
2020	0,07	0,08	0,05
2025	0,08	0,08	0,06
2030	0,08	0,08	0,06

3. ESTIMATIVAS DE CARGAS POLUIDORAS POR CENÁRIOS

A partir dos resultados da quantificação da demanda hídrica, apresentados no segundo capítulo deste prognóstico, foram estimadas para cada sub-bacia as cargas poluidoras potenciais por tipo de uso e cenários analisados para o período de 2010 a 2030.

Para as vazões de retorno oriundas do abastecimento humano, multiplicaram-se as vazões captadas da área urbana e da área rural pelos coeficientes de retorno (0,85 e 0,5, respectivamente), somando-se os produtos. Foi também estimada a vazão de retorno da irrigação nos três cenários utilizando-se o coeficiente 0,181. Assim como na quantificação da demanda hídrica, considerou-se que a dessedentação de animais não possui variação entre os cenários, logo foi estimada somente para o cenário tendencial.

A carga poluidora potencial presente nos esgotos sanitários gerados foi avaliada a partir das demandas calculadas. Foram adotadas as concentrações típicas nos esgotos sanitários das variáveis demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, sólidos totais e coliformes termotolerantes, respectivamente, 300 mg/L, 7 mg/L, 1100 mg/L e $3,16 \times 10^{11}$ org/100 mL (Von Sperling, 2005).

Com relação à dessedentação de animais, supôs-se que toda a demanda de água referiu-se à pecuária leiteira, produzindo uma vazão equivalente de efluentes líquidos. No cálculo da carga potencial foi aplicada a concentração média de demanda bioquímica de oxigênio das águas residuárias de sala de ordenha de criatórios confinados de vacas leiteiras, igual a 1.335 mg/L (Von Sperling, 2005).

Para irrigação considerou-se a contribuição unitária típica de fósforo total por drenagem pluvial de áreas agrícolas, igual a 50 kg/km².ano (Von Sperling, 2007). Vale ressaltar

que esse valor pode apresentar ampla variabilidade, dependendo da capacidade de retenção do solo, tipo de irrigação e fertilização da cultura e condições climáticas.

Quanto ao ramo industrial não foi possível obter diretamente a carga gerada ou mesmo efetuar a sua estimativa. Portanto, optou-se por não apresentar as cargas potenciais desse ramo produtivo.

Da Figura 3.1 à Figura 3.4 apresentam-se as estimativas da carga potencial dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD6 durante o período de 2010 a 2030, caracterizando os aportes de demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, sólidos totais e coliformes termotolerantes, respectivamente.

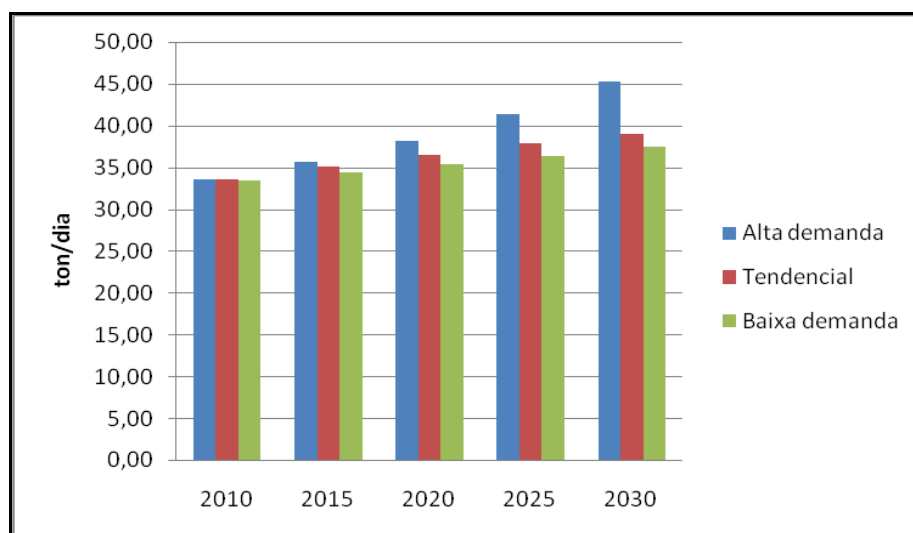


Figura 3.1: Estimativa carga potencial de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD6

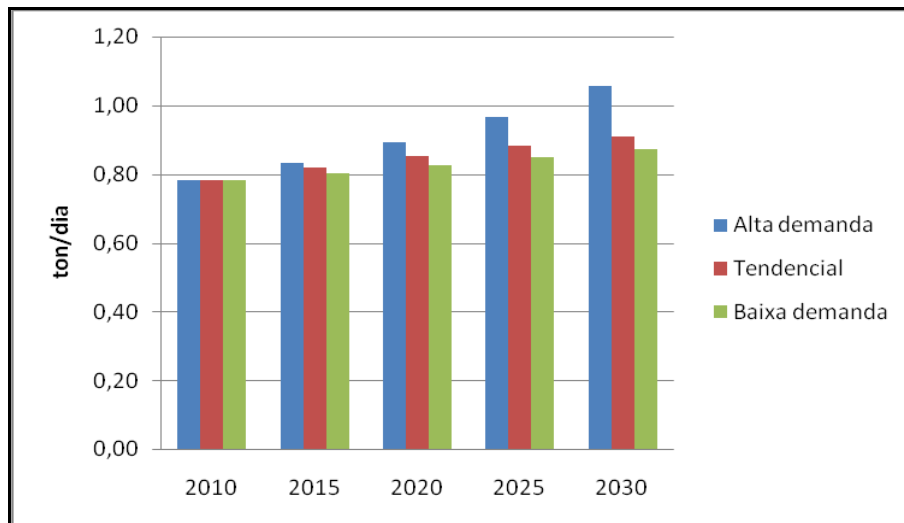


Figura 3.2: Estimativa carga potencial de fósforo total dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD6

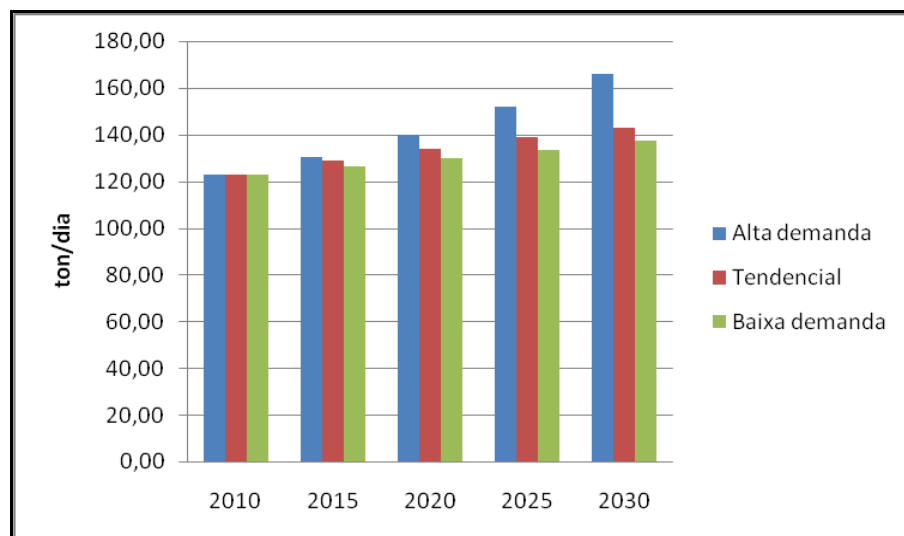


Figura 3.3: Estimativa carga potencial de sólidos totais dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD6

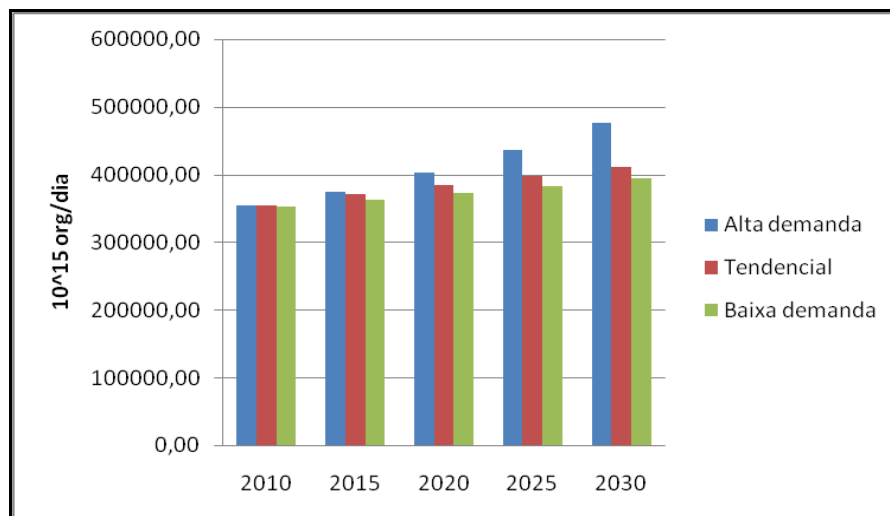


Figura 3.4: Estimativa carga potencial de coliformes termotolerantes dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD6

Observa-se uma suave tendência de crescimento das cargas potenciais estimadas entre 2010 e 2030 para as variáveis avaliadas. As magnitudes dos valores mostraram-se maiores para o cenário de alta demanda, seguido do tendencial e por último o de baixa demanda. Ademais, as cargas diárias estimadas foram substanciais para todas as variáveis, apontando para a necessidade de remoção de matérias orgânica e microbiológica, nutrientes e sólidos dos esgotos sanitários de forma a melhorar e manter a qualidade das águas da bacia. Algumas alternativas são apresentadas neste prognóstico.

A abordagem por sub-bacia é apresentada na Figura 3.5 até a Figura 3.16. Em todos os cenários, a sub-bacia do Rio Lambari destacou-se em relação à carga potencial estimada das variáveis consideradas nos esgotos sanitários, devido à grande concentração populacional na cidade de Poços de Caldas. As sub-bacias do Rio Mogi-Guaçu e Rio Jaguari-Mirim também se diferenciam das restantes, pois o Rio Mogi-Guaçu abastece vários municípios e o Rio Jaguari-Mirim abastece a cidade de Andradadas.

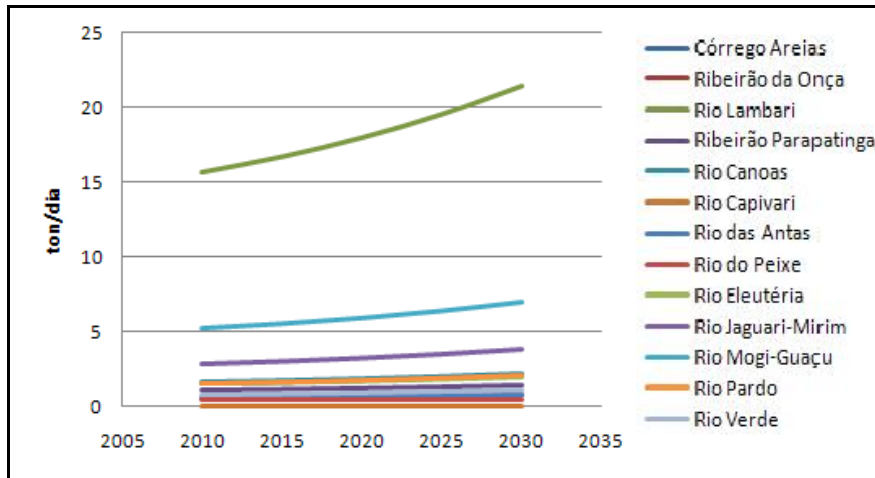


Figura 3.5: Estimativa da carga potencial de DBO nos esgotos sanitários por sub-bacia - Cenário de Alta Demanda

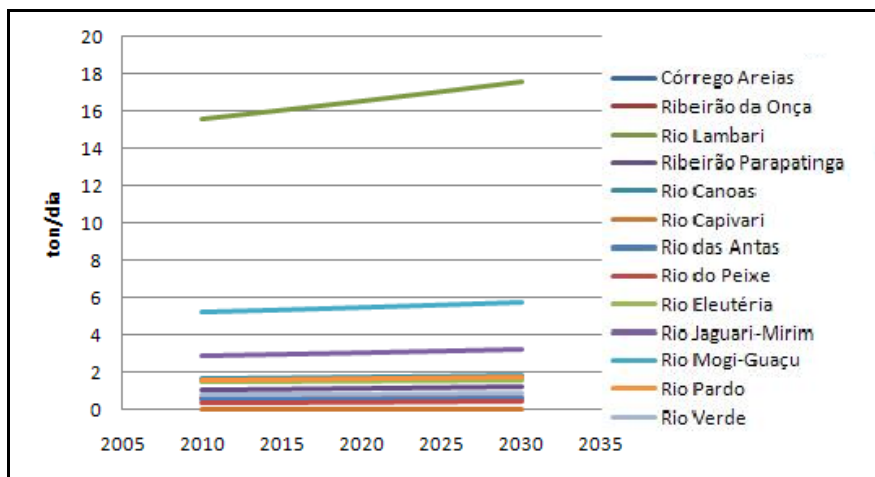


Figura 3.6: Estimativa da carga potencial de DBO nos esgotos sanitários por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda

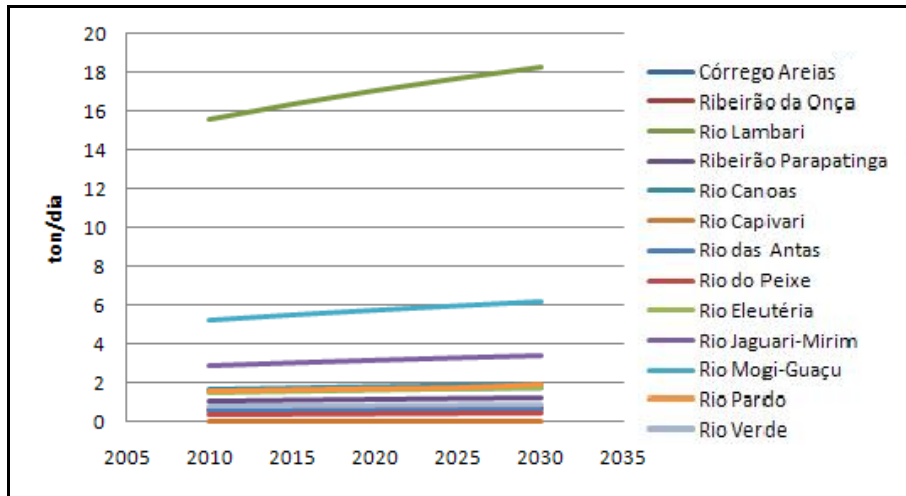


Figura 3.7: Estimativa da carga potencial de DBO nos esgotos sanitários por sub-bacia - Cenário Tendencial

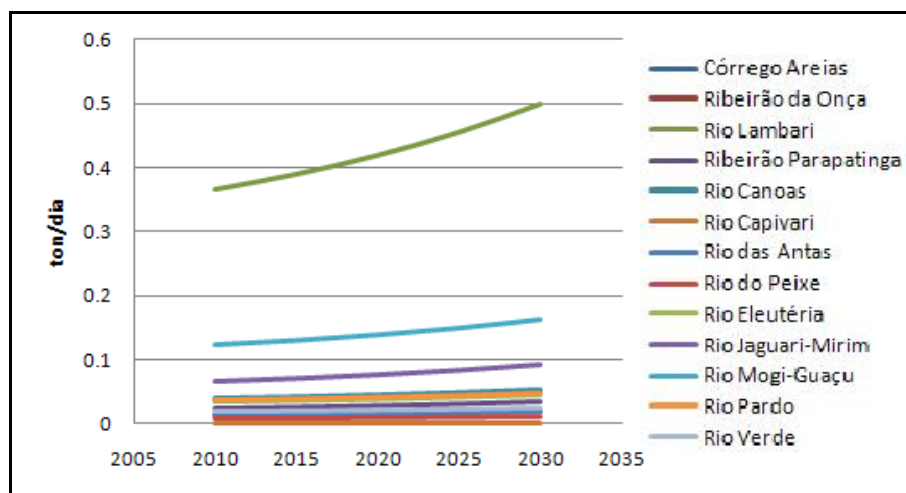


Figura 3.8: Estimativa da carga potencial de fósforo total por sub-bacia - Cenário de Alta Demanda

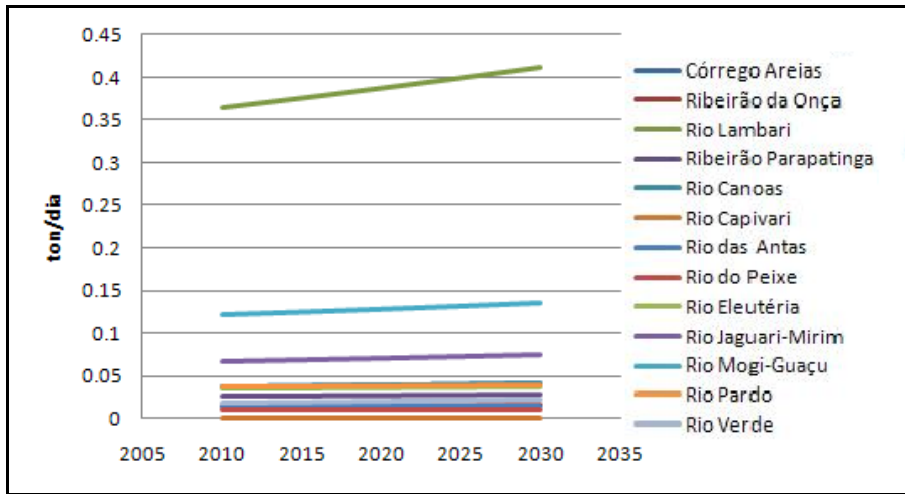


Figura 3.9: Estimativa da carga potencial de fósforo total por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda

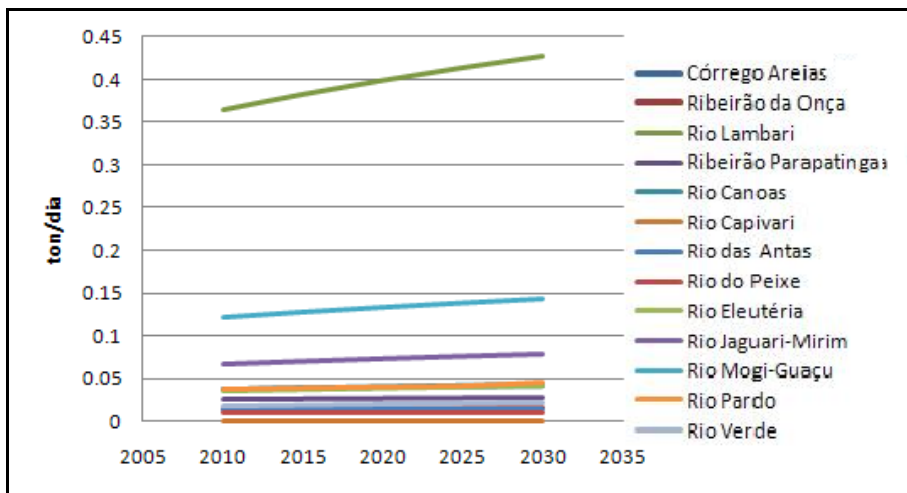


Figura 3.10: Estimativa da carga potencial de fósforo total por sub-bacia - Cenário Tendencial

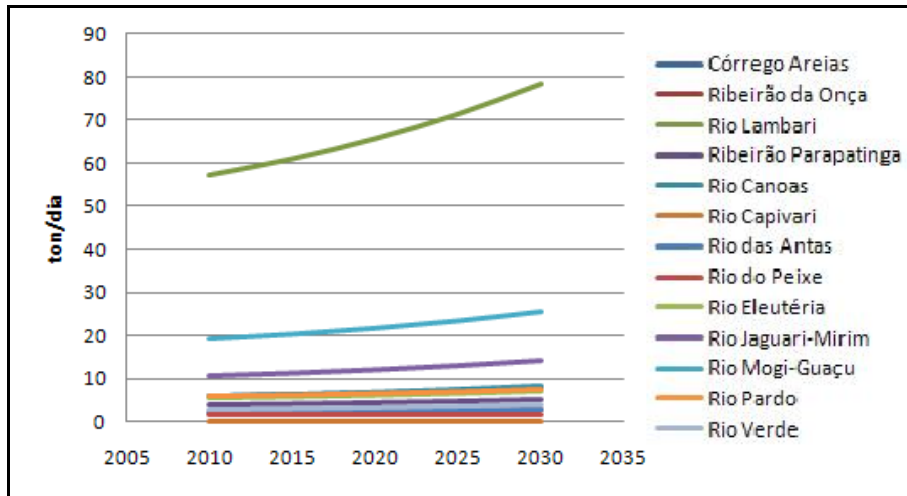


Figura 3.11: Estimativa da carga potencial de sólidos totais por sub-bacia - Cenário de Alta Demanda

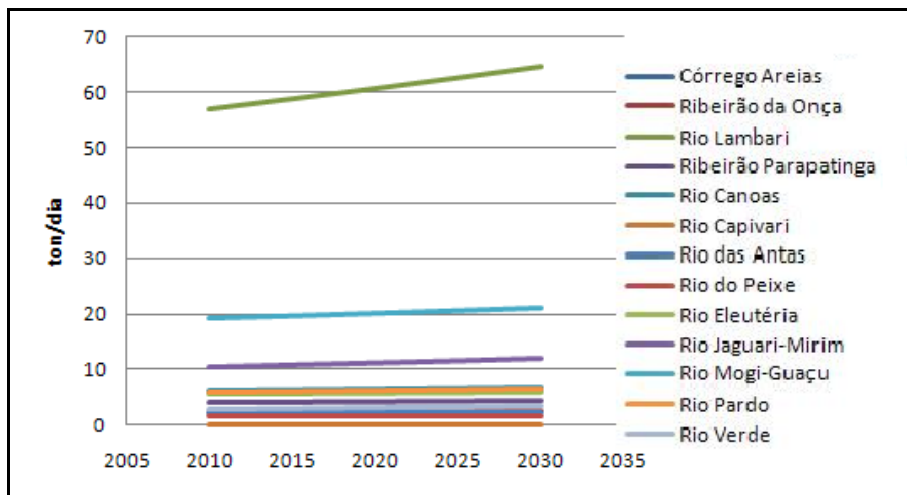


Figura 3.12: Estimativa da carga potencial de sólidos totais por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda

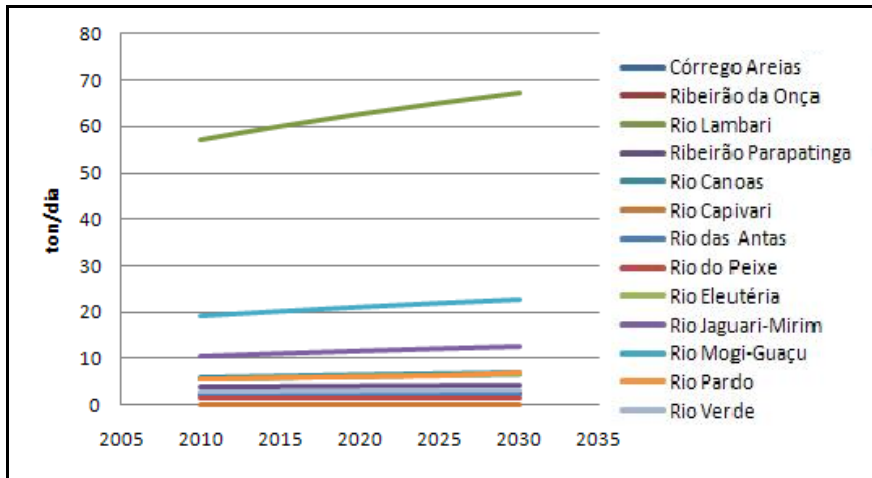


Figura 3.13: Estimativa da carga potencial de sólidos totais por sub-bacia - Cenário Tendencial

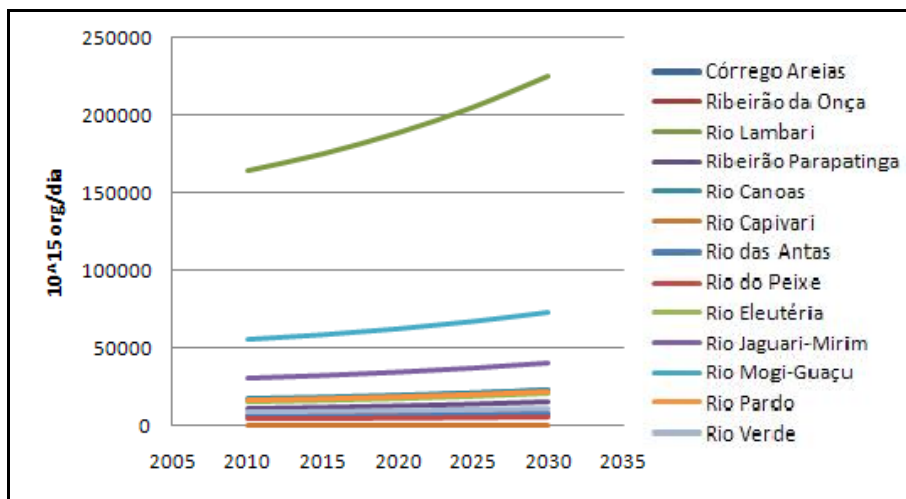


Figura 3.14: Estimativa da carga potencial de coliformes termotolerantes por sub-bacia - Cenário de Alta Demanda

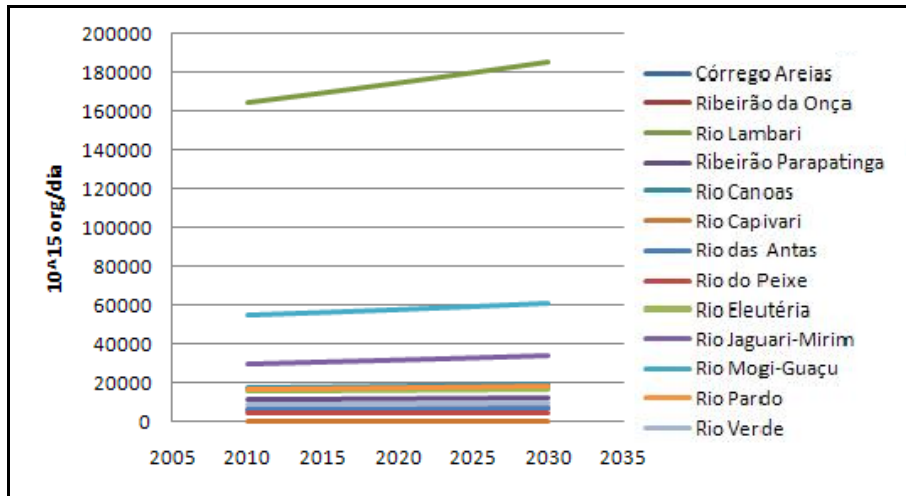


Figura 3.15: Estimativa da carga potencial de coliformes termotolerantes por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda

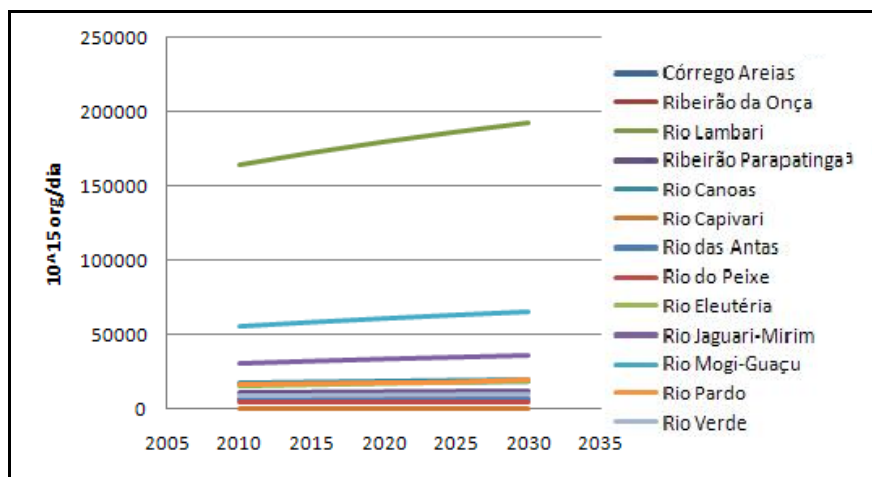


Figura 3.16: Estimativa da carga potencial de coliformes termotolerantes por sub-bacia - Cenário Tendencial

No setor pecuário (Figura 3.17 e Figura 3.18), destacaram-se as sub-bacias do Rio Mogi-Guaçu, Rio Pardo e Rio Capivari, uma vez que seus municípios apresentaram dados de rebanho mais relevantes no censo agropecuário.

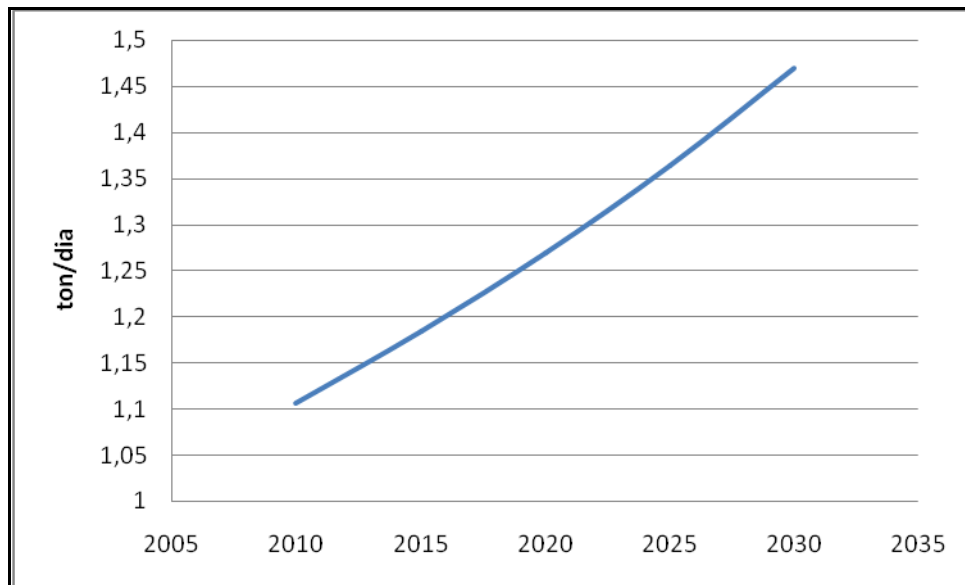


Figura 3.17: Estimativa carga potencial de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) proveniente da pecuária na bacia da Unidade de Gestão GD6

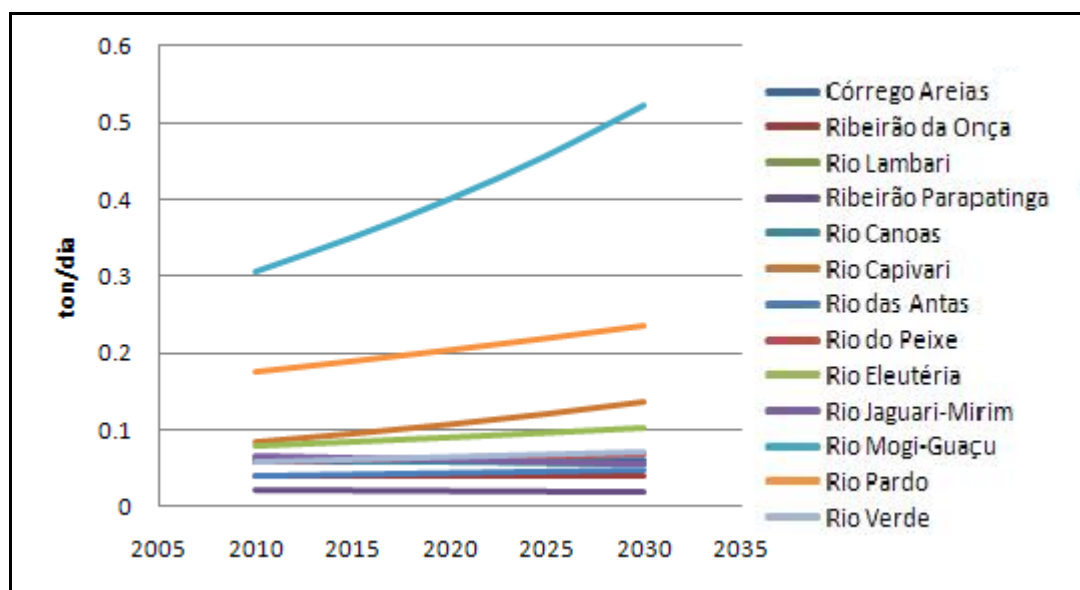


Figura 3.18: Estimativa da carga potencial de DBO proveniente da pecuária por sub-bacia

Na agricultura (da Figura 3.19 à Figura 3.22), os cenários de irrigação apresentam curvas características para cada sub-bacia, pois, como visto no segundo capítulo, foram estimadas a partir das taxas de variação de demanda hídrica verificadas nos últimos anos nos municípios integrantes. Sendo assim, sub-bacias que tiveram maiores variações de consumo

para irrigação entre os anos de 1995 e 2008, vão apresentar curvas mais acentuadas, como por exemplo, a sub-bacia do Rio Capivari.

Ainda como visto no segundo capítulo, estima-se que haja queda na vazão de captação com o passar dos anos, justificada pelo aumento da precipitação na região e pela diminuição da área plantada de culturas irrigáveis. Além disso, espera-se que técnicas de uso racional de irrigação e fertilizantes, apresentadas neste prognóstico, sejam implantadas na bacia.

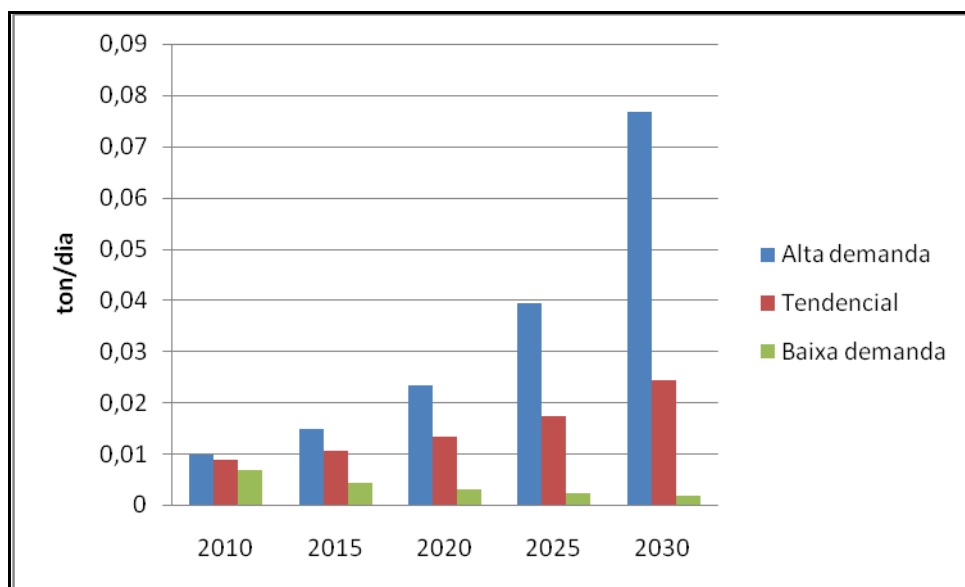


Figura 3.19: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD6

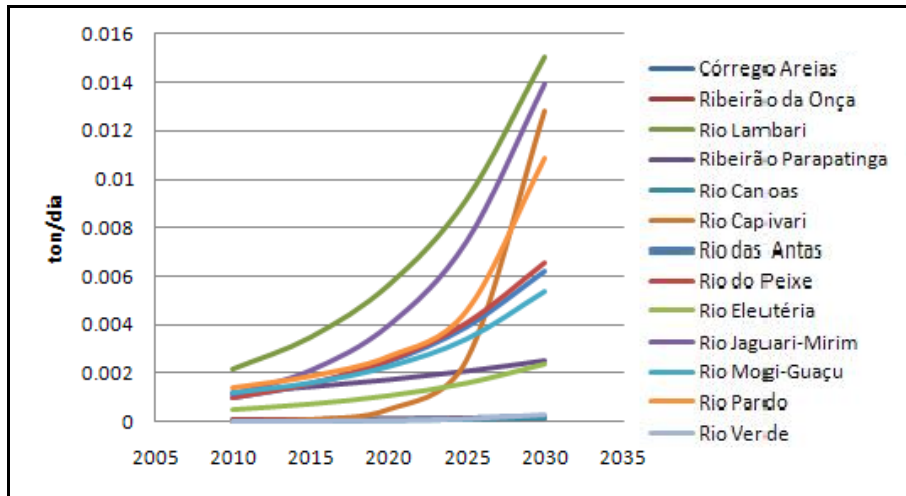


Figura 3.20: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário de Alta Demanda

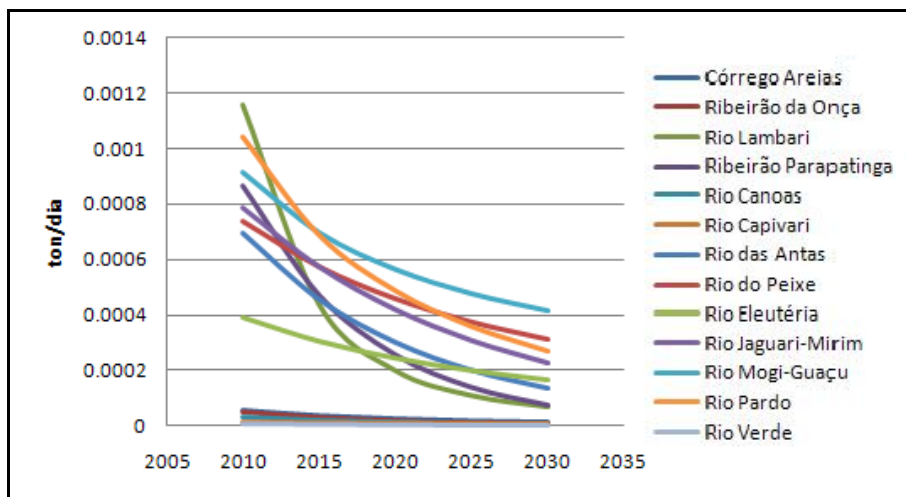


Figura 3.21: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário de Baixa Demanda

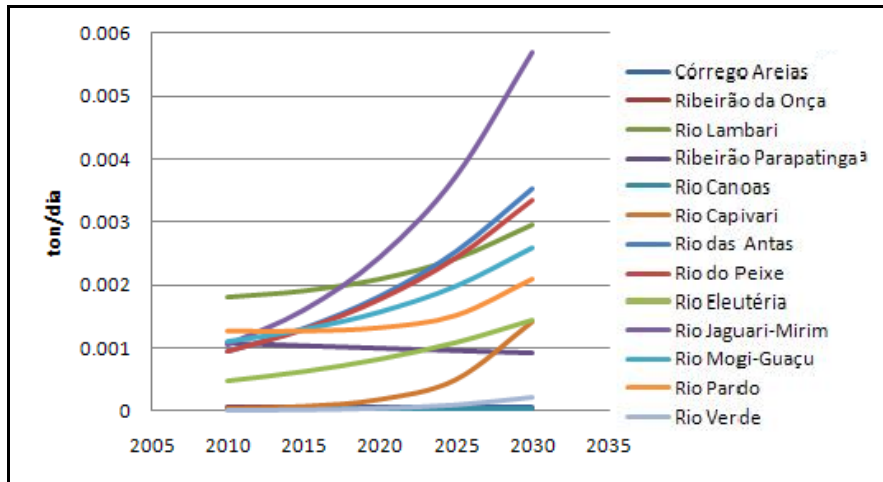


Figura 3.22: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário Tendencial

4. COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES COM AS DEMANDAS HÍDRICAS

A análise da compatibilização tem por objetivo apresentar as alternativas técnicas viáveis para minimizar déficits hídricos eventualmente identificados na bacia. Em relação aos cenários futuros para a bacia, há previsão de possíveis conflitos pelo nas sub-bacias do Rio Lambari, Ribeirão Parapatinga e Ribeirão da Onça, pois o percentual de vazão outorgável deve atingir o limite legalmente permitido em Minas Gerais.

Aumentar as disponibilidades hídricas é aqui entendido como buscar maneiras de aumentar a oferta de água, de forma que sua disponibilidade seja mais distribuída na bacia, tornando a oferta de água mais regular. Basicamente, este objetivo pode ser atingido através da construção de reservatórios, captação de água subterrânea e revitalização do solo da bacia.

A revitalização ou renaturalização, através de práticas conservacionistas, propicia o controle da erosão e a conservação do solo e da água. Promove a recarga do lençol freático, favorecendo a manutenção de nascentes e a disponibilização de mananciais com água de boa qualidade. De forma geral, os produtores devem ser incentivados a adotar técnicas mais adequadas de manejo, o que pode ser feito através de programas de orientação com visitas às propriedades e confecção de cartilhas explicativas.

A atuação sobre as demandas, da mesma forma que as alternativas de aumento da oferta, também são importantes ações para assegurar disponibilidades hídricas de maneira regular, considerando que a redução do consumo implica em menor pressão sobre os recursos hídricos da bacia. Adicionalmente, este tipo de ação também atua sobre os investimentos

públicos, uma vez que posterga obras e ações de gestão necessárias para o aumento da disponibilidade hídrica para usos consuntivos, que apresentem projeções de consumo crescentes.

Em função dessas projeções e dos problemas identificados na fase de Diagnóstico, foram analisados, a princípio, algumas alternativas para o aumento das disponibilidades em quantidade e qualidade, além de medidas para redução do consumo em alguns setores. A maioria das alternativas aqui propostas está prevista no Plano de Manejo Integrado das Sub-bacias do Rio Lambari, elaborado pela Comissão Municipal de Sub-bacias Hidrográficas do Município de Poços de Caldas (CMSBH). Muitos dos programas propostos no plano já estão sendo implantados, o que facilita a expansão dessas experiências para toda área da Unidade de Gestão GD6.

A disponibilidade hídrica representa o volume de água que pode ser aplicado nas diversas utilizações das atividades humanas e está relacionada ao aumento da oferta de água, ao uso racional do recurso e à melhoria da qualidade da água. Por esse motivo, o sucesso da implementação das alternativas listadas a seguir irá depender de um programa continuado de comunicação e mobilização de todos os usuários envolvidos.

4.1. Alternativas de Incremento das Disponibilidades Hídricas

4.1.1. Construção de reservatórios

A construção de reservatórios apresenta uma série de custos ambientais associados, tais como relocação de infra-estrutura, pagamento de indenizações, salvamento do patrimônio histórico e arqueológico, compensações ambientais, entre outras. Os impactos sobre a biodiversidade, qualidade da água e, em determinados casos, sobre a dinâmica social de comunidades, também podem se tornar significativos.

Contudo, a região não sofre de escassez de água assim como ocorre no norte do estado e, portanto, não há necessidade de novos reservatórios. Os reservatórios já existentes podem ser utilizados para o abastecimento, caso seja necessário e se o volume represado permitir tal uso, de forma que haja diminuição dos impactos na bacia ao evitar a construção destes.

4.1.2. Captação de água subterrânea

A Unidade de Gestão GD6 é uma região rica em recursos hídricos superficiais, tanto que dos 25 municípios inseridos na bacia, apenas Santa Rita de Caldas utiliza captação subterrânea para abastecimento humano, como visto no diagnóstico.

Ainda de acordo com o diagnóstico, a vazão outorgada das águas subterrâneas, apesar do baixo número de outorgas, tem como preponderantes os consumos humano e industrial, sendo os municípios de Poços de Caldas e Andradas os maiores consumidores de água subterrânea na bacia.

Mesmo que o número de outorgas de água subterrânea tenda ao crescimento, a bacia não deve ter problemas nesse aspecto. Porém, a região de Poços de Caldas e Andradas deve ser observada, estimulando-se a implantação das técnicas de revitalização do solo sugeridas.

A fim de assegurar a não diminuição da disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, não se pode ignorar as pequenas captações em propriedades rurais feitas através de poços artesianos. Os usuários de poços devem ser orientados sobre a localização correta da perfuração do poço, sobre a vazão máxima permitida e também sobre a importância de submeter, esporadicamente, amostras de água para testes de qualidade.

4.1.3. Bacias de Captação de Enxurradas

Este tipo de sistema não se refere a nenhuma tecnologia recente. Sempre foi utilizado por diversas populações humanas ao longo da história para armazenamento de água e a produção de alimentos (devido ao acúmulo de sedimentos, elevação da fertilidade do solo e umidade nesses locais), mas acabou caindo em desuso, talvez em função da maior facilidade de obtenção de água por sistemas mais modernos, tais como bombas e reservatórios. Entretanto, esse tipo de medida acabou sendo implementada em várias localidades do Estado de Minas Gerais, após conhecidos seus inúmeros benefícios a biota, a qualidade de vida e as bacias hidrográficas de maneira geral (conservação da umidade do solo e contenção de enxurradas).

Trata-se de estruturas construídas no terreno, em forma de bacia (Figura 4.1), caixa ou telhado, dispostas em caminhos preferenciais das drenagens superficiais (como calhas secas,

por exemplo). Tem por função captar e acumular a água das enxurradas que escoam superficialmente por canaletas de estradas ou em encostas, a fim de favorecer a penetração de água no solo, reter cascalhos (que podem ser reaproveitados em estradas), sedimentos e substâncias potencialmente nocivas. Seus efeitos são rapidamente percebidos por meio da observação do nível do lençol freático.



Figura 4.1: Construção de bacia de contenção de enxurrada em Sete Lagoas – MG. (EMBRAPA, 1997)

A eficiência dessas barragens aumenta com um arranjo em forma de cascata: o escoamento começa a ser barrado nas partes mais elevadas das encostas e segue perdendo velocidade até que atinge as bacias de áreas planas. O processo de carga e descarga em cada bacia, por sua vez, é o grande responsável pelos benefícios do sistema, uma vez que o total esvaziamento entre uma chuva e outra indica que a água infiltrou completamente no solo e a estrutura já se encontra apta a novo evento dessa natureza (Figura 4.2).

Normalmente, as bacias são próximas a estradas ou em calhas secas, e dimensionadas com base no volume da enxurrada e na declividade da área, sendo o primeiro determinado pela área de contribuição do ponto onde a bacia se instala. O tipo de solo também influencia diretamente no armazenamento: nos arenosos, a percolação é acelerada, demandando, portanto, bacias menores. Ao contrário, em argissolos, as bacias maiores deverão compensar o maior tempo de residência da água de enxurrada.

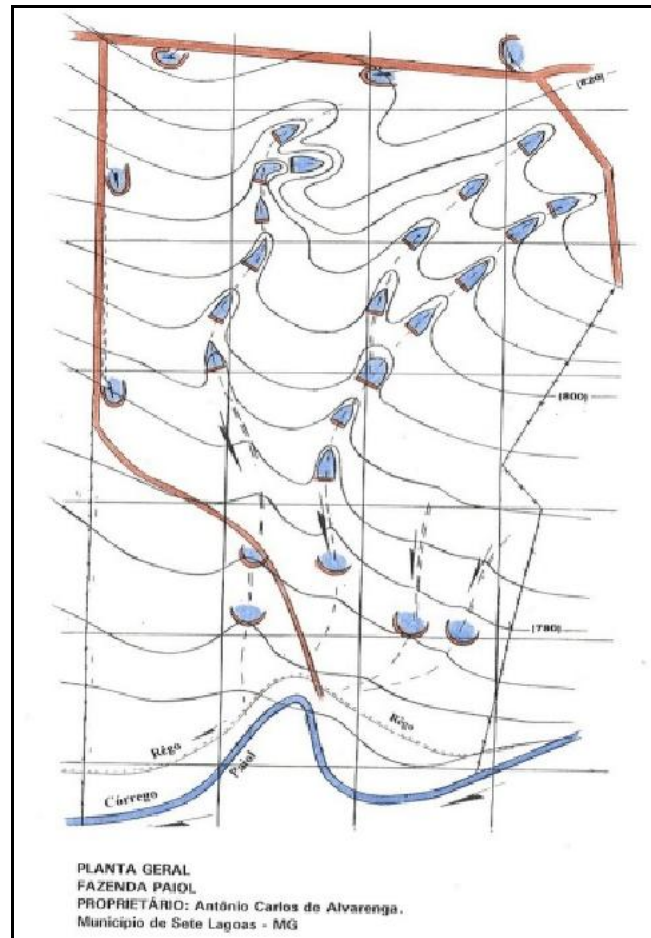


Figura 4.2: Arranjo de bacias de contenção de enxurradas ao longo de toda a encosta (em cascata) na Fazenda Paiol, em Sete Lagoas – MG. (EMBRAPA,1997)

Não foram encontradas Leis ou quaisquer outros instrumentos legais que orientem a necessidade e construção de uma bacia de contenção. Porém, recomenda-se a manutenção regular das bacias, com remoção do excesso de sedimentos acumulados, o plantio de gramíneas nas bordas e a manutenção, também, de canais de estradas que, por ventura, venham a ser desviados para este tipo de bacia.

Os municípios de Sete Lagoas e Minas Novas foram os primeiros do Estado a contarem com esse tipo de alternativa, em decorrência do projeto Barragens de Contenção de Águas Superficiais de Chuva, desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo (Figura 4.3). Atualmente, o município de Sete Lagoas conta com mais de 3.000 bacias e a idéia tem se espalhado, sobretudo, no Vale do Jequitinhonha, onde há problemas com o abastecimento público.

Nesses locais, as bacias de contenção têm aumentado a produtividade agrícola e a qualidade de vida – representada pela não necessidade de busca de água em açudes muito distantes.



Figura 4.3: Bacia de contenção recebendo as águas de enxurrada em Sete Lagoas – MG. (EMBRAPA,1997)

4.1.4. Construção de Terraceamento nas Áreas Agricultadas

O uso intensivo dos solos brasileiros para a agricultura e pecuária acabam por ocasionar a compactação e perda de fertilidade, gerando problemas de drenagem, favorecimento do escoamento superficial em detrimento da percolação de água. Todos esses fatores aceleram os processos de degradação dos solos ao favorecer o desenvolvimento de processos erosivos, sobretudo, quando há formação de camada sub-superficial compactada (conhecida como pé de grade). O aspecto de uma área de pastagem degradada é apresentado na Figura 4.4.



Figura 4.4: Aspecto de pastagem degradada, com focos erosivos visíveis. (Boi a pasto, 2010)

Uma forma de facilitar o acúmulo de água no solo, mesmo em superfícies dotadas de certa inclinação, é a criação de barreiras transversais ao sentido do fluxo que formem espécies de degraus em encostas, freiem o escoamento superficial e favoreçam o acúmulo de água e partículas nesses locais. Por isso, é necessário que se faça a manutenção periódica dessas estruturas, até mesmo com sua reconstrução.

Os terraços são estruturas conservacionistas construídas transversalmente ao declive do terreno, constituídos por um canal (corte) e um camalhão (aterro), conforme mostra a Figura 4.5, que forçam o escoamento a seguir pelo canal para fora da área de cultivo (terraços em gradiente ou de drenagem) ou a ser absorvido ali mesmo (terraços em nível ou de absorção). Tem por objetivo dificultar a formação de processos erosivos, arraste de partículas e poluentes para mananciais superficiais e ainda favorecer o abastecimento de lençóis d'água.

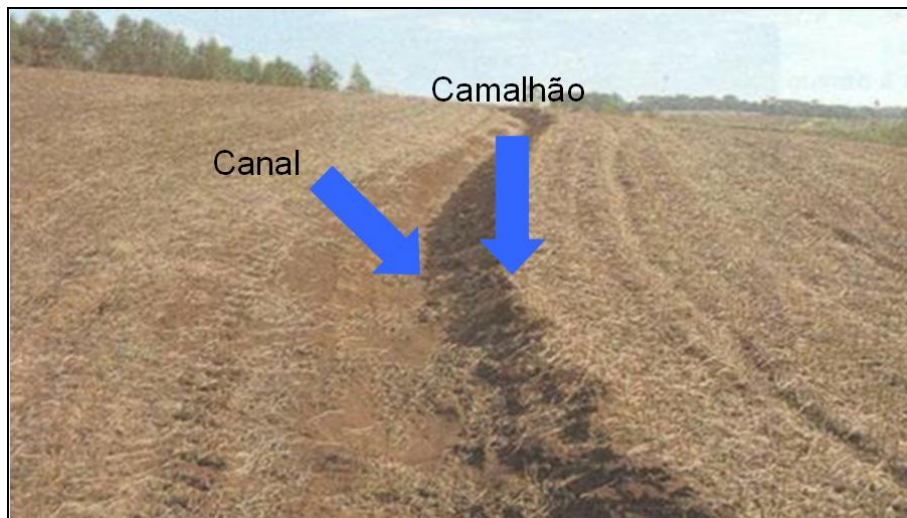


Figura 4.5: Identificação das partes de um terraço: canal (corte) e camalhão (aterro). (Web artigos, 2010)

O espaçamento entre terraços se deve, sobretudo, ao tipo de solo, às condições climáticas da região (pluviosidade), à declividade da rampa, aos equipamentos disponíveis, ao tipo de cultura e à técnica de manejo empregada no cultivo. Uma das equações utilizadas para seu equacionamento é a Eq. 4.1 de Lombardi Neto et al. (1989):

$$EV = 0,4518.K.D^{0,58}.(M+N)/2 \quad (\text{Eq. 4.1})$$

Onde:

EV = espaçamento vertical entre terraços, em metros;

K = índice variável em função do tipo de solo;

D = declividade do terreno, em percentagem;

M = fator de uso do solo;

N = fator de manejo do solo (preparo do solo e manejo dos restos culturais)

Já o Espaçamento Horizontal (EH) é dado pela Eq. 4.2:

$$EH = (EV.100)/D \quad (\text{Eq. 4.2})$$

São inúmeros os locais que empregam a técnica de terraceamento para a conservação do solo em áreas agrícolas. Isso porque as prefeituras municipais têm estabelecido parcerias com a Emater-MG, sendo que a primeira fornece equipamentos e mão-de-obra e a segunda, assistência técnica. Na cidade de Itajubá essa parceria funciona há alguns anos e vem dando resultados bastante satisfatórios, reduzindo a ocorrência de focos erosivos e a necessidade de irrigação, em decorrência do acúmulo de água nessas estruturas. Várias propriedades do município já foram atendidas por esse programa, dentre elas o pesqueiro Galpão Mineiro, no Bairro Anhumas, que tem um de seus terraços (feito em área de pastagem) apresentado na Figura 4.6.



Figura 4.6: Terraço em pastagem no Pesqueiro Galpão Mineiro, Itajubá-MG

4.1.5. Proteção e Recomposição de Matas Ciliares

A vegetação ciliar possui importância fundamental para a manutenção da qualidade dos corpos d'água e, conseqüentemente, de diversos processos vitais da fauna e da flora.

Suas funções vão além da simples barreira que formam às margens de mananciais, dificultando o desenvolvimento de processos erosivos (com a melhoria da estrutura dos solos pela atuação das raízes) e o aporte de sedimentos e substâncias químicas, com grande potencial para a diminuição da qualidade das águas. Esse tipo de contribuição alóctone além

de favorecer o assoreamento dos corpos hídricos, pode desencadear processos de eutrofização em decorrência do acúmulo de nutrientes. Por outro lado, os restos vegetais provenientes da faixa de vegetação acabam por disponibilizar compostos orgânicos na água, que constituem fonte de energia para diversos organismos e processos.

A parte aérea da vegetação ciliar auxilia na regulação da temperatura da água e na estabilização de microclimas (essencial para a manutenção de grupos mais sensíveis, tais como anfíbios e epífitas), juntamente com a formação de habitats que servem de abrigo, corredores migratórios, fonte de alimento e local para reprodução de exemplares faunísticos e florísticos.

Porém, apesar de todos os benefícios, tais áreas costumam ser amplamente pressionadas pela ocupação humana, seja em áreas urbanizadas ou agrícolas, em virtude da proximidade com fontes de água que facilitam e reduzem os custos inerentes ao abastecimento público e humano, à irrigação e o descarte de efluentes.

De maneira geral, ao longo de toda a história do Brasil, a vegetação nativa foi sendo gradativamente suprimida, dando lugar a cultivos agrícolas, silvicultura, exploração mineral, urbanização, entre outros, sobretudo em faixas ciliares pelos motivos anteriormente mencionados. Tal fato motivou a criação de artifícios legais que pudessem, de alguma forma, frear o ritmo acelerado de degradação e, mais que isso, regulamentar a recuperação de áreas já antropizadas.

Tal motivação justifica o enquadramento de faixas ciliares (cujas dimensões são proporcionais a largura do corpo hídrico) como Áreas de Preservação Permanente (APPs) já no ano de 1965, pelo Novo Código Florestal (Lei 4.771, de 1965). Mais especificamente, a definição do tamanho da faixa a ser considerada é dada por resoluções CONAMA e, no caso do Estado de Minas Gerais, a Lei Estadual 18.023/2009.

A Resolução CONAMA 303/2002 dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente e determina as dimensões das APPs de faixa marginal de rios (Art. 3º) e ao redor de lagos e lagoas naturais, da seguinte forma:

“(...) Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

a) trinta metros, para o curso d’água com menos de dez metros de largura;

- b) cinqüenta metros, para o curso d'água com dez a cinqüenta metros de largura;*
 - c) cem metros, para o curso d'água com cinqüenta a duzentos metros de largura;*
 - d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;*
 - e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;*
- (...) III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:*
- a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;*
 - b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinqüenta metros; (...)"*

Para reservatórios artificiais, as dimensões de APPs são dadas, em nível federal, pela Resolução CONAMA 302/2002 que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno, cujas determinações são:

"(...) Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de:

- I - trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais;*
- II - quinze metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até dez hectares, sem prejuízo da compensação ambiental.*
- III - quinze metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até vinte hectares de superfície e localizados em área rural. (...)"*

Porém, em atendimento à alegação de produtores rurais que julgavam excessivas as dimensões definidas pela Resolução CONAMA 302/2002 (sobretudo os produtores do entorno do lago de FURNAS), em 09 de janeiro de 2009 foi criada a Lei Estadual nº 18.023, que estabelece novas dimensões para as APPs em reservatórios artificiais utilizados para a geração de energia em Minas Gerais, o que inclui aqueles inseridos na UPGRH GD6. As definições para os reservatórios do Estado passaram a ser, a partir da publicação dessa Lei:

“(...) § 4º - Na inexistência do plano diretor a que se refere o § 2º deste artigo, a área de preservação permanente de represa hidrelétrica terá a largura de 30m (trinta metros), sem prejuízo da compensação ambiental e da obrigação de recuperar as áreas de preservação permanente degradadas, assegurados os usos consolidados, inclusive para fins de exploração de atividades agrícolas com culturas perenes de porte arbóreo ou arbustivo, e os atos praticados até a data de publicação do plano diretor. (...)”

Todavia, é importante ressaltar que o fato de suas definições serem menos restritivas que a Resolução CONAMA 302/2002, o Procurador Geral da República (PGR) entendeu que a Lei 18.023/2009 contraria a legislação federal, e entrou com uma Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI n.º 4.368) no Supremo Tribunal Federal (STF). Assim, a eficácia dessa Lei Estadual permanece em vigor até o julgamento da Suprema Corte pela sua constitucionalidade ou não, sendo que tal ação foi proposta em 08 de janeiro de 2010 e os autos já estão conclusos ao Ministro-relator Marco Aurélio de Melo aguardando ordem de julgamento em pauta.

Os melhores procedimentos a serem adotados para a proteção e a recomposição das faixas ciliares da UGRH GD6 deverão ser dependentes das condições ambientais de cada região. Primeiramente pelas espécies a serem utilizadas na recomposição florestal dessas áreas, que deverão ser variadas e nativas do local, garantindo a reprodução com maior fidelidade as condições naturais da região. As espécies comuns em cada região mineira poderão ser consultadas no Inventário Florestal de Minas Gerais, uma iniciativa do governo do Estado, por meio da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e do Instituto Estadual de Florestas (IEF).

Em áreas onde existem fragmentos de vegetação nativa, há grandes chances de a regeneração natural funcionar bem. A presença de bancos de sementes, plântulas e propágulos, aliada à existência de agentes polinizadores presentes nos fragmentos, confere maior capacidade de resiliência desses locais. Assim, a restrição do uso de áreas ciliares pela realização de cercamento com postes de madeira (mourões) e fios de arame deverá dificultar a entrada de pessoas, animais e veículos nesses locais e garantir as germinações e brotações necessárias ao bom andamento do processo de sucessão nas áreas em recuperação.

Por outro lado, em áreas mais degradadas (sobretudo urbanizadas), onde a existência de bancos genéticos é pouco expressiva ou mesmo nula em locais próximos às faixas ciliares, tornam-se necessárias intervenções mais dispendiosas como o plantio de mudas, ainda que

somente de enriquecimento. Nessas situações, os custos com mão-de-obra, insumos e equipamentos se elevam, mas os benefícios inerentes à recuperação acabam por compensar os investimentos, mesmo que em longo prazo.

Para a UPGRH em questão, devem ser definidas áreas prioritárias para a recuperação, considerando a garantia dos usos múltiplos das águas, principalmente o atendimento às demandas para consumo humano e outros usos fundamentais.

O auxílio de entidades como a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF), seja em termos de assistência técnica ou no fornecimento de mudas, deverá ser sempre bem vindo, porém, vale salientar que iniciativas para a recuperação de áreas ciliares não necessariamente precisam partir de órgãos públicos, mas também de organizações não governamentais, instituições educacionais e proprietários de terras.

Alguns exemplos de intervenções dessa natureza podem ser encontrados em diversas regiões do Brasil, inclusive no Estado de Minas Gerais. No município de Uberaba foi conduzido o Projeto de Recomposição Florestal da Área de Preservação Permanente do Parque da Cidade (setor Córrego das Lages), cuja representação pode ser vista na Figura 4.7.

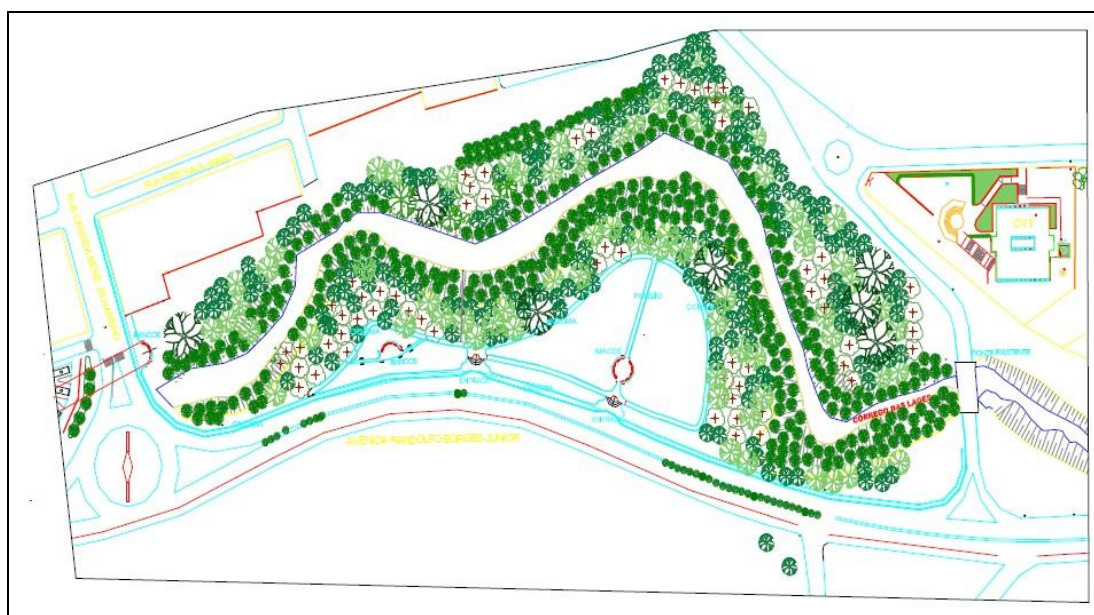


Figura 4.7: Croqui do Parque da Cidade (setor Córrego das Lages), no município de Uberaba, com destaque para a forma como deverá ficar a vegetação ciliar após o Programa de Recomposição Florestal da APP. (SEMAM, 2008)

Com uma área de aproximadamente cinco hectares, o Parque da Cidade foi submetido a uma vistoria realizada pela Secretaria do Meio Ambiente de Uberaba (SEMAM), na qual foi verificado que a faixa marginal do Córrego das Lages (nesse local) encontra-se degradada. Os solos apresentavam focos erosivos, taludes instáveis (Figura 4.8) e trechos com cobertura de capim elefante – em aproximadamente 50% da área.

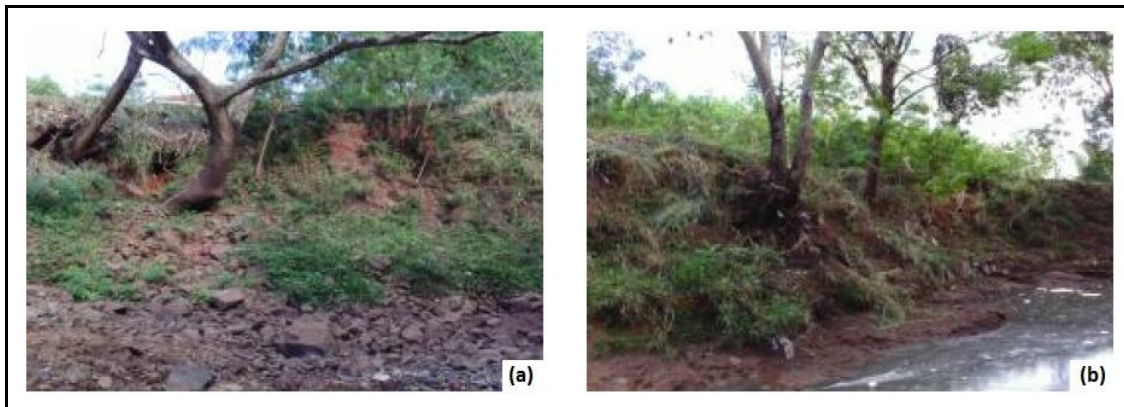


Figura 4.8: Aspecto das margens do Córrego das Lages no Parque da Cidade de Uberaba, com pouca cobertura vegetal, focos erosivos e instabilidade em taludes. Solo cascalhento em (a) e barrento em (b). (SEMAM, 2008)

Após a realização de análises de solo e verificação da necessidade de adubação, o manejo do capim elefante (que dificulta a ocorrência de processos erosivos pela estruturação do solo pelas raízes) juntamente com o coveamento e plantio de espécies comuns no parque (tais como angico, guapuruvu, pata de vaca, ipê, mutambo, entre outros) foram as medidas tomadas para a recomposição das áreas, sempre favorecendo a ocorrência de sucessão natural de espécies (Figura 4.9).

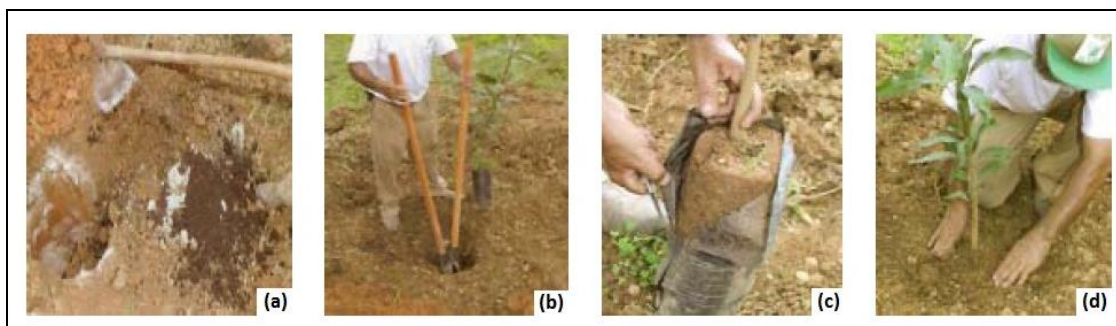


Figura 4.9: Recomposição florestal da APP do Parque da Cidade (setor Córrego das Lages), com adubação (a), coveamento (b), preparo de muda (c) e plantio (d). (SEMAM, 2008)

4.1.6. Proteção de Nascentes

As nascentes, popularmente conhecidas por minas, constituem locais de surgência, onde as águas afloram à superfície e contribuem para a manutenção de cursos d'água superficiais. Além da importância do solo e rochas, a vegetação é fundamental para a qualidade desses ambientes por contribuir para a recarga mais eficiente dos mananciais, a regularização de vazões nos períodos de estiagem e o controle do aporte de poluentes, sedimentos e, até mesmo, contaminantes – danosos à saúde humana.

Esses locais são amplamente utilizados como fonte de água para a dessedentação animal e, por esse motivo, são comumente poluídos por excretas e sujeitos ao pisoteio de gado, sobretudo bovino. Isso dificulta a sucessão da vegetação pela destruição de plântulas e mudas, apontando a necessidade de cuidados especiais nessas localidades.

A própria Constituição Federal motiva a conservação de tais áreas, tanto pelas ações de entidades governamentais quanto pelas mãos da própria população, uma vez que o Artigo 225 garante que *“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”*.

Da mesma forma que as áreas ciliares, as nascentes devem ser cobertas por vegetação nativa que, além dos benefícios diretos à qualidade e quantidade das águas, beneficia exemplares da fauna e da flora que utilizam esses locais para abrigo, reprodução e fontes de água e alimentos. Por isso é também considerada uma categoria de Área de Preservação Permanente (APP) prevista pelo Novo Código Florestal (Lei nº 4.771/1965).

A proteção e/ou regeneração de nascentes se faz possível, inicialmente, mediante cercamento de uma circunferência com área suficiente para garantir sua boa qualidade. A Lei 4.771/1965, por meio das recomendações da Resolução CONAMA 303/2002, define que “(...) constitui Área de Preservação Permanente a área situada ao redor de nascente ou olho d’água, ainda que intermitente, com raio mínimo de 50 metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte. (Art. 3º, Inciso II)”, o que significa que tal medida deve ser aplicada aos olhos d’água inseridos na UPGRH GD6.

Após o isolamento das áreas, a vegetação presente nas nascentes deverá ser protegida ou enriquecida. Isso poderá ser feito da mesma forma que para as margens de mananciais superficiais – APPs de Faixa Marginal: a condução da regeneração natural (caso existam fontes de material genético, tais como plântulas, sementes e mudas) ou os plantios de enriquecimento, que em casos mais extremos demandam o plantio em toda a área. Além disso, regularmente, a área precisa ser monitorada para que se verifique a necessidade de eventuais reposições de mudas ou intervenções para controle de pragas, como formigas e plantas daninhas. É importante perceber que, diferentemente de faixas ciliares, o uso de equipamentos mais pesados (tratores e arados mecânicos) não se aplica às nascentes, considerando a grande fragilidade desses locais à compactação do solo.

É nas nascentes também que se deve dar maior atenção às espécies empregadas na recomposição vegetal, já que as de crescimento acelerado poderão demandar grandes quantidades de água e prejudicar o afloramento e alimentação de corpos d’água superficiais. Porém, o uso de espécies nativas (selecionadas de acordo com a região onde a recuperação se fizer necessária) deverá reduzir esses riscos e potencializar os benefícios inerentes à recuperação das nascentes na Unidade de Planejamento.

Novamente a Secretaria do Meio Ambiente de Uberaba (SEMAM) demonstrou sua preocupação com a qualidade ambiental e a disponibilidade hídrica do município ao ter lançado, no ano de 2007, um Manual de Recuperação de Nascentes que objetiva orientar população e produtores rurais, propondo procedimentos para a recuperação de nascentes degradadas. Mas o exemplo de aplicação desse tipo de medida vem da cidade de Passos, também no Estado de Minas Gerais (Figura 4.10).



Figura 4.10: Plantio de mudas em nascente do Bairro Bela Vista, Passos. (SEMAM, 2008)

Numa parceria entre a Prefeitura Municipal de Passos (por meio do Departamento de Meio Ambiente), a Fundação de Ensino Superior de Passos (Fesp), a Polícia Ambiental, a Usina Itaiquara e a Associação Regional de Proteção Ambiental (Arpa), o projeto de revitalização das nascentes do município *“visa à recuperação de nascentes localizadas em áreas públicas, por meio do reflorestamento, de modo a melhorar a qualidade da fauna e flora local, da vida urbana e compensar, em parte, os impactos negativos causados anteriormente pela indiscriminada ocupação de suas margens”*.

Além dos mutirões de plantio realizados (Figura 4.11), são distribuídas mudas de espécies nativas (oiti, ipê, acácia, entre outras) à população. Para adquirir uma muda, basta se dirigir à Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Seapa), no prédio da Prefeitura, pegar uma requisição e retirar a muda no viveiro municipal. A iniciativa faz com que as espécies utilizadas sejam adequadas ao local onde serão plantadas, além de estimular a participação da população na recuperação dos olhos d’água do município, primordialmente as 20 nascentes inseridas na área urbana.



Figura 4.11: Revitalização de nascentes, com participação da Polícia Ambiental. (SEMAM, 2008)

4.1.7. Reserva Legal

O Inciso III do Artigo 2º da Lei Federal 4.771/1965 define a Reserva Legal (RL) como a *“área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas”* (Figura 4.12).

Trata-se de áreas complementares às Áreas de Preservação Permanente que desempenham papel fundamental na preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade e do fluxo gênico de fauna e flora, além de proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Essas áreas devem ser ocupadas por vegetação nativa, favorecendo a estabilização do solo (pelo efeito de suas raízes), a absorção de água e a interligação de fragmentos florestais, formando os chamados corredores vegetacionais. É por esse motivo que, ao se escolher uma área a ser demarcada e averbada uma Reserva Legal, é importante que se leve em conta o conceito de ecologia da paisagem que considera a importância dos padrões espaciais no funcionamento dos processos ecológicos.



Figura 4.12: Exemplo de Reserva Legal entre áreas de pastagem. (Câmara dos Deputados, 2010)

Reservas Legais em zonas de recargas de mananciais potencializarão a infiltração de água no solo e reduzirão os efeitos deletérios do escoamento superficial, da mesma forma que a proximidade com fragmentos florestais facilitará processos de regeneração natural em virtude da existência de bancos de sementes, plântulas e agentes polinizadores.

Considerando a importância dessas áreas para a manutenção da qualidade ambiental, a Lei 4.771/1965 estabelece ainda que:

“Art. 16. As florestas e outras formas de vegetação nativa, ressalvadas as situadas em área de preservação permanente, assim como aquelas não sujeitas ao regime de utilização limitada ou objeto de legislação específica, são suscetíveis de supressão, desde que sejam mantidas, a título de reserva legal, no mínimo:

I - oitenta por cento, na propriedade rural situada em área de floresta localizada na Amazônia Legal;

II - trinta e cinco por cento, na propriedade rural situada em área de cerrado localizada na Amazônia Legal, sendo no mínimo vinte por cento na propriedade e quinze por cento na forma de compensação em outra área, desde que esteja localizada na mesma microbacia, e seja averbada nos termos do § 7o deste artigo;

III - vinte por cento, na propriedade rural situada em área de floresta ou outras formas de vegetação nativa localizada nas demais regiões do País; e

IV - vinte por cento, na propriedade rural em área de campos gerais localizada em qualquer região do País.”

Em casos excepcionais, plantios de árvores frutíferas e ornamentais (em pequenas propriedades), ou mesmo as áreas de preservação permanente (quando a somatória de APP e Reserva Legal exceder a determinados limites – § 6º, Art. 16), poderão ser contabilizadas como RL. Salvo essas exceções, segundo o Artigo 44 da mesma lei, *“O proprietário ou possuidor de imóvel rural com área de floresta nativa, natural, primitiva ou regenerada ou outra forma de vegetação nativa em extensão inferior ao estabelecido nos incisos I, II, III e IV do Artigo 16 (...) deve adotar as seguintes alternativas, isoladas ou conjuntamente:*

I - recompor a reserva legal de sua propriedade mediante o plantio, a cada três anos, de no mínimo 1/10 da área total necessária à sua complementação, com espécies nativas, de acordo com critérios estabelecidos pelo órgão ambiental estadual competente;

II - conduzir a regeneração natural da reserva legal; e

III - compensar a reserva legal por outra área equivalente em importância ecológica e extensão, desde que pertença ao mesmo ecossistema e esteja localizada na mesma microbacia, conforme critérios estabelecidos em regulamento.”

Finalmente, como não é permitida a supressão da vegetação em áreas de Reserva Legal, se garante que seus benefícios para a disponibilidade hídrica na bacia devem se fazer sempre presentes a partir do momento em que seja coberta por floresta nativa. Porém, apesar das determinações legais, poucas são as propriedades que possuem Reservas Legais devidamente delimitadas, averbadas e ocupadas por vegetação nativa, o que mostra a importância de programas ou medidas de incentivo à regularização dessa situação (junto ao IEF) que, além de todos os benefícios ambientais, traz benesses econômicas ao produtor rural, tais como a redução do Imposto Territorial Rural (ITR) – já que a área referente à Reserva Legal é isenta desse tributo – e o desenvolvimento de outras atividades econômicas, como a apicultura.

O incentivo à regularização de Reservas Legais no Estado já pode ser percebido em uma iniciativa entre o IEF, o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG) e a Associação dos Notários e Registradores do Estado de Minas Gerais (Anoreg) que criou novos mecanismos que deverão agilizar o processo de averbação dessas áreas, dentre eles a gratuidade de averbação

de RL em pequena propriedade e posse rural familiar e a criação de um banco de dados sobre as Reservas criadas. Tudo isso favorecerá o bom andamento do Projeto Estruturador de Conservação do Cerrado e Recuperação da Mata Atlântica, que prevê a recuperação de 120 mil hectares de áreas de vegetação nativa até 2011. Isso beneficiaria a qualidade e disponibilidade hídricas de todo o Estado de Minas Gerais e em cada UPGRH, inclusive GD6.

4.1.8. Abastecimento humano

É crescente a preocupação com a preservação de recursos hídricos e energéticos, especialmente sua disponibilidade para gerações futuras. A sustentabilidade da água está colocada na pauta de discussão mundial como um grande desafio da atualidade e que deve se agravar nas próximas décadas.

A média das perdas de água reais e aparentes nos sistemas públicos de abastecimento no Brasil é de aproximadamente 40% do volume total produzido, sendo estes associados às atividades de captação, tratamento e principalmente no transporte e distribuição. Na conjuntura brasileira atual as perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água potável ganharam maior expressão, embora não na proporção e com a eficácia necessária ao enfrentamento do problema dada a magnitude das perdas conhecidas.

Neste contexto a Norma ISO 24512, relativa à gestão e avaliação do desempenho dos serviços de abastecimento de água, relaciona os objetivos estratégicos deste tipo de atividade, tais como:

- garantir a proteção da saúde pública;
- corresponder às solicitações e às expectativas dos utilizadores do serviço;
- garantir o fornecimento do serviço em condições normais e de emergência;
- garantir a sustentabilidade da entidade gestora;
- promover o desenvolvimento sustentável da comunidade;
- proteger o ambiente.

A racionalização do uso e a conseqüente redução da captação de água bruta em mananciais podem ser atingidas diminuindo-se as perdas ocorridas durante a distribuição da água tratada e reduzindo-se o desperdício.

- **Controle de Perdas em Sistemas de Abastecimento – Lado da Oferta**

Nos sistemas públicos de abastecimento, do ponto de vista operacional, as perdas de água consideradas correspondem aos volumes não contabilizados. Estes englobam tanto as perdas físicas, que representam a parcela não considerada, como as perdas não físicas, que correspondem à água consumida e não registrada.

As perdas físicas representam a água que efetivamente não chega ao consumo, devido aos vazamentos no sistema ou à utilização na operação do sistema. As perdas não físicas representam a água consumida que não é medida, devido à imprecisão e falhas nos hidrômetros, ligações clandestinas ou não cadastradas, fraudes em hidrômetros e outras.

São também conhecidas como perdas de faturamento, uma vez que seu principal indicador é a relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado.

A redução das perdas físicas permite diminuir os custos de produção, mediante redução do consumo de energia elétrica, de produtos químicos, etc, e utilizar as instalações existentes para aumentar a oferta de água, sem expansão do sistema produtor. A redução das perdas não físicas permite aumentar a receita tarifária, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador de serviços.

A Figura 4.13 apresenta uma proposta de estruturação dos diversos usos de água em um sistema de abastecimento e a conseqüente definição dos volumes que são efetivamente perdidos (físicos e não físicos).

Parte do Sistema	Origem	Magnitude
Captação	Limpeza do poço de sucção Limpeza da caixa de areia	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Adução de água bruta	Vazamentos nas tubulações	Variável, função do estado das tubulações
Tratamento	Vazamentos na estrutura Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Reservação	Vazamentos na estrutura Extravasamentos Limpeza	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Adução de água tratada	Vazamentos nas tubulações Limpeza de poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e principalmente das pressões

Figura 4.13: Perdas físicas no sistema de abastecimento de água

Em 1997, o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água- PNCD. Esse programa tem por objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, e como objetivos específicos, definir e implementar um conjunto de ações para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas.

O controle de perdas do lado da oferta refere-se às atividades desenvolvidas no sistema distribuidor, e sua efetivação fica a cargo exclusivo da operadora dos serviços. Além do ganho ambiental ao reduzir a captação de água bruta do manancial, o controle de perdas se justifica economicamente, pois melhora o desempenho econômico da empresa, revertendo tal benefício em tarifas mais baixas para os usuários; posterga novos investimentos na ampliação dos sistemas de produção, adução e reservação de água; atende a exigências dos órgãos financiadores; e reduz custos a serem desembolsados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

A partir dos dados registrados no Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), o índice de perda médio dos municípios integrantes da Unidade de Gestão GD6 foi calculado e apresentado no diagnóstico. Foi encontrado um índice de perda de 26% no sistema

de abastecimento, o qual está abaixo da média nacional e da região Sudeste, conforme visto na Tabela 1.

Tabela 4.1: Comparação dos índices de perdas

ÍNDICES DE PERDAS	
Bacia GD6	26%
Minas Gerais	25 - 40%
Região Sudeste	39,3%
Brasil	39,8%

Esta situação pode ser causada pelo fato de os cálculos dos indicadores de perdas terem sido baseados apenas nos municípios que disponibilizaram os dados para o SNIS, ou que têm sistemas completos de registro e controle, sendo, portanto os prestadores de serviço com melhor nível de organização.

Ressalta-se que há um forte questionamento quanto aos números apresentados, pois mesmo entre esses prestadores de serviços mais organizados, vários não possuem serviços de macro medição ou micro medição, o que lança dúvidas sobre os volumes reais produzidos.

Podemos chamar também como perda de água toda perda real ou aparente de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional. As perdas de água podem ser classificadas como reais (físicas) ou aparentes (não-físicas).

As perdas reais são volumes que não são aproveitadas pelos usuários, uma vez que, por deficiências ou falhas do sistema, não chegam aos consumidores finais. O combate a este tipo de perdas é baseado tipicamente em ações de engenharia. A redução das perdas, neste caso, resulta em redução dos volumes captados e não produz aumento de receita. As ações de engenharia, em geral, estão sujeitas apenas à tecnologia e investimentos, sendo que os resultados são rápidos e imediatos.

O controle de perdas reais normalmente se faz pelas seguintes ações:

- **Controle de pressão:**

A setorização da rede de distribuição de água constitui um dos fatores mais importantes para a correta operação do sistema de abastecimento de água, pois tem por objetivo, manter a rede em faixas adequadas de pressões mínimas e máximas. Segundo a norma da ABNT-NBR 12.218/1994, a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 500kPa (50m H₂O) e a pressão dinâmica mínima, de 100kPa (10m H₂O).

Como a redução da pressão está diretamente relacionada com a redução das perdas de água, a utilização da válvula redutora de pressão geralmente é uma alternativa econômica para diminuir a pressão na rede e, conseqüentemente, reduzir o número de vazamentos nas redes de distribuição e nos ramais prediais. De acordo com Sarzedas, Ramos e Matsuguma (1999), os serviços de pesquisa de vazamentos na região metropolitana de São Paulo apresentou os resultados, conforme apresentados na Figura 4.14.

Redução da Pressão (%)	Redução da Perda (%)
20	10
30	16
40	23
50	29
60	37

Figura 4.14: Redução das perdas em função da redução de pressão na rede de distribuição de água.

- **Rapidez e qualidade dos reparos:**

A redução no tempo de reparo de vazamentos tem importância fundamental para a redução de perdas. Apesar do reparo de vazamentos depender de uma série de fatores, tais como, localização do vazamento, existência ou não de tráfego local, profundidade da tubulação, pavimentação da rua, etc, o tempo de reparo deve ser o menor possível. A qualidade nesses serviços é fundamental para garantir a redução nos índices de reparo.

- **Controle ativo de vazamentos e fugas:**

As perdas físicas ou reais, derivadas de vazamentos nas tubulações e conexões, podem ser classificadas em fugas e rupturas: as fugas correspondem à água perdida continuamente, de forma não detectada, devido à presença de orifícios nas tubulações, à falta de estanqueidade nas juntas, nas válvulas e em outros acessórios; nas rupturas os vazamentos

são bruscos e acentuados, provocados por acidentes súbitos em tubulações e acessórios devido a sobrepensões da água, sobrecargas excessivas, defeitos estruturais, assentamentos diferenciados, etc.

O controle pode-se dar através de medidores de nível dos reservatórios, medidores de vazão na entrada dos setores de abastecimento e de pressão de jusante, métodos acústicos, instrumentos de telemetria, equipamentos de armazenar dados, etc.

- **Gerenciamento:**

Para um adequado gerenciamento torna-se fundamental uma adequada seleção, instalação, manutenção, recuperação e substituição de redes.

A manutenção de um cadastro confiável do sistema é essencial também para possibilitar um perfeito controle do sistema de distribuição.

Como o sistema de distribuição sofre contínuas mudanças ao longo do tempo, há necessidade de um processo contínuo de controle da rede, sendo necessária a criação de um plano de manutenção, abrangendo o levantamento de um histórico do comportamento dos equipamentos do sistema, bem como das pressões nos pontos médios e nos pontos críticos, além das vazões medidas nas entradas de válvulas redutoras de pressão (VRP) e boosters.

Em grande parte das intervenções, é mais freqüente a substituição de trechos antigos da rede existente, por sistemas mais modernos, com emprego de materiais e tecnologias de montagem mais atuais.

As perdas aparentes refletem volumes de água que estão sendo consumidas e não pagas, resultado de furtos ou imprecisões nas medições. O combate a este tipo de perdas envolve também questões tecnológicas, mas é baseado, principalmente, em ações de gestão. A redução das perdas, neste caso, resulta em forte impacto no aumento da receita. As ações de gestão são, muitas vezes, complexas, sendo que seus resultados são mais lentos.

O controle das perdas aparentes, usualmente, se faz pelas seguintes ações:

- **Gerenciamento da imprecisão da medição e da informação:**

Esta ação pode-se dar através de ensaios, modelagens do sistema de distribuição de água e melhorias nos sistemas de medições, tornando assim mais precisos os resultados obtidos.

- **Melhorias no sistema comercial:**

Várias causas de perdas não físicas podem ser consideradas neste item, destacando-se: não cadastramento imediato de novas ligações, ligações clandestinas, deficiências no cadastro, política de cobrança e fraudes de diversos tipos.

- **Qualificação da mão de obra:**

Uma equipe corretamente capacitada torna-se capaz de avaliar e solucionar problemas no sistema de distribuição de uma maneira mais prática e eficiente, aumentando assim a rapidez dos serviços, bem como a qualidade dos mesmos.

- **Redução de fraudes:**

É importante o recadastramento dos usuários para facilitar a identificação de fraudes e ligações clandestinas.

As perdas aparentes são mais concentradas na micromedição (insuficiência de aparelhos ou submedição).

Para se desenvolver o combate a perdas, é pré-requisito que o prestador dos serviços tenha dispositivos de medição e uma adequada gestão do sistema comercial. Portanto devem estar disponíveis os seguintes requisitos:

Macromedição - cobrindo 100% das unidades de produção e dos distritos de medição e controle. Podem ser usados medidores permanentes ou temporários como a pitometria.

Micromedição - cobrindo 100% dos usuários, com um parque de medidores atualizado e em adequadas condições de precisão. Recomendação que a idade dos medidores não ultrapasse cinco anos.

Cadastro Técnico - cadastro das redes do sistema distribuidor, de preferência em meio eletrônico utilizando softwares de análise e atualização (SIG, Epanet, etc.)

Cadastro Comercial - cadastro dos usuários contendo diversas características como histórico de consumos, perfil do usuário, controle dos recebimentos, política de corte por inadimplência, etc.

A automação dos serviços de água e esgotos também é um fator operacional com forte impacto sobre a redução de perdas, e constitui uma tendência na modernização dos serviços, abrindo para o fornecimento de equipamentos e serviços mais sofisticados.

Existem metodologias para avaliar as perdas reais em sistemas coletivos de abastecimento de água, tais como o método das vazões Mínimas Noturnas.

Este método é baseado na variação dos consumos ao longo do dia e parte do pressuposto que no período entre 2h e 4h a demanda é mínima e as caixas d'água já estão completas. A vazão registrada (Figura 4.15) nesse período, denominado Vazão Mínima Noturna, corresponde então aos vazamentos.



Figura 4.15: Medidores de vazão (ultrassônico e medidor diferencial/Pitot)

Partindo dessa lógica, a estimativa do volume de vazamentos diários poderia ser obtida pela multiplicação da vazão mínima noturna pelo número de horas do dia (24h).

Como os vazamentos são sensíveis à pressão, o resultado obtido estaria supervalorizando os volumes diários pedidos. Para solucionar esse erro, foi criado o Fator Noite/Dia, que é um número, dado em horas por dia, que, multiplicado pela Vazão Mínima Noturna, resulta no Volume Médio Diário dos Vazamentos, ou seja, as perdas reais médias.

Para execução deste método, é preciso seguir algumas recomendações, tais como:

- Representatividade da área: a escolha da área deve ser representativa para todo o sistema;

- Estanqueidade do sistema: há que se garantir que o sistema em estudo seja totalmente fechado, não permitindo contribuição de ou para outro setor de abastecimento;
- Período de monitoramento: o teste deve ser efetuado entre duas e quatro horas da madrugada, horário em que se estima que os consumos noturnos são mínimos e as caixas d'água já estão cheias;
- Perfil dos consumidores: há que se conhecer o perfil dos consumos noturnos específicos, tais como grandes consumidores, indústrias e hospitais. Consumidores com utilizações excepcionais, estes devem ser monitorados com registradores eletrônicos de vazão, cujo consumo deve ser descontado da vazão de entrada;
- Monitoramento de pressão: há que se determinar o ponto médio de pressão do sistema, levando em consideração não a cota média, mas o ponto de maior concentração de ramais ou quaisquer outras singularidades. Sabendo que a probabilidade da existência de vazamentos é muito maior nos ramais, definir o ponto médio dentro desta referência nos dá a certeza de determinar a média das pressões atuantes nos vazamentos.

Para um controle ativo há um gerenciamento permanente, ao contrário do controle passivo, no qual as reparações dos vazamentos são realizadas apenas quando estes se tornam visíveis.

Um controle ativo de perdas físicas se dá, normalmente, mediante a setorização e o monitoramento da rede (conforme já descrito neste item) e a localização e reparação dos vazamentos detectados.

- **Controle de Perdas em Sistemas de Abastecimento – Lado da Demanda**

O termo “desperdício” compreende basicamente as perdas evitáveis, ou seja, correspondem claramente à negligência do usuário que não tem consciência ambiental. Isso pode estar vinculado ao uso propriamente dito ou ao funcionamento geral dos sistemas. Em geral, o desperdício de água está associado ao comportamento de uso e por isso é mais evidente nos sistemas individuais (edificações). As parcelas de perdas e desperdícios representam custos para os usuários e para a sociedade, sem aportar benefícios. Portanto sua

eliminação ou redução a níveis razoáveis resulta em consideráveis benefícios ambientais e econômicos.

A demanda relaciona-se com a quantidade de água que os consumidores desejam utilizar a uma tarifa pré-definida durante uma unidade de tempo. Pode ser interpretada como procura, o que não necessariamente significa consumo, uma vez que é possível demandar e não consumir. A quantidade de água que os usuários desejam e podem comprar é definida como quantidade demandada. A quantidade demandada depende de variáveis que influenciam a decisão de consumo do usuário, sendo as principais o seu preço (tarifa) e a renda do usuário. É importante salientar que a demanda sempre influencia a oferta, o que se constitui no ponto central de interesse do gerenciamento dos recursos hídricos. Trata-se de um termo geralmente relacionado às quantidades necessárias previstas para os usos consuntivos da água, normalmente associado ao nível macro e meso do gerenciamento. A atuação sob a demanda de água, no sentido de comprimi-la a níveis racionais, é uma das mais importantes ferramentas de otimização de sistemas de abastecimento.

O controle de perdas do lado da demanda refere-se às atividades realizadas no âmbito do usuário e busca a redução dos consumos individuais e, principalmente, dos desperdícios.

Este é um aspecto relevante que está sintonizado com as atuais políticas de racionalização de recursos hídricos e do código de defesa do consumidor. Como se tratam de ações internas aos imóveis, não é cabível uma intervenção direta da empresa prestadora de serviços. As ações têm sido baseadas em:

- Campanhas de educação e conscientização para o consumo racional:

Esta ação tem por objetivo levar ao usuário a importância do não desperdício de água e quais são as reais conseqüências proporcionadas pela permanência de tais desperdícios.

As campanhas para tal finalidade possuem maior eficácia quando são proporcionadas em escolas de ensino fundamental, pois auxiliam as crianças a criar uma consciência racional de utilização da água.

- Plano tarifário que desestimula os consumos elevados:

Os planos tarifários são os que proporcionam maiores resultados, uma vez que limitam as finanças da maioria da população. Tal ação leva o usuário a refletir sobre as

conseqüências do uso excessivo de água, porém na maioria das vezes pelo lado financeiro, e garantindo então uma demanda cada vez mais útil.

A medição individualizada em prédios é uma forma de estimular o uso racional do recurso hídrico. As experiências realizadas mostram uma redução média de 20% nos consumos residenciais, podendo chegar, em alguns casos, a 50%. Em Belo Horizonte, São Paulo, Porto Alegre, Vitória e várias outras cidades, já existem leis municipais que tratam do assunto.

Os prestadores de serviços já estão percebendo que, apesar de aumentar o universo de usuários individualizados, há uma evidente melhoria da precisão da medição. Em virtude da medição não ficar prejudicada pela caixa d'água dos prédios, há um significativo aumento do faturamento.

A medição individualizada apresenta vantagens também para o consumidor, uma vez que este pagará proporcionalmente ao seu consumo, sendo possível ter retorno financeiro ao evitar o desperdício.

O controle do lado da demanda é um procedimento de vital importância para sistemas que não têm mais mananciais viáveis disponíveis, como é o caso de São Paulo, Recife, Fortaleza e outras, cujas operadoras recorrem freqüentemente a rodízios na distribuição de água.

4.1.9. Uso Industrial

A reciclagem ou reuso de água não é um conceito novo na história do nosso planeta. A natureza, por meio do ciclo hidrológico, vem reciclando e reutilizando a água há milhões de anos, e com muita eficiência.

Cidades, lavouras e indústrias já se utilizam, há muitos anos, de uma forma indireta, ou pelo menos não planejada de reuso, que resulta da utilização de águas, por usuários de jusante que captam águas que já foram utilizadas e devolvidas aos rios pelos usuários de montante. Esta alternativa se mostra mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico, reduzindo assim a captação de água nova para os processos industriais e agrícolas. Embora o reuso possa ser aplicado nos vários setores de atividades, é na atividade industrial que encontra o seu maior potencial de aplicação.

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

As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

Em conjunto com os novos instrumentos de gestão dos recursos hídricos que estão sendo implantados no país, o uso de alternativas tecnológicas para reciclagem e reuso de efluentes industriais e urbanos poderá reduzir os custos de produção nos setores hidrotensivos, além de promover a recuperação, preservação e conservação dos recursos hídricos e dos ecossistemas urbanos.

Por outro lado, verifica-se que a concentração de indústrias ocorre justamente em regiões que apresentam elevado grau de urbanização, o que implica na necessidade das empresas buscarem reduzir o consumo de água, novas fontes de abastecimento e implantar sistemas fechados de utilização da água, com vistas a reciclagem do que até então era considerado como resíduos descartáveis, ampliando assim, o seu reaproveitamento para fins produtivos. Desta forma, poderá haver uma minimização dos conflitos pelo uso da água, especialmente, com o setor de abastecimento público.

A primeira regulamentação que tratou de reuso de água no Brasil foi a norma técnica NBR-13.696, de setembro de 1997. Na norma, o reuso é abordado como uma opção à destinação de esgotos de origem essencialmente doméstica ou com características similares.

Com o crescente interesse pelo tema, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), publicou a Resolução 54 em 2005, que estabelece os critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água. Nessa resolução, são definidas as cinco modalidades de reuso de água: reuso para fins urbanos; reuso para fins agrícolas e florestais; reuso para fins ambientais; reuso para fins industriais; reuso na aquicultura.

No uso industrial, as águas de reuso podem ser empregadas em torres de resfriamento e em caldeiras e também na irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de

pisos e alguns tipos de peça. Na construção civil podem ser utilizadas em processos como preparação e cura de concreto e para compactação do solo. Vale lembrar que as prefeituras também podem reutilizar essa água na irrigação e lavagem de áreas públicas.

A utilização de efluentes como água de reuso para a aplicação da prática do reuso de água em indústrias, existem duas alternativas a serem consideradas. Uma delas é o reuso macro externo, definido como o uso de efluentes tratados provenientes das estações administradas por concessionárias ou outras indústrias. A segunda é o reuso macro interno, definido como o uso interno de efluentes, tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria. A adoção do reuso macro interno pode ser de duas maneiras distintas: reuso em cascata e de efluentes tratados.

- **Reuso em cascata**

Neste processo, o efluente gerado em um determinado processo industrial é diretamente utilizado, sem tratamento, em um outro subsequente, pois o efluente gerado atende aos requisitos de qualidade da água exigidos pelo processo subsequente.

A qualidade da água de reuso é um fator preocupante para quaisquer tipos de reuso em cascata, principalmente quando as características do efluente podem sofrer variações significativas. Nestes casos, recomenda-se a utilização de sistemas automatizados de controle da qualidade, com uma linha auxiliar de alimentação do sistema convencional de abastecimento da empresa.

- **Reuso de efluentes tratados**

Esta é a forma de reuso que tem sido mais utilizada na indústria. Consiste na utilização de efluentes gerados localmente, após tratamento adequado para a obtenção da qualidade necessária aos usos pré-estabelecidos.

Na avaliação do potencial de reuso de efluentes tratados, deve ser considerada a elevação da concentração de contaminantes que não são eliminados pelas técnicas de tratamento empregadas.

Na maioria das indústrias, as técnicas utilizadas de tratamento de efluentes não permitem a remoção de compostos inorgânicos solúveis. Para avaliar o aumento da

concentração desses compostos nos ciclos de reuso, adota-se uma variável conservativa, que seja representativa da maioria dos processos industriais. Geralmente, o parâmetro “Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)” é o mais utilizado nos balanços de massa para determinar as porcentagens máximas de reuso possíveis.

A avaliação do potencial de reuso deve ser efetuada posteriormente à fase de gestão da demanda e de reuso em cascata, uma vez que estas ações irão afetar, de forma significativa, tanto a quantidade quanto a qualidade dos efluentes produzidos, podendo comprometer toda a estrutura de reuso que tenha sido implementada anteriormente ao programa de redução do consumo.

- **Aproveitamento de águas pluviais**

As águas pluviais são fontes alternativas importantes, devido às grandes áreas de telhados e pátios disponíveis na maioria das indústrias. Além de apresentarem qualidade superior aos efluentes considerados para reuso, os sistemas utilizados para sua coleta e armazenamento não apresentam custos elevados e podem ser amortizados em períodos relativamente curtos. Esta fonte deve ser utilizada, na maioria das vezes, como complementar às fontes convencionais, principalmente durante o período de chuvas intensas.

Um sistema de aproveitamento de águas pluviais, em geral, é composto por:

- Reservatório de acumulação;
- Reservatório de descarte (eliminação da água dos primeiros minutos de chuva, que efetua a “limpeza” da cobertura);
- Reservatório de distribuição (atendendo às características da NBR 5626 – Instalação predial de água fria);
- Unidades separadoras de sólidos grosseiros;
- Sistema de pressurização através de bombas para abastecimento dos pontos de consumo;
- Sistemas de tratamento ou apenas sistema de dosagem de produtos para desinfecção da água;
- Tubos e conexões (rede independente).

A água é um insumo vital às atividades e operações de qualquer setor industrial. No entanto, o panorama de escassez hídrica, principalmente nos grandes centros urbanos, somado à rigidez das legislações, que deve ser cada vez maior tendo em vista o cenário ambiental insustentável, bem como os custos relativos à outorga pelo uso e cobrança da água, vêm incentivando a busca por soluções que viabilizem as atividades industriais, seja no aspecto econômico, como no ambiental e social.

O tratamento de águas residuárias de processos industriais constitui um mercado relativamente novo no Brasil e ainda precisa de incentivos. As prefeituras podem favorecer economicamente, abatendo impostos, as indústrias que adotarem o sistema de reuso a fim de aumentar a quantidade de água reutilizada.

4.1.10. Irrigação

A irrigação constitui um segmento de uso em que o emprego de tecnologias modernas aliado a processos de conservação da água, encontra grande possibilidade de racionalização.

O manejo inadequado da água em sistemas de irrigação pode provocar, além do consumo excessivo de água, o aumento do escoamento superficial e com isso a aceleração dos processos erosivos e a contaminação de mananciais por agroquímicos transportados pela enxurrada.

A Lei nº 6.381, de 2005, trata da política nacional de irrigação, na lei cita a utilização racional dos recursos hídricos, com prioridade para a de maior benefício socioeconômico e ambiental.

O manejo da irrigação deve ser efetuado de forma a proporcionar à cultura condições de disponibilidade hídrica. Logo, é importante identificar o momento oportuno de aplicação da água e quantificar o quanto aplicar. Abaixo apresentamos alguns tipos de irrigação:

- **Sistemas de irrigação por gotejamento**

A irrigação por gotejamento se caracteriza pela aplicação da água e de produtos químicos numa fração do volume de solo explorado pelas raízes das plantas, de forma pontual ou em faixa contínua. O volume de solo umedecido por um gotejador é denominado bulbo

molhado, cuja forma e dimensões dependem da vazão do emissor, do volume de água aplicado por irrigação, da textura e perfil do solo.

As dimensões e formato do bulbo molhado são de fundamental importância para a escolha do método de irrigação por gotejamento (Figura 4.16), uma vez que influi diretamente no dimensionamento do sistema e no manejo de água.

A relação entre a área molhada e a área ocupada por uma planta é denominada percentagem de área molhada, destacando-se, também, como um parâmetro importante para o dimensionamento do sistema de irrigação por gotejamento.



Figura 4.16: Irrigação por gotejamento – exemplo de aplicação racional de água, evitando o escoamento superficial

- **Sistemas de irrigação por microaspersão**

A irrigação por microaspersão (Figura 4.17) caracteriza-se pela aplicação da água e de produtos químicos, numa fração do volume de solo explorado pelas raízes das plantas, de forma circular ou em faixa contínua. Nesse sistema de irrigação, as dimensões do bulbo molhado dependem, quase que exclusivamente, do alcance e da intensidade de aplicação ao longo do raio do emissor e do volume de água aplicado por irrigação.

Quando escolhido adequadamente em relação aos tipos de solos e bem manejados, os resultados obtidos têm sido excepcionais.

Dentre os parâmetros a serem utilizados para a escolha do sistema de irrigação por microaspersão, destacam-se: vazão do emissor, raio de alcance, intensidade de aplicação ao longo do raio, consumo de energia e manutenção do emissor.



Figura 4.17: Sistema de Microaspersão

- **Sistema de irrigação por aspersão**

A irrigação por aspersão (Figura 4.18) caracteriza-se pela pulverização do jato de água no ar, visando o umedecimento de 100% da área ocupada pela planta. Existe uma série de modelos de aspersores, quanto ao ângulo que os bocais formam com o plano horizontal (aspersores de sobrecopa e sobcopa) e quanto ao diâmetro dos bocais.



Figura 4.18: Sistema de Aspersão

- **Sistema de irrigação por sulcos**

A irrigação por sulcos se caracteriza pela aplicação de água ao solo, através de pequenos canais abertos ao longo da superfície do terreno. A derivação de água nesse sistema de irrigação pode ser feita por sifões ou por tubos janelados. O sistema de irrigação por sulcos (Figura 4.19), através de sifões, deve ser utilizado em terrenos com declividade inferior a 0,5%, enquanto que o sistema de irrigação por sulcos, utilizando tubos janelados, pode ser usado em terrenos bastante acidentados, uma vez que a condução de água é feita através de tubulações.

A área molhada por sulcos depende do tipo de solo, da vazão aplicada, da declividade do sulco e do tempo de irrigação. Dependendo da topografia do terreno, a percentagem de área molhada por planta pode ser duplicada após um ano de idade, abrindo-se um sulco de cada lado da fileira de plantas.



Figura 4.19: Irrigação por Sulcos

A escolha ou a mudança na técnica de irrigação utilizada pode ser justificada pela economia que o produtor fará quando a cobrança pelos recursos hídricos for implantada na bacia, uma vez que os modelos de cobrança existentes têm taxas proporcionais à vazão captada.

O manejo inadequado da água em sistemas de irrigação e/ou drenagem pode provocar:

- Consumo excessivo de água, ampliando o conflito com outros usuários de água;
- escoamento superficial (enxurradas);
- Aceleração dos processos erosivos;
- Contaminação de mananciais por agroquímicos transportados pela água (lixiviação) e/ou pelos sedimentos (adsorção);
- Redução da qualidade da água dos mananciais.

A agricultura depende, atualmente, de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida, sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais. Esta condição crítica é fundamentada no fato de que o aumento da produção, não pode mais ser efetuado através da mera expansão de terra cultivada.

Nos países em vias de desenvolvimento e em estágio de industrialização acelerada, a taxa de crescimento também caiu de 0,7% para 0,4%. Durante as duas últimas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou, significativamente, devido aos seguintes fatores:

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação.
- Custo elevado de fertilizantes.
- A segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas.
- Os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores.
- A aceitação sócio-cultural da prática do reuso agrícola, e
- Reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínscio da prática.

4.1.11. Alternativas para melhoria da qualidade

O aumento da demanda hídrica dos sistemas públicos, associado à diminuição da qualidade da água bruta disponível e ao aumento da distância dos mananciais aos centros consumidores, leva, indiscutivelmente, ao aumento significativo do custo operacional de captação, tratamento e distribuição da água potável. O tratamento da água nas ETAs será mais custoso, com a deterioração, cada vez maior, da qualidade da água bruta dos mananciais.

De acordo com o diagnóstico, as principais fontes de poluição na Unidade de Gestão GD6 são o esgoto sanitário, o mau uso do solo e as atividades industriais e minerárias.

A melhoria da qualidade da água terá os resultados maximizados se houver a implantação de todas as alternativas abrangidas até então, integradas a alternativas que tratam efetivamente do lançamento desses poluentes nos mananciais e lençol freático. Adicionado a essas medidas, deve se manter uma boa rede de monitoramento da qualidade da água.

- **Aterro sanitário**

Segundo o diagnóstico, na maioria dos municípios mineiros ainda verifica-se que a disposição final dos resíduos sólidos urbanos é feita em lixões a céu aberto. Sabe-se, no entanto, dos sérios impactos ambientais associados a esta prática a partir da lixiviação do chorume que, além de poluir o solo, ao alcançar as águas subterrâneas e superficiais implica na diminuição de sua qualidade. A contaminação de corpos hídricos acarreta no encarecimento de seu tratamento para o abastecimento urbano e também provoca a proliferação de doenças, como a diarreia infecciosa e hepatite A, por exemplo.

Entre os impactos ambientais negativos causados pelo depósito de lixo de forma inadequada, salienta-se também:

Impacto visual: o "lixão" normalmente existe em locais que podem ser vistos pela cidade, causando assim um certo desconforto visual.

O vento que passa por esses locais podem trazer mau cheiro a locais habitados.

A água a jusante desses locais é poluída e muitas vezes contaminam bebedouros de animais.

Neste contexto surgem os aterros sanitários, ou seja, técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

É um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente, lixo domiciliar que fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite a confinamento segura em termos de controle de poluição ambiental, proteção à saúde pública; ou, forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, através de confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente, solo, de acordo com normas operacionais específicas, e de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

Antes de se projetar o aterro, são feitos estudos geológico e topográfico para selecionar a área a ser destinada para sua instalação não comprometa o meio ambiente. É feita, inicialmente, impermeabilização do solo através de combinação de argila e lona plástica para evitar infiltração dos líquidos percolados, no solo. Os líquidos percolados são captados (drenados) através de tubulações e escoados para lagoa de tratamento. Para evitar o excesso de águas de chuva, são colocados tubos ao redor do aterro, que permitem desvio dessas águas, do aterro.

A quantidade de lixo depositado é controlada na entrada do aterro através de balança. É proibido o acesso de pessoas estranhas. Os gases liberados durante a decomposição são captados e podem ser queimados com sistema de purificação de ar ou ainda utilizados como fonte de energia (aterros energéticos).

Segundo a Norma Técnica NBR 8419 (ABNT, 1984), o aterro sanitário não deve ser construído em áreas sujeitas à inundação. Entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de espessura mínima de 1,5 m de solo insaturado. O nível do solo deve ser medido durante a época de maior precipitação pluviométrica da região. O solo deve ser de baixa permeabilidade (argiloso).

O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer curso d'água. Deve ser de fácil acesso. A arborização deve ser adequada nas redondezas para evitar erosões, espalhamento da poeira e retenção dos odores.

Devem ser construídos poços de monitoramento para avaliar se estão ocorrendo vazamentos e contaminação do lençol freático: no mínimo quatro poços, sendo um a montante e três a jusante, no sentido do fluxo da água do lençol freático. O efluente da lagoa deve ser monitorado pelo menos quatro vezes ao ano.

Os aterros sanitários apresentam em geral a seguinte configuração: setor de preparação, setor de execução e setor concluído. Alguns aterros desenvolvem esses setores concomitante em várias áreas, outros de menor porte desenvolvem cada setor de cada vez.

Na preparação da área são realizados, basicamente, a impermeabilização e o nivelamento do terreno, as obras de drenagem para captação do chorume (ou percolato) para conduzi-lo ao tratamento, além das vias de circulação. As áreas limítrofes do aterro devem apresentar uma cerca viva para evitar ou diminuir a proliferação de odores e a poluição visual.

Na execução os resíduos são separados de acordo com suas características e depositados separadamente. Antes de ser depositado todo o resíduo é pesado, com a finalidade de acompanhamento da quantidade de suporte do aterro. Os resíduos que produzem material percolato são geralmente revestidos por uma camada selante.

Atingida a capacidade de disposição de resíduos em um setor do aterro, esse é revegetado, com os resíduos sendo então depositados em outro setor. Ao longo dos trabalhos de disposição e mesmo após a conclusão de um setor do aterro, os gases produzidos pela

decomposição do lixo devem ser queimados e os percolados devem ser captados. Em complemento, também devem ser realizadas obras de drenagem das águas pluviais.

Os setores concluídos devem ser objeto de contínuo e permanente monitoramento para avaliar as obras de captação dos percolados e as obras de drenagem das águas superficiais, avaliar o sistema de queima dos gases e a eficiência dos trabalhos de revegetação. Nesse sentido, segundo IPT (1995), as seguintes técnicas de monitoramento são geralmente utilizadas: piezometria, poços de monitoramento, inclinômetro, marcos superficiais e controle da vazão.

A Figura 20 ilustra um esquema de aterro sanitário.

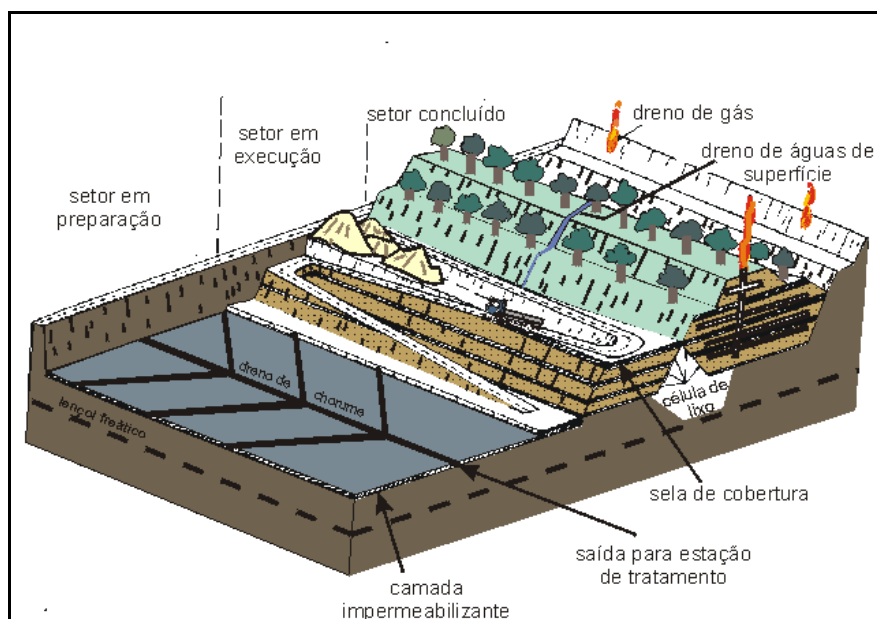


Figura 4.20: Figura esquemática de um aterro sanitário.

As fotos apresentadas na Figura 4.21 e na Figura 4.22 ilustram aterros sanitários em diferentes estágios de desenvolvimento. A primeira ilustra o estágio quase final de conclusão das atividades. Já na segunda o aterro já encontra-se totalmente concluído, com a revegetação e as obras de drenagem realizadas.



Figura 4.21: Aterro em estágio quase final de conclusão das atividades



Figura 4.22: Aterro totalmente concluído.

Considerando que a disposição inadequada de resíduos sólidos constitui ameaça à saúde pública e agrava a degradação ambiental, comprometendo a qualidade de vida das populações, que as dificuldades que os municípios de pequeno porte enfrentam na implantação e operação de aterro sanitário de resíduos sólidos, para atendimento às exigências do processo de licenciamento ambiental e que a implantação de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos deve ser precedida de Licenciamento Ambiental por órgão ambiental competente, nos termos da legislação vigente, a RESOLUÇÃO Nº 404, DE 11 DE NOVEMBRO DE

2008 vem a estabelecer critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.

A alternativa proposta neste caso é a mobilização das prefeituras a criarem consórcios para a criação de aterros sanitários. Também é necessário que haja a coleta e destinação adequada de resíduos hospitalares e industriais.

- **Destinação adequada do efluente doméstico**

Como visto no diagnóstico a maior parte do efluente doméstico é lançado diretamente na bacia. É de grande importância que este quadro seja mudado, uma vez que o tratamento do efluente além de remover matéria orgânica, nutrientes e patógenos que poluiriam o corpo receptor, também diminui os custos de tratamento de água.

Considerando que as obras de saneamento estão diretamente vinculadas à saúde pública e ao caráter mitigador da atividade de tratamento de esgotos sanitários, considerando também a atual situação dos recursos hídricos no país, cuja carga poluidora é, em grande parte, proveniente de lançamento de esgotos domésticos sem prévio tratamento e a necessidade de integrar os procedimentos dos instrumentos da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente e a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, a RESOLUÇÃO CONAMA Nº 377, DE 9 DE OUTUBRO DE 2006, dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário.

Há dois tipos de sistemas de tratamento de águas residuárias: o coletivo, geralmente implantado em áreas urbanas; e o individual para pequenos conglomerados, característico de áreas rurais.

A implantação de sistemas individuais em áreas rurais é uma medida de baixo custo e que oferece grande ganho na qualidade ambiental dessas regiões. A EMBRAPA desenvolveu a Fossa Séptica Biodigestora para substituir, a um custo barato para o produtor rural, o esgoto a céu aberto e as fossas sépticas, além de possibilitar a utilização do efluente como um adubo orgânico, minimizando gastos com adubação química, ou seja, melhorar o saneamento rural e desenvolver a agricultura orgânica. A cartilha para construção encontra-se disponível no site da EMBRAPA.

O destino do esgoto sanitário deveria ser um sistema público, onde a água poluída seria tratada, evitando danos a natureza, mas como isso nem sempre acontece, algumas soluções são adotadas, para se evitar a exposição de esgoto a céu aberto. A Figura 4.23 ilustra uma Fossa Séptica, que é um recipiente onde o líquido proveniente do esgoto sofre decantação, com a retirada desta parte sólida que se acomoda no fundo da fossa, a parte líquida desse esgoto, que é menos poluente, é facilmente filtrada pelo solo.

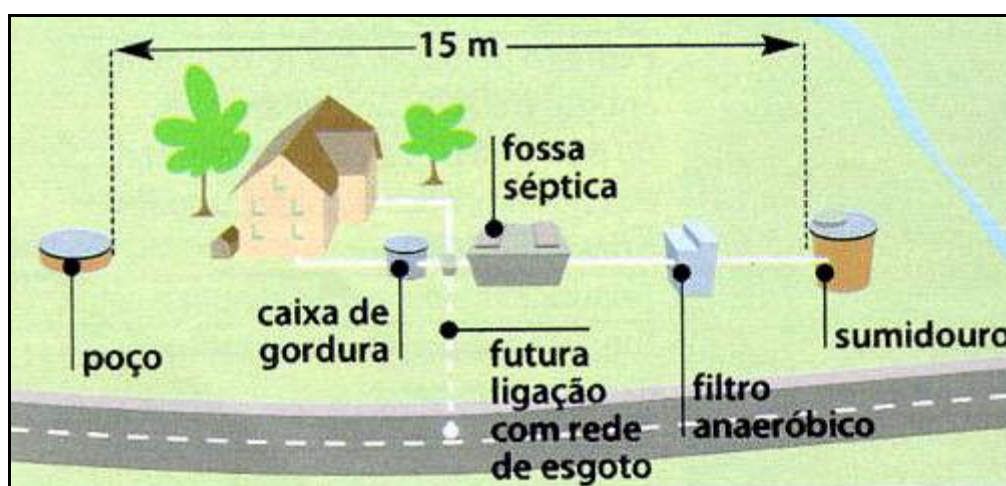


Figura 4.23: Fossa Séptica

A Estação de Tratamento de Esgoto viabiliza a diminuição da contaminação dos mananciais e deve ser construída quando há muitos contribuintes, de forma que o efluente produzido seja transportado e tratado antes da disposição final. Além da implantação da ETE, são necessárias a regularização das ligações clandestinas e a ampliação do sistema de coleta.

- **Uso racional e disposição final de embalagens de fertilizantes e agrotóxicos**

Em relação à contaminação por mau uso do solo, além das medidas de preservação das APPs e irrigação racional, é necessário assistir a questão do mau uso de fertilizantes e agrotóxicos. O insumo em excesso dessas substâncias ocasiona o carreamento para os corpos d'água através do escoamento superficial e da infiltração da água de chuva.

Além disso, tem-se o problema do descarte inadequado das embalagens vazias (Figura 4.24) o que também contribui para o aporte dessas substâncias tóxicas nos mananciais e lençóis freáticos.

A alternativa proposta é o controle da venda de fertilizantes e agrotóxicos e também a sensibilização dos produtores para usar a quantidade indicada pelos técnicos, uma vez que grande parte dos proprietários rurais costuma aplicar mais que o recomendado na esperança de aumentar a eficácia do produto.



Figura 4.24: Disposição inadequada de embalagens de agrotóxico vazias junto a uma nascente

A destinação final das embalagens vazias de agrotóxicos é prevista na legislação federal (Lei Federal n.º 9.974 e Decreto n.º 3.550, ambas de 2000) e trata-se de um procedimento complexo que requer a participação efetiva de todos os agentes envolvidos na fabricação, comercialização, utilização, licenciamento, fiscalização e monitoramento das atividades relacionadas a este assunto.

Portanto, além da orientação do produtor para a disposição correta das embalagens, é preciso aumentar o número de postos de recebimento que darão o fim adequado, podendo até mesmo encaminhá-las de forma segura para reciclagem.

- **Controle da contaminação por atividades industriais e minerárias.**

Para o controle da contaminação causada pelas atividades industriais e minerárias na bacia, tem-se como ferramenta a fiscalização dos efluentes lançados. De acordo com a legislação brasileira (Resolução CONAMA n.º 357), as indústrias devem respeitar os limites dos parâmetros dos componentes de seu efluente, podendo o órgão público responsável acrescentar outras condições e padrões, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica; e exigir a melhor tecnologia disponível para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo curso de água superficial, mediante fundamentação técnica.

No caso das empresas minerárias, principalmente, suas ações estão sob constante fiscalização e, portanto a melhor alternativa adotada é o monitoramento da qualidade da água a fim de observar alguma variação não desejada, tomando as providências cabíveis.

5. ESTIMATIVA DA COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é respaldada pela legislação brasileira e baseia-se no princípio do direito ambiental do poluidor-pagador e usuário-pagador: a água é um bem de todos e para garantia da existência em quantidade e qualidade, deve ser utilizada racionalmente. Inferindo-se um custo monetário ao uso do recurso água, os usuários o farão de maneira menos impactante para a bacia hidrográfica em questão.

A lei nº 9433 de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, traz a cobrança como instrumento para a valoração e conseqüente utilização racional da água e também como forma de obtenção de receita para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos. O valor a ser pago depende da quantidade de água captada, da quantidade consumida em relação à vazão do manancial, e da qualidade do efluente que é devolvido. Sendo assim, serão cobrados somente os usuários sujeitos à outorga, que no geral são grandes usuários que utilizam os recursos hídricos para enriquecimento privado.

No modelo brasileiro, os Comitês de Bacias Hidrográficas possuem a atribuição de definir os valores da cobrança, com base em preços unitários e limites máximos e mínimos estabelecidos. Os valores limites serão estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, no caso de corpos de água de domínio da União, ou pelos governos estaduais, para águas sob seu domínio.

5.1. Legislações que Tratam da Cobrança pelo Uso da Água

A seguir são listadas as leis, decretos e resoluções que abordam a cobrança pelo uso dos recursos hídricos em âmbito federal e estadual.

Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

Lei 13.199, de 29 de janeiro de 1999 - Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.

Decreto 41.578, de 08 de março de 2001 - Regulamenta a Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos.

Deliberação Normativa CERH - MG nº 09, de 16 de junho de 2004 - Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais.

Decreto 44.046, de 13 de junho de 2005 - Regulamenta a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Estado.

Deliberação Normativa CERH nº 27, de 18 de dezembro de 2008 - Dispõe sobre os procedimentos para arrecadação das receitas oriundas da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais.

Resolução Conjunta ANA/IGAM nº 779, de 20 de outubro de 2009 - Dispõe sobre a integração das bases de dados de uso de recursos hídricos entre a ANA e o IGAM, prioritariamente nas bacias em que a cobrança pelo uso de recursos hídricos estiver implementada.

Portaria IGAM nº 038, de 21 de dezembro de 2009 - Institui o valor mínimo anual da cobrança pelo uso de recursos hídricos para fins de emissão do Documento de Arrecadação Estadual – DAE; dispõe sobre o parcelamento do débito consolidado, e dá outras providências.

Resolução Conjunta SEF/SEMAD/IGAM nº 4.179, de 29 de dezembro de 2009 - Dispõe sobre os procedimentos administrativos relativos à arrecadação decorrente da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais (CRH/MG), e dá outras providências.

5.2. Metodologias de Cobrança

Um dos pressupostos mais importantes para a definição da metodologia de cobrança é sua simplicidade conceitual/operacional, que possibilite sua aplicação em curto prazo. Além disso, a simplicidade da formulação propicia aos usuários o pleno entendimento e controle do processo, minimizando a insegurança dos pagadores frente à novidade da cobrança. Estes fatos são importantes para facilitar a aprovação da cobrança. As metodologias de cobrança aprovadas pelo CERH-MG são as seguintes:

Deliberação CERH nº 184 de 26 de agosto de 2009 - Aprova a metodologia de cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, na forma da Resolução do CBH Araguari nº 12, de 25 de junho de 2009.

Deliberação CERH nº 185, de 26 de agosto de 2009 - Aprova a metodologia de cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, na forma da Deliberação Normativa do CBH Velhas nº 03, de 20 de março de 2009, com redação dada pela Deliberação Normativa do CBH Velhas nº 04, de 06 de julho de 2009.

Deliberação CERH nº 213, de 27 de março de 2009 - Aprova a metodologia de cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba e Jaguari, na forma da Deliberação Normativa dos Comitês PCJ nº 021, de 18 de dezembro de 2008.

O IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) disponibiliza no seu site (<http://www.igam.mg.gov.br/cobranca/simulcao>) uma planilha de simulação do potencial de arrecadação de cada unidade de planejamento e gestão de recursos hídricos (UPGRH) do Estado de Minas Gerais, bem como um manual que explica como foi feita a planilha. Para tal simulação, foi adotada a metodologia aprovada no Comitê Federal do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), a qual entrou em vigor no início do ano de 2007. A seguir serão explicadas as fórmulas do CEIVAP para a captação, consumo e diluição.

Para a simulação em questão, foram considerados somente três setores preponderantes, a saber: saneamento, agropecuária (irrigação) e indústria.

- **Captação**

A cobrança pela captação de água será feita de acordo com a Eq. 4.1, que toma como base as vazões outorgadas:

$$\text{Valor}_{\text{cap}} = Q_{\text{cap out}} \cdot \text{PPU}_{\text{cap}} \cdot K_{\text{cap classe}} \quad (\text{Eq. 4.1})$$

Onde:

$\text{Valor}_{\text{cap}}$ é o pagamento anual pela captação de água em R\$/ano;

$Q_{\text{cap out}}$ é o volume anual de água em m³/ano, captado segundo valores da outorga ou verificados pelo organismo outorgante, em processo de regularização;

PPU_{cap} é o preço público unitário para captação em R\$/m³;

$K_{\text{cap classe}}$ é o desconto dado para a captação de água de acordo com a classe em que o curso de água se enquadra.

O Preço Público Unitário é atribuído pelo comitê de bacia. O valor que será adotado para a captação, seguindo a metodologia do CEIVAP é de R\$ 0,01 para cada m³ de água captado.

Os valores de $K_{\text{cap classe}}$, por classe de uso do manancial, são definidos conforme a Tabela 5.1:

Tabela 5.1: K_{cap} por classe do corpo d'água

CLASSE DO CORPO D'ÁGUA	$K_{\text{cap classe}}$
1	1,0
2	0,9
3	0,9
4	0,7

Para a simulação do potencial de arrecadação da bacia do GD6 será adotado $K_{\text{cap classe}} = 0,9$.

Quando houver medição do volume anual de água captado, a cobrança será feita de acordo com a Eq. 4.2:

$$\text{Valor}_{\text{cap}} = [K_{\text{out}} \cdot Q_{\text{cap out}} + K_{\text{med}} \cdot Q_{\text{cap med}} + K_{\text{med extra}} \cdot (0,7 \cdot Q_{\text{cap out}} - Q_{\text{cap med}})] \cdot \text{PPU}_{\text{cap}} \cdot K_{\text{cap classe}} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

Onde:

K_{out} é peso atribuído ao volume anual de captação outorgado;

K_{med} é o peso atribuído ao volume anual de captação medido;

$K_{\text{med extra}}$ é o peso atribuído ao volume anual disponibilizado no corpo d'água;

$Q_{\text{cap med}}$ é o volume anual de água captado em m^3/ano , segundo dados de medição.

Para o cálculo dos coeficientes K_{out} , K_{med} e $K_{\text{med extra}}$, usa-se a Tabela 5.2:

Tabela 5.2: Estimativa dos coeficientes da Eq. 4.2

RELAÇÃO $Q_{\text{cap med}}/Q_{\text{cap out}}$	K_{out}	K_{med}	$K_{\text{med extra}}$
$\geq 0,7$	0,2	0,8	0,0
$< 0,7$	0,2	0,8	1,0
$> 1,0$	0,0	1,0	0,0

- **Consumo**

A cobrança pelo consumo de água por dominialidade será feita de acordo com a Eq. 4.3:

$$\text{Valor}_{\text{cons}} = (Q_{\text{capT}} - Q_{\text{lançT}}) \cdot \text{PPU}_{\text{cons}} \cdot (Q_{\text{cap}}/Q_{\text{capT}}) \quad (\text{Eq. 4.3})$$

Onde:

$\text{Valor}_{\text{cons}}$ é o pagamento anual pelo consumo de água em R\$/ano;

Q_{capT} é o volume anual de água captado total em m^3 /ano, igual ao $Q_{cap\ med}$ ou igual ao $Q_{cap\ out}$, se não existir medição;

Q_{cap} é o volume anual de água captado em m^3 /ano, igual ao $Q_{cap\ med}$ ou igual ao $Q_{cap\ out}$, se não existir medição;

$Q_{lançT}$ é o volume anual de água lançado total em m^3 /ano;

PPU_{cons} é o preço público unitário para o consumo de água em $R\$/m^3$.

O cálculo do $Q_{lançT}$ é dado pela Eq. 4.4 e pela Eq. 4.5:

- Quando não houver medição do volume de água captado:

$$Q_{lançT} = (1 - k_{cons}) \cdot Q_{cap\ out} \quad (Eq.4.4)$$

- Quando houver medição do volume de água captado:

$$Q_{lançT} = (1 - k_{cons}) \cdot Q_{cap\ med} \quad (Eq. 4.5)$$

O K_{cons} representa a porcentagem da vazão captada (outorgada ou medida, quando houver medição) que é consumida. Serão adotados para a simulação de arrecadação os valores apresentados na Tabela 5.3:

Tabela 5.3: Valores adotados para K_{cons}

SETOR	K_{cons}
Saneamento	0,2 (20%)
Indústria	0,2 (20%)
Agropecuária (Irrigação)	0,5 (50%)

O valor que será adotado para o PPU_{cons} , seguindo a metodologia do CEIVAP é de $R\ \$0,02$ para cada m^3 de água consumido.

- **Diluição**

A cobrança pelo lançamento de carga orgânica será feita de acordo com a Eq. 4.6:

$$\text{Valor}_{\text{dil}} = \text{CO}_{\text{DBO}} \cdot \text{Q}_{\text{LançT}} \cdot \text{PPU}_{\text{dil}} \quad (\text{Eq. 4.6})$$

Onde:

$\text{Valor}_{\text{dil}}$ é o pagamento anual pelo lançamento de carga orgânica em R\$/ano;

CO_{DBO} é a carga orgânica anual de $\text{DBO}_{5,20}$ (Demanda Bioquímica de Oxigênio após 5 dias a 20°C) efetivamente lançada em kg/m^3 ;

PPU_{dil} é o preço público unitário para diluição de carga orgânica em R\$/kg.

Para o setor de saneamento será adotado uma carga orgânica de $0,3 \text{ kg}/\text{m}^3$ (equivalente a 300 mg/L, DBO média para esgotos domésticos). Para o setor industrial e de irrigação, despreza-se a carga orgânica lançada.

O valor que será adotado para o PPU_{dil} , seguindo a metodologia do CEIVAP é de R\$ 0,07 para cada kg de DBO lançada.

- **Arrecadação Total Anual**

Nos setores de saneamento e industrial, o valor anual arrecadado será igual a (Eq. 4.7):

$$\text{Arrecadação Anual} = (\text{Valor}_{\text{cap}} + \text{Valor}_{\text{cons}} + \text{Valor}_{\text{dil}}) \quad (\text{Eq. 4.7})$$

Já a cobrança pela captação e pelo consumo de água para os usuários do setor de agropecuária (irrigação), será efetuada de acordo com a Eq. 4.8:

$$\text{Valor}_{\text{agropec}} = (\text{Valor}_{\text{cap}} + \text{Valor}_{\text{cons}}) \cdot K_{\text{agropec}} \quad (\text{Eq. 4.8})$$

Onde:

Valor_{agropec} é o pagamento anual pela captação e pelo consumo de água para usuários do setor de agropecuária (irrigação) em R\$/ano;

K_{agropec} é o coeficiente que leva em conta as boas práticas de uso e conservação da água na propriedade rural onde se dá o uso de recursos hídricos.

O CEIVAP adota o K_{agropec} = 0,05 ou 5%. Nessa simulação foi adotado o mesmo valor utilizado pelo CEIVAP.

5.3. Estimativa do potencial de arrecadação na Unidade de Gestão GD6

Para obter a estimativa do potencial de arrecadação da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros no Rio Mogi-Guaçu e Pardo, foram levadas em conta as vazões outorgadas tanto do IGAM, quanto do CNARH (Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos). Na Tabela 5.4 encontram-se as vazões de captação outorgadas pelo IGAM e pelo CNARH na Unidade de Gestão GD6, nos diferentes setores. Foi considerada para o cálculo a vazão total outorgada, ou seja, a soma da vazão superficial com a vazão subterrânea. As outorgas do IGAM apresentadas são as que foram deferidas até agosto de 2008, enquanto que as outorgas do CNARH são as deferidas até janeiro de 2008.

Tabela 5.4: Vazões de captação outorgadas na Unidade de Gestão GD6

SETOR	VAZÃO TOTAL OUTORGADA (m ³ /ano)		
	OUTORGA IGAM	OUTORGA CNARH	TOTAL
Abastecimento Público	16.818.148,8	1.305.240,0	18.123.388,8
Consumo Agroindustrial	1.358.851,2	-	1.358.851,2
Consumo humano	1.469.174,6	-	1.469.174,6
Consumo industrial	11.116.002,0	350.400,0	11.466.402,0
Irrigação	7.781.070,0	3.495.240,0	11.276.310,0

Para a vazão de saneamento, foram consideradas as outorgas para o abastecimento público e consumo humano. Já para a vazão industrial, foram levados em conta o consumo industrial e o consumo agroindustrial. Desta forma, tem-se a Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Vazões de captação outorgadas nos 3 setores considerados

SETOR	Q _{cap out} (m ³ /ano)
Saneamento	19.592.563,4
Irrigação	11.276.310,0
Indústria	12.825.253,2

Aplicando as equações que foram apresentadas na metodologia de cobrança do CEIVAP, obteve-se a estimativa de arrecadação em cada setor (saneamento, indústria e irrigação) para cada parcela (captação, consumo e diluição). Os resultados encontram-se na Tabela 5.6. Nessa estimativa considerou-se que 100% da vazão outorgada foi efetivamente captada (medida).

O resultado obtido mostra um potencial de arrecadação em torno de R\$ 760 mil anuais. Desse total, 76,7% é derivado do setor de saneamento, 1,4% vem do setor de irrigação e o restante (21,9%) é obtido do setor industrial, como ilustrado na Figura 5.1.

Tabela 5.6: Estimativa do potencial de arrecadação nos diferentes setores

SETOR	Valor _{cap} (R\$/ano)	Valor _{cons} (R\$/ano)	Valor _{dil} (R\$/ano)	Total (R\$/ano)
Saneamento	176.333,07	78.370,25	329.155,07	583.858,39
Agropecuária (Irrigação)	101.486,79	112.763,10	-	10.712,49*
Indústria	115.427,28	51.301,01	-	166.728,29
Total	393.247,14	242.434,37	329.155,07	761.299,18

* Foi usado K_{agropec} = 0,05

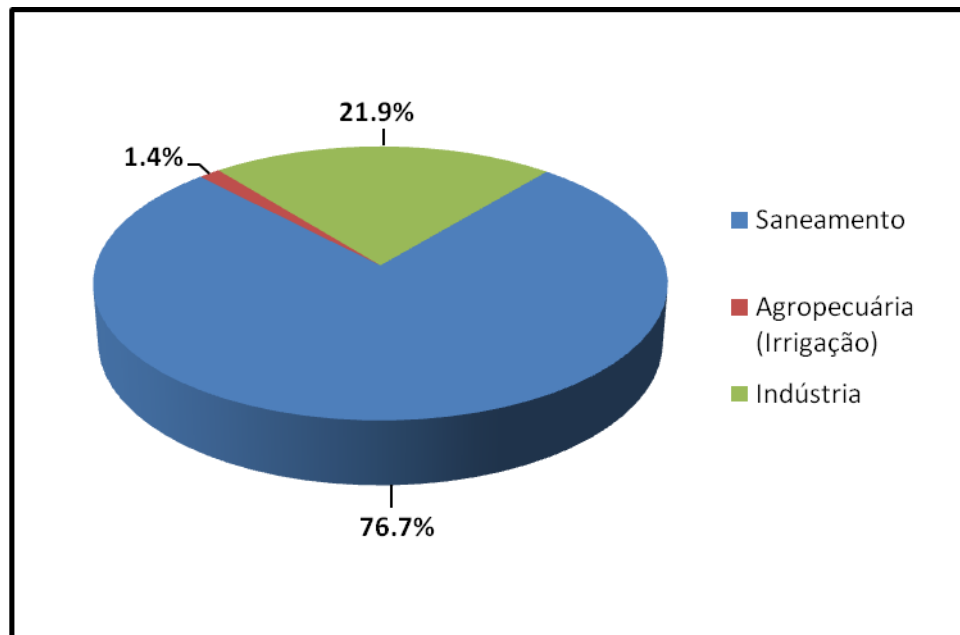


Figura 5.1: Distribuição do potencial de arrecadação, segundo os tipos de uso

A Figura 5.2 ilustra o potencial de arrecadação considerando a variação no percentual de vazão de captação medida em relação à vazão de captação outorgada ($Q_{cap\ med}/Q_{cap\ out}$), ou seja, quantos por cento do valor outorgado é efetivamente captado. Um percentual que pode ser considerado realista, caso se tenha um sistema de fiscalização e cobrança eficiente é de 70%.

Para análise do impacto desses valores, deve-se considerar que a Lei nº 9.433/97 define que os recursos obtidos com a cobrança serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados e que para manutenção da Agência de Bacia, o limite é de 7,5% (sete e meio por cento) do total arrecadado. Ou seja, esse é o limite que poderá ser usado no pagamento de despesas como funcionários, aluguéis, contas de água, luz e telefone, dentre outras (Art. 22, I, II e § 1º).

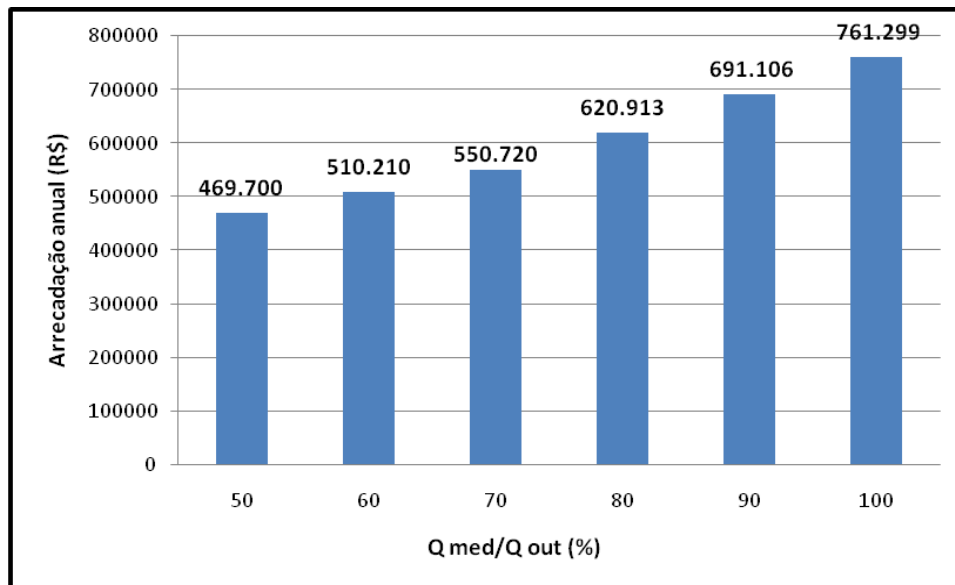


Figura 5.2: Estimativa do potencial arrecadação para diferentes relações Q_{med}/Q_{out}

Analisando a Figura 5.2 e considerando uma vazão medida em torno de 70% da vazão outorgada é possível verificar que o valor anual arrecadado na bacia (aproximadamente R\$ 551 mil) é baixo se comparado aos custos de manutenção de agência, disponibilizando cerca de R\$ 3.400 mensais (7,5% do total mensal, conforme legislação) para cobrir tais custos. Tal valor arrecadado também é considerado baixo para a implementação de medidas mitigadoras de impactos ambientais. Esses resultados mostram que o caminho a ser seguido para o arranjo institucional da Unidade de Gestão deverá ser a criação de uma Agência de Bacia em conjunto com outras bacias do estado de Minas Gerais.

A capacidade do instrumento de influenciar o comportamento dos usuários do recurso decorre do nível de eficiência e efetividade da cobrança. Outros aspectos considerados de suma importância para que a cobrança possa gerar impactos positivos na gestão de recursos hídricos dizem respeito a sua praticabilidade e aceitabilidade por parte dos setores usuários e demais interessados. A experiência em outros países e nas bacias hidrográficas brasileiras que já adotam esse instrumento de gestão dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, mais do que instrumento para gerar receita, é indutora de mudanças para economia da água, redução de perdas e para a gestão com justiça ambiental. Isso porque é cobrado de quem usa ou polui.

6. ARTICULAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DOS INTERESSES INTERNOS E EXTERNOS À BACIA

Esse item aborda alguns aspectos institucionais e legais a serem considerados pelas entidades internas e externas, ligadas aos recursos hídricos da bacia, tais como comitês de bacias, órgãos gestores e os diversos setores de usuários. Com objetivo de garantir o atendimento de água com qualidade e quantidade aos distintos usos na bacia dos Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu/Pardo (GD6) e nas bacias limítrofes.

A bacia do GD6 faz divisa com as unidades de gestão mineiras dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (GD7), do entorno do reservatório de Furnas (GD3), do Rio Sapucaí (GD5) e a bacia dos Rios Piracicaba/Jaguari (PJ1). Do estado de Minas Gerais os rios Mogi-Guaçu/Pardo correm no sentido do estado de São Paulo, onde constituem a parte paulista da bacia do Rio Mogi-Guaçu (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 09 – UGRHI 09) e da bacia do Rio Pardo (UGRHI 04). A Figura 6.1 mostra as bacias adjacentes à bacia do GD6 em Minas Gerais.

Sob a coordenação do IGAM estão sendo desenvolvidos diversos planos de bacias no estado de Minas Gerais com provável interesse para a bacia dos Afluentes Mineiros do Rio Mogi-Guaçu/Pardo. A programação de trabalho para o desenvolvimento dos planos das bacias adjacentes à bacia do GD6 pode ser observada na Tabela 6.1.

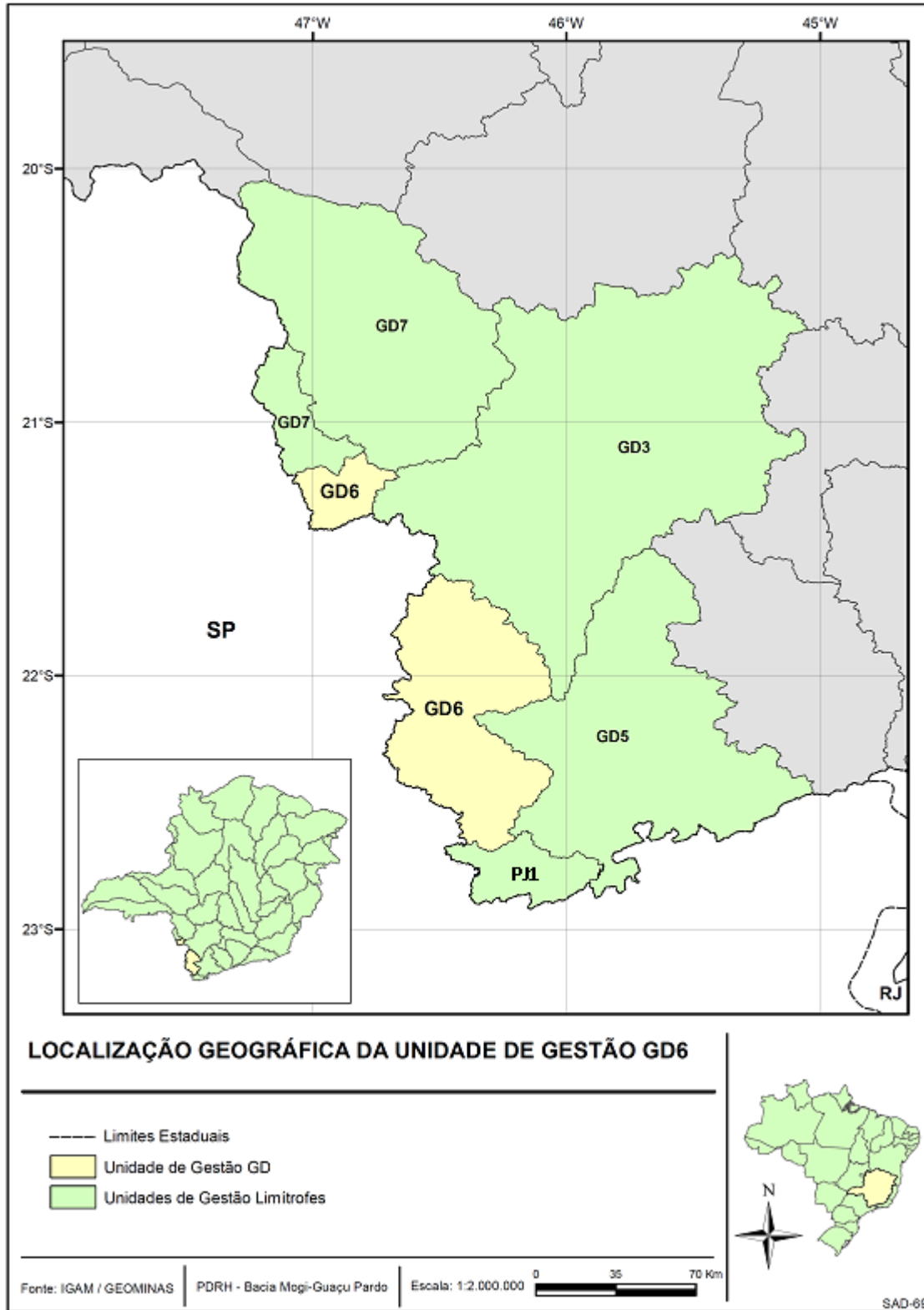


Figura 6.1: Unidades de Gestão limítrofes a Unidade GD6

Tabela 6.1: Informações das regiões hidrográficas

REGIÃO HIDROGRÁFICA	COMITÊ DE BACIA	PLANO DIRETOR
GD3 – Entorno da Represa de Furnas	CBH do Entorno do Reservatório de Furnas – em funcionamento	Em elaboração – término em 2010
GD5 – Rio Sapucaí	CBH do Rio Sapucaí – em funcionamento	Em elaboração – término em 2010
GD6 – Mogi-Guaçu/Pardo	CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu/Pardo – em funcionamento	Em elaboração – término em 2010
GD7 – Médio Grande	CBH dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande – em funcionamento	Contratação em andamento
PJ1 – Piracicaba/Jaguari	CBH dos Rios Piracicaba/Jaguari – em funcionamento	Concluído em 2008
UGRHI 04 – Rio Pardo (SP)	CBH Pardo	Concluído em 2006
UGRHI 09 – Mogi-Guaçu (SP)	CBH Mogi	Concluído em 2008

Ainda não se tem claro os principais interesses entre as unidades de gestão, mas de antemão sabe-se que a parte paulista da bacia dos rios Mogi-Guaçu/Pardo certamente terão forte interesse na qualidade e na quantidade de água no exutório da bacia do GD6. Por outro lado, que no que diz respeito ao arranjo institucional os interesses poderão convergir para a implantação de uma agência de bacia única, por exemplo.

Na Tabela 6.2 são apresentados alguns aspectos de quantidade e qualidade da água que podem caracterizar possíveis conflitos entre as unidades de Gestão vizinhas a GD6. O que se observa é que em relação as Unidade de Gestão de Minas Gerais, a Unidade de Gestão GD6 não possui relação direta de troca de água, uma vez que não se detectou qualquer transposição de água entre elas. Dessa forma, não se destacam possíveis conflitos entre elas, mas sim a possibilidade de se articularem para a criação de uma mesma Agência de Bacia para todas as Unidades de Gestão que estão em seu entorno, uma vez que nenhuma delas terá condições de criar sua própria agência.

Tabela 6.2: Possíveis pontos de parceria e/ou conflito entre das regiões hidrográficas vizinhas a GD6

Região Hidrográfica	Pontos de Interesse/Conflito
GD3 – Entorno da Represa de Furnas	Criação de agência de bacia
GD5 – Rio Sapucaí	Criação de agência de bacia
GD7 – Médio Grande	Criação de agência de bacia
PJ1 – Piracicaba/Jaguari	Criação de agência de bacia
UGRHI 04 – Rio Pardo	Vazão mínima no exutório e parâmetros de qualidade da água, comitê e agência do Rio Grande
UGRHI 09 – Mogi-Guaçu	Vazão mínima no exutório e parâmetros de qualidade da água, comitê e agência do Rio Grande

No caso das partes das bacias do rio Mogi-Guaçu e Pardo pertencentes ao estado de São Paulo, podem ocorrer conflitos de interesses com a Unidade de Gestão GD6, uma vez que recebem água diretamente de seus rios. Os conflitos podem ser relacionados tanto a quantidade quanto a qualidade das águas.

Em relação à quantidade, as Portarias do IGAM nº 010/98 e nº 007/99 do Estado de Minas Gerais, para fins da concessão de outorga de água, determinam que a vazão de referência é a vazão mínima média de sete dias com dez anos de tempo de retorno ($Q_{7,10}$). Dessa forma, fixa em 30% da vazão $Q_{7,10}$ o limite máximo de derivações consuntivas a serem outorgadas, na porção da bacia hidrográfica limitada por cada seção de captação, em condições naturais, ficando garantido a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% da $Q_{7,10}$.

Para o estado de São Paulo o artigo 14 da Lei Estadual nº 9034/94, também fixa que a vazão de referência para a outorga será a $Q_{7,10}$, sendo que a soma da vazões captadas em uma determinada bacia hidrográfica, ou parte desta, quando superar 50% da vazão de referência, a mesma será considerada crítica e haverá gerenciamento especial.

Nota-se que o critério de outorga em Minas Gerais é mais restritivo do que em São Paulo, pois mesmo que no exutório dos rios da Unidade de Gestão GD6 seja consumida toda vazão permitida pela legislação de Minas Gerais, esta ainda será menor do que o limite de São Paulo.

Em termos de qualidade, os afluentes mineiros da Bacia Mogi e Pardo chegam com as mesmas, ou melhores, características no Estado de São Paulo, visto que, os comitês da parte paulista estabeleceram que quase todos os corpos d'águas presentes nas respectivas bacias pertencem a Classe 2, exceto alguns poucos enquadrados como classes 3 e 4. No caso dos afluentes mineiros, todos ainda estão definidos como classe 2, uma vez que o enquadramento ainda não foi realizado. Entretanto, durante a realização do enquadramento deve-se ter o cuidado de não piorar as condições de qualidade das bacias a jusante, embora dificilmente isto ocorra.

Na elaboração do PDRH dos Afluentes Mineiros do Mogi-Guaçu/Pardo, a articulação e compatibilização dos interesses externos a bacia se dará em dois momentos distintos: i) na revisão do enquadramento e na proposta de efetivação quando se fará uma avaliação da condição do exutório do rio Mogi-Guaçu/Pardo na parte paulista da bacia e se estabelecerá medidas para atingir ou manter a qualidade de água esperada; ii) na proposta de arranjo institucional quando será estudada e analisada as relações institucionais entre o Comitê da Bacia dos Afluentes Mineiros do rio Mogi-Guaçu/Pardo e os Comitês de Bacias limítrofes.

Em se tratando dos interesses internos a questão principal são as vazões e a qualidade de água dos exutórios de cada sub-bacia. Isso está intrinsecamente relacionada com a gestão da outorga e do enquadramento. Assim, para compromissar uma qualidade de água e uma vazão de entrega no exutório é preciso administrar os usos da água em cada sub-bacia.

A gestão de recursos hídricos é considerada também uma administração de conflitos. Principalmente nas situações de escassez (seca), excesso (enchente) e poluição (má qualidade). Para obtenção de sucesso deve-se administrar o presente, planejando o futuro e pensando em todos os segmentos de usuários.

A questão ou desafio que se coloca é como encontrar meios e ferramentas que possam possibilitar a gestão de todos esses problemas buscando a harmonia entre os diversos usos das águas compatibilizando os interesses dos usuários, possibilitando a preservação da natureza e garantindo os compromissos que serão assumidos nos exutórios das sub-bacias e na parte paulista da Bacia do Rio Mogi-Guaçu/Pardo.

Assim, é importante mencionar que os instrumentos disponíveis para a gestão de recursos hídricos e meio ambiente, se corretamente utilizados, são mais do que suficientes para a prevenção e resolução de conflitos, tais como: o plano de bacia, o enquadramento, a

outorga, a cobrança, dentre outros. E, para que tenham efetividade, os instrumentos de controle (licenças, outorgas, alvarás,...) necessitam de diretrizes ou normas que são estabelecidas pelos instrumentos de planejamento (plano diretor municipal, zoneamento ambiental, plano de bacia, enquadramento,...).

Embora a bacia do GD6 possua uma situação confortável, com o crescimento do consumo, a poluição dos mananciais e a concentração populacional e da atividade econômica, é essencial o gerenciamento integrado de recursos hídricos, que corresponde às ações destinadas a regular o uso, controlar e proteger os recursos hídricos conforme os princípios estabelecidos na política estadual de recursos hídricos, a fim de compatibilizar todos os interesses.

7. SÍNTESE E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO

Conforme descrito por esse relatório, apenas duas bacias apresentam-se críticas em termos de quantidade de água captada, que são a bacia do Rio Lambari e a do Rio Parapatinga. Ambas bacias já apresentam vazões de captação estimadas acima do limite de outorga do Estado de Minas Gerais, e com tendência de aumento nos cenários considerados. Entretanto, ressalta-se que até o presente momento não existem registros de escassez de água nessas bacias, ou seja, não foram registrados casos de falta de água nas bacias. Essa situação ocorre devido ao limite bastante restritivo do limite de outorga no estado. Além disso, destaca-se que essas situações ocorrem caso se considerem todas as vazões captadas. Ao serem consideradas somente as vazões outorgadas, incluindo usuários insignificantes, os limites ainda se encontram abaixo do limite permitido.

Mesmo considerando eventuais retiradas pontuais, localizadas em algum segmento específico, os volumes a serem incrementados são de baixa monta, podendo ser solucionados com intervenções pontuais, de baixa complexidade tecnológica, tais como pequenos barramentos ou captação de água subterrânea. Os usos a serem contemplados neste caso são, principalmente, o abastecimento humano e industrial.

Desta forma, as alternativas de intervenções, nesta primeira versão do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia dos Afluentes Mineiros dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, não consideram alternativas expressivas de incremento de oferta, uma vez que não se observam nem se projetam, para o período estudado, situações de conflito pela insuficiência real de disponibilidade de água. Apesar disso, podem ocorrer caso de conflito devido a ato de se exceder o limite de 30% d vazão Q7,10.

Neste ponto, é preciso que se diga que as ações relativas à gestão e revitalização, mesmo nas áreas onde os saldos hídricos são positivos, não podem ser descartadas como ações importantes e necessárias ao manejo das disponibilidades hídricas na bacia. Estas são essenciais à criação de um ambiente onde as responsabilidades sobre a gestão dos usos das águas seja responsável e racional.

Importante mencionar que os estudos realizados consideram, para os cenários de desenvolvimento estudados (por um período de 20 anos) que haverá manutenção das condições climatológicas atualmente existentes. Ou seja, não se previu as atuais e alarmantes preocupações com os efeitos do aquecimento global.

Dessa forma, é extremamente importante trabalhar-se preventivamente procurando-se a manutenção ou até a melhoria da disponibilidade de água da Unidade de Gestão, o que poderá no futuro se apresentar com um diferencial na atratividade de novos empreendimentos.

Isto posto, este prognóstico aponta a questão da qualidade da água como o tema mais importante, que irá exigir a adoção de medidas pontuais, como coleta e tratamento de esgotos, e medidas de gestão de saneamento mais abrangentes, para a diminuição de cargas poluentes de origem difusa.

O tratamento de esgotos, na situação atual do país, constitui uma atividade para a qual já existem soluções técnicas altamente viáveis, do ponto de vista técnico e construtivo, e para o qual também existem linhas de financiamento amplas e abrangentes. Os núcleos populacionais surgem como prioritários para esta ação sendo que os municípios como Poços de Caldas, Andradas e Quaxupé, dentre outros, os possuem uma maior carga remanescente de DBO. Ressalta-se que os estudos para efetivação do enquadramento em elaboração definirão as prioridades para o tratamento de esgotos considerando a qualidade de água desejada para cada trecho de rio.

Na questão do saneamento, a disposição adequada de resíduos também contribui para a diminuição de contaminantes e carga orgânica que são lançados nos cursos d'água. A implantação de aterros sanitários, devidamente licenciados pelo órgão ambiental competente, incorpora um importante esforço na diminuição destas fontes de contaminação.

Por fim, têm-se a questão das cargas difusas, oriundas, predominantemente, do meio rural, tanto de origem orgânica, quanto dos compostos agroquímicos (adubos e pesticidas). O uso

adequado dos insumos rurais, bem como o tratamento dos dejetos animais, principalmente nas criações intensivas são ações necessárias e importantes nesta questão.

Como síntese das alternativas acima discutidas, pode-se indicar algumas ações para a Unidade de Gestão GD6 a serem aprofundadas nas etapas posteriores do plano:

- ✓ Ações de gestão para diminuição do consumo hídrico, notadamente relacionadas à redução de perdas no abastecimento público, como forma de atingir índices mais elevados de eficiência do serviço. Estas ações devem ser empregadas no âmbito de toda a bacia, mas com maior prioridade para as cidades de maior porte, como de Poços de Caldas, Andradas, Guaxupé, Ouro Fino, dentre outras;
- ✓ Ações de revitalização de bacias, também em âmbito regional, como forma de se reconstituir feições mais harmônicas e naturais das microbacias, permitindo seu manejo de forma mais adequada. Além do eventual aumento ou regularização de vazões naturais, estas medidas produzem efeito benéfico sobre a qualidade da água, ao evitar o carreamento de sedimentos e contaminantes aos cursos d'água. As sub-bacias identificadas como mais sensíveis a ações desta natureza, pelo grau atual de degradação são o rio Lambari, rio do Canoas, Jaguarí, Mogi Guaçu, Onça, Parapatinga, dentre outros;
- ✓ Ações de coleta e tratamento de esgoto, além de disposição adequada de resíduos sólidos, notadamente nas cidades de maior porte, tais como Poços de Caldas, Andradas, Guaxupé, Ouro Fino, e outras visando diminuir a carga orgânica lançada junto à estas cidades;
- ✓ Ações de saneamento rural, controle de agroquímicos e tratamento de dejetos rurais, predominantemente nas sub-bacias do rio Lambari, rio do Canoas, Jaguarí, Mogi Guaçu, Onça, Parapatinga, dentre outros, onde existe um perfil de produção agropecuário mais intenso.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil.* Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Código Florestal. *Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965.* Dispõe sobre as áreas de preservação permanente e reserva legal. Disponível em <<http://www.ecologia.dbi.ufla.br/site%20ecoaplicada/legisla%C3%A7%C3%A3o/LEI%20N%C2%BA%204771-1965.htm>> Acesso em mai. 2010.

Conservação e reuso da água, volume 1, FIESO/CIESP, 69p.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 302 de 20 de março de 2002* – Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>> Acesso em mai. 2010.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 303 de 20 de março de 2002* – Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>> Acesso em mai. 2010.

EMBRAPA – SISTEMAS DE PRODUÇÃO. CEVADA. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cevada/CultivodeCevada_3ed/index.htm> Acesso em mai. 2010.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI Jr., R.; GALETI, P. A.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. de. *Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços.* In: SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, Campinas, 1988. *Anais...* Campinas, SP: Fundação Cargill, 1989. p. 99-124.

Manual de conservação e reuso da água na indústria. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN, 2007, 29p.

MINAS GERAIS. Lei nº 18.023 de 09 de janeiro de 2009. Dá nova redação ao artigo 2º da Lei 7.302 de 21 de julho de 1978, que altera o Art. 10 da Lei nº 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. *Diário do Executivo – Minas Gerais*, Belo Horizonte, 2 p., 2009.

PORTAL GOVERNO DE MINAS GERAIS. HOME. Disponível em <<http://www.mg.gov.br/governomg/comunidade/governomg/pagina-inicial/5145/>> Acesso em mai. 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSOS. HOME. Disponível em <<http://www.passos.mg.gov.br/>> Acesso em mai. 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA. HOME. Disponível em <<http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/principal>> Acesso em mai. 2010.

SARZEDAS, G.L.; RAMOS, A.N; MATSUGUMA, S. “Pesquisa de Vazamentos ou Redução de Pressão. Como investir na redução de perdas físicas.” In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, Rio de Janeiro, 1999. Anais. p.1451-1461.