

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

DEMANDAS E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
PARDO (RS) NOS CENÁRIOS ATUAL E FUTURO PARA DIFERENTES SISTEMAS DE  
PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO

FERNANDA HELFER

*Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.*

**Orientador:** Prof. José Antônio Saldanha Louzada – IPH/UFRGS

**Banca Examinadora:**

Prof <sup>a</sup> . Nilza Maria dos Reis Castro	IPH/UFRGS
Prof. Fernando Falco Pruski	DEA/UFV
Prof. Paulo Régis Ferreira da Silva	DEPLAV/UFRGS

Porto Alegre, novembro de 2006

## APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Prof. José Antônio Saldanha Louzada.

No ano de 2004, o desenvolvimento do ‘Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo’ foi licitado pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul através do Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (DRH/SEMA). Sua elaboração coube a uma empresa de consultoria que, ao desenvolvê-lo, passou a exercer o papel das futuras Agências de Água, previstas pela legislação do Rio Grande do Sul, com propósito de, entre outros, desenvolver os Planos de Bacia Hidrográfica.

A estrutura do referido Plano foi organizada pelo órgão licitante (SEMA), ficando estabelecido, dentro dos ditames das Leis Estadual 10.350/86 e Federal 9.333/97 que, em um primeiro momento, a empresa vencedora firmasse um diagnóstico e um prognóstico da situação dos recursos hídricos da Bacia; posteriormente, concentrando-se na porção hidrográfica mais problemática, desenvolveria os programas de ações com vistas à minimização, solução ou prevenção dos conflitos quali-quantitativos relacionados com o uso da água. Ficou esclarecido que todos os procedimentos deveriam ser realizados de forma integrada com a comunidade da Bacia, representada pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.

Dentro deste contexto, o trabalho desenvolvido e apresentado nesta Dissertação de Mestrado trata do prognóstico da situação quantitativa dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, com ênfase no setor de usuários para irrigação, especificamente da cultura do arroz irrigado. Para tanto, solicitou-se ao DRH/SEMA, em dezembro de 2004, os trabalhos realizados até então pela consultora responsável pelo Plano Pardo (os quais constituem, basicamente, do diagnóstico dos recursos hídricos da Bacia do Rio Pardo) para utilização como subsídio básico no desenvolvimento desta Dissertação, tendo sido deferido pelo Governo Estadual.

Assim, entende-se ser de extrema relevância informar que esta Dissertação, mais do que uma matéria doutrinária para aquisição de título de Mestre, será disponibilizada como um subsídio a mais na elaboração das etapas subseqüentes do ‘Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo’, seja em âmbito técnico, social ou institucional.

## AGRADECIMENTOS

Não há espaço suficiente para citar todas as pessoas que me ajudaram na concepção deste trabalho, seja de forma direta, com seus entendimentos e exemplos lúcidos, seja de forma indireta, ao influenciarem minhas idéias e opiniões. De qualquer forma, gostaria que soubessem o quanto lhes sou profundamente grata.

Entretanto, devo agradecer explicitamente às seguintes pessoas:

- ✓ **‘Professor’ Louzada**, pela confiança, amizade, entusiasmo, pela presença constante, e, especialmente, pela magnífica orientação.
- ✓ **Henrique e Carol**, não só pela amizade e coleguismo, mas principalmente pela ‘co-orientação’ no desenvolvimento deste trabalho.
- ✓ **Departamento de Recursos Hídricos (DRH/SEMA)** pela cessão dos estudos referentes ao diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.
- ✓ **Equipe técnica da Ecoplan Engenharia**, por me proporcionar a participação direta no desenvolvimento do Plano Pardo, permitindo, inclusive a presença nas entusiásticas reuniões com o Comitê Pardo.
- ✓ **CAPES e IPH**, pela oportunidade de aperfeiçoamento.
- ✓ **Colegas e demais professores do Instituto**, pelas valorosas contribuições e pela amizade.
- ✓ **Amigos**, pelos bons momentos, pelo apoio, pelo exemplo de vida que são para mim.
- ✓ **Família**, pelo incentivo e pela compreensão da ausência. Por me mostrar os caminhos certos da vida.

*“Esses homens que tingem os rios,  
que matam os peixes, engolem ganâncias,  
e vivem da ânsia do tombo das árvores...”*

*Esses homens não têm consciência  
que da mãe natureza precisam cuidar,  
que a morte dos rios e do verde das matas  
é a morte da vida, se a fonte secar.”*

‘Sementes da Vida’ – Adair de Freitas

**RESUMO** - A Bacia Hidrográfica do Rio Pardo é uma das 9 (nove) bacias que integram a Região Hidrográfica do Guaíba, no Rio Grande do Sul, sendo sua área de drenagem de aproximadamente 3.636 km<sup>2</sup>. Os rios Pardo e Pardinho são os principais cursos de água, com extensões de aproximadamente 200 e 90 km, respectivamente. Estudos realizados recentemente sobre a situação atual dos recursos hídricos da Bacia do Rio Pardo constataram a ocorrência de deficiências hídricas em determinados períodos do ano e em algumas regiões. Estas deficiências foram atribuídas, principalmente, à demanda de água pela orizicultura, que representa 87% do volume total requerido anualmente e 97% do volume total requerido em janeiro, mês de maior demanda de água na Bacia. Dentro deste contexto, esta dissertação teve como objetivo geral analisar, sob as perspectivas da orizicultura irrigada, a situação hídrica quantitativa da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no cenário atual e em cenários futuros. Buscou-se quantificar os déficits hídricos (quando existentes) e identificar os cenários menos impactantes para os usuários da água da Bacia. Um modelo para estimativa da disponibilidade hídrica da Bacia foi testado e analisado. No entanto, quando da realização dos balanços hídricos, preferiu-se utilizar vazões observadas e medidas nos principais rios da Bacia, adotando-se, como disponibilidade hídrica, as vazões com 90% de garantia de excedência. Foram estabelecidos dois cenários futuros para a orizicultura – Tendencial e Otimista – os quais foram analisados sob duas projeções (4 e 12 anos). Os cenários foram configurados com base na combinação entre diferentes sistemas de cultivo e ciclo das cultivares de arroz, que, juntos, determinam diferentes demandas específicas, e, conseqüentemente, diferentes volumes totais por cenário. A demanda hídrica de cada cenário foi estimada utilizando-se um modelo matemático integrado a ferramentas de geoprocessamento. O modelo considera os principais componentes da demanda hídrica para irrigação (evapotranspiração, saturação do solo, lâmina superficial e fluxo lateral). Os resultados indicaram uma tendência de melhoria na eficiência de uso da água para irrigação na Bacia, com aumento de área cultivada e diminuição da demanda hídrica por unidade de área. Esse quadro pode ser atribuído, principalmente, ao aumento de lavouras sistematizadas, que garantem menor demanda hídrica, devido ao melhor aproveitamento da água de irrigação. A melhoria na eficiência de utilização da água é ainda maior nos cenários otimistas, em que se pressupõe, além do aumento de áreas sistematizadas, a utilização de cultivares de ciclo menor, condicionando reduções no período de irrigação. Apesar disso, os balanços hídricos realizados para cada cenário indicam a ocorrência de déficits hídricos mais graves do que os atuais nos cenários futuros. Esta configuração é atribuída ao aumento da área cultivada, que, mesmo com demanda específica menor, não garante que os conflitos sejam minimizados. Mesmo assim, os resultados mostraram que, dentro de uma mesma projeção futura, existe a possibilidade de haver significativas reduções na utilização de água, o que é evidenciado através das diferenças constatadas na comparação dos cenários tendenciais e otimistas, sendo estes últimos, menos impactantes na disponibilidade hídrica. A gestão e o planejamento de recursos hídricos, neste contexto, permitem disciplinar o uso e alocar a água entre os diversos usuários de uma bacia hidrográfica através da implementação de instrumentos de gestão e planejamento, como a outorga e a cobrança; no entanto, subsídios como os apresentados neste trabalho são necessários, pois, para que haja efetividade na implementação dos instrumentos, é fundamental que se conheçam as distribuições espacial e temporal das disponibilidades e demandas hídricas de cada Bacia Hidrográfica, e que se considerem as tecnologias empregadas nos diferentes sistemas de produção, que têm a água como insumo básico.

**ABSTRACT** – The Pardo River Basin (3.636 km<sup>2</sup>) is one of the 9 (nine) basins integrating the Guaíba Watershed Region, in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Pardo and Pardinho rivers are the most important water courses, with extensions of about 200 and 90 km, respectively. Recent studies about current water availability and water demand in Pardo River Basin showed the occurrence of water deficiencies in some periods of the year and in some areas. These deficiencies were attributed, mainly, to demand to rice irrigation that represents 84% of total volume requested annually, and 97% of total volume requested in January, month of higher water demand in the Basin. This study had as main objective to analyze, under the perspectives of the irrigated rice crop, the quantitative water situation in Rio Pardo River Basin in current and futures sceneries. It looked for quantifying water deficits (when existent) and to identify the less impactant sceneries to the Basin water users. A model to estimate water availability was tested and analyzed. However, to water balances, it was preferred using observed discharge measured in the principal rivers of the Basin, adopting, as water availability, the discharge with 90% of chance to exceeding. Two future sceneries were established related to rice system crop – Tendencial and Optimist – that were analyzed under two projections (4 and 12 years). The sceneries were configured based on combination of cultivation systems (soil manage) and rice variety cycle, that, together, determines different specific demands, and, consequently, different total volumes for each scenery. The water demand in each scenario was calculated using a mathematical model integrated to geoprocessing tools. The model considers the main components of irrigation demand to rice crop (evapotranspiration, soil saturation, superficial depth and lateral flow). Results indicated a tendency to improve efficiency of water use in rice irrigation, with increase of cultivated area and decrease in specific water demand. This frame can be attributed, mainly, to increasing of systematized crop soil that assures smaller water demand, due to the best use of water irrigation. The improvement in water use efficiency is larger in optimistic sceneries, when it's presupposed, in addition to increase of systematized areas, the use of rice variety with smaller cycle, conditioning reductions in irrigation period. In spite of that, the water balances to the futures sceneries indicate the occurrence of worse water deficits than in the current one. This configuration is attributed to increasing in cultivated area that, even with smaller specific water demand, does not assure that conflicts are minimized. Even so, the results showed that there are possible reducing water use into a same future projection, evidenced through differences verified in the comparison between tendencial and optimists sceneries, when these last, are less impactant in the water availability. The water resources management, in this context, allow disciplining water use and to allocate it among several existent users through planning instruments implementation, as the grant and collection; however, subsidies as showed in this work, are essential to implement these instruments. Is fundamental that spatial and temporary distribution of water availability and water demand are known, and that technologies employed in different production systems using water like a basic input be considered.

**PALAVRAS-CHAVE** – gestão de recursos hídricos, demandas hídricas, balanço hídrico.

**KEYWORDS** – water management, water demand, water balance.

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS.....	01
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	05
2.1. Disponibilidade Hídrica Atual.....	05
2.2. Área Irrigada em Projeções Futuras.....	05
2.3. Cenários Futuros de Demanda Hídrica para Irrigação.....	05
2.4. Demanda Hídrica dos Cenários Atual e Futuros.....	05
2.5. Balanço Hídrico nos Cenários Atual e Futuros.....	05
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	06
3.1. Gestão das Águas.....	06
3.1.1. Aspectos Gerais da Gestão de Recursos Hídricos.....	06
3.1.2. Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos.....	12
3.1.3. O Processo de Planejamento de Recursos Hídricos.....	14
3.2. Arroz Irrigado.....	18
3.2.1. Aspectos Gerais.....	18
3.2.2. Sistemas de Preparo e Manejo de Solo.....	19
3.2.3. Demanda e Consumo de Água.....	23
3.2.4. Eficiência de Uso da Água – Redução de Perdas.....	27
3.2.5. Arroz Irrigado e os Recursos Hídricos.....	33
3.3. Disponibilidades Hídricas Superficiais e Demandas Hídricas.....	37
3.3.1. Disponibilidade Hídrica.....	37
3.3.2. Demandas Hídricas.....	41
4. ÁREA DE ESTUDO.....	43
4.1. Aspectos Gerais.....	43
4.2. Uso e Ocupação do Solo.....	45
4.3. Solos.....	48
4.4. Climatologia.....	51
4.5. Hidrografia.....	53
4.6. Hidrologia.....	57
4.7. Disponibilidades Hídricas Superficiais.....	60
4.8. Demandas Hídricas Atuais.....	66
5. METODOLOGIAS.....	70
5.1. Disponibilidade Hídrica Atual.....	70
5.1.1. Dados de Entrada.....	74
5.1.2. Aplicação do Modelo (Simulação).....	82
5.2. Área Irrigada em Projeções Futuras.....	85
5.2.1. Área Disponível e Apta para a Orizicultura Irrigada.....	86
5.2.2. Projeções da Área Cultivada para 4 e 12 Anos.....	86
5.3. Cenários Futuros de Demanda Hídrica para Irrigação.....	88
5.3.1. Tendencial.....	90
5.3.2. Otimista.....	92
5.4. Demanda Hídrica dos Cenários Atual e Futuros.....	93
5.4.1. Evapotranspiração.....	95
5.4.2. Saturação do Perfil do Solo.....	97
5.4.3. Lâmina Superficial.....	101
5.4.4. Fluxo Lateral.....	102

5.4.5. Percolação Vertical.....	106
5.4.6. Integração das Demandas.....	106
5.5. Balanço Hídrico nos Cenários Atual e Futuros.....	107
6. RESULTADOS.....	114
6.1. Disponibilidade Hídrica Atual.....	114
6.2. Área Irrigada em Projeções Futuras.....	121
6.2.1. Área Disponível e Apta para a Orizicultura Irrigada.....	121
6.2.2. Projeções da Área Cultivada para 4 e 12 Anos.....	122
6.3. Cenários Futuros de Demanda Hídrica para Irrigação.....	124
6.3.1. Tendencial.....	124
6.3.2. Otimista.....	125
6.4. Demanda Hídrica dos Cenários Atual e Futuros.....	126
6.4.1. Evapotranspiração.....	127
6.4.2. Saturação do Perfil do Solo.....	127
6.4.3. Lâmina Superficial.....	128
6.4.4. Fluxo Lateral.....	128
6.4.5. Análise Integrada das Demandas.....	129
6.5. Balanço Hídrico nos Cenários Atual e Futuros.....	138
7. CONCLUSÕES.....	156
8. RECOMENDAÇÕES.....	160
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	161
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	170
ANEXOS.....	183

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1: Opinião Sobre o Papel que os Recursos Hídricos Desempenham na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	04
TABELA 2.1: Instrumentos Previstos na Legislação Federal (Lei 9.433/97) .....	12
TABELA 3.1: Coeficientes de Cultivo para Arroz Irrigado.....	25
TABELA 4.1: Áreas Totais dos Municípios e sua Participação na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	44
TABELA 4.2: Populações Rural e Urbana na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	45
TABELA 4.3: Uso e Cobertura do Solo na Bacia do Rio Pardo.....	47
TABELA 4.4: Unidades de Mapeamento de Solos na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo..	49
TABELA 4.5: Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	56
TABELA 4.6: Curva de Permanência – Bacia do Rio Pardo.....	61
TABELA 4.7: Disponibilidades Hídricas Superficiais para os Grandes Compartimentos Hidrográficos Considerados na Bacia do Rio Pardo.....	62
TABELA 4.8: Disponibilidades Hídricas Superficiais para as Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	63
TABELA 4.9: Demandas Hídricas (m <sup>3</sup> ) na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo por Uso Consuntivo.....	67
TABELA 4.10: Demandas Hídricas (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ) na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo por Uso Consuntivo.....	67
TABELA 4.11: Demandas Hídricas (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ) na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo por Unidade de Estudo.....	68
TABELA 4.12: Coeficiente de Retorno por Uso Consuntivo.....	68
TABELA 4.13: Consumos Hídricos (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ) na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo por Unidade de Estudo.....	69
TABELA 5.1: Usos do Solo Identificados na Sub-Bacia de Aplicação do Modelo.....	77
TABELA 5.2: Variação Temporal da Cobertura do Solo na Sub-Bacia 8573000 com os Respectivos Coeficientes de Cultura.....	78
TABELA 5.3: Características Físicas dos Solos Consideradas na Determinação da Capacidade Máxima de Armazenamento de Água.....	80
TABELA 5.4: Profundidades Consideradas no Armazenamento de Água no Solo.....	82
TABELA 5.5: Correlação entre as Classes dos Planos de Informação e a Aptidão para a Atividade Orizícola.....	87
TABELA 5.6: Área Cultivada com Arroz Irrigado em Oito Safras Consecutivas nos Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	87
TABELA 5.7: Área Cultivada com Arroz Irrigado em Oito Safras Consecutivas nas Áreas Municipais Inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	88
TABELA 5.8: Participação Percentual dos Sistemas de Produção no Cenário Atual (safra 2003/2004) dos Municípios Pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	89
TABELA 5.9: Participação dos Sistemas de Produção nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Cenário Atual (safra 2003/2004) .....	89

TABELA 5.10: Coeficiente de Cultura do Arroz em Distintos Períodos de Desenvolvimento em Cachoeirinha (RS) .....	95
TABELA 5.11: Período de Semeadura Considerado nos Diferentes Sistemas de Produção.....	96
TABELA 5.12: Coeficientes de Cultura do Arroz Utilizados nos Diferentes Decêndios da Simulação de Acordo com o Ciclo de Desenvolvimento, Sistematização do Solo e Condições de Semeadura.....	96
TABELA 5.13: Características Morfológicas Consideradas na Determinação da Profundidade do Solo para a Estimativa da Necessidade Hídrica para a Saturação.....	98
TABELA 5.14: Características Físicas Consideradas na Determinação da Porosidade dos Solos para a Estimativa da Necessidade Hídrica para a Saturação.....	100
TABELA 5.15: Profundidade de Saturação e Porosidade dos Solos Adotadas nas Unidades de Mapeamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	101
TABELA 5.16: Distribuição da Demanda Hídrica Referente às Lâminas Superficiais.....	102
TABELA 5.17: Condutividade Hidráulica Saturada das Unidades Taxonômicas dos Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	104
TABELA 5.18: Distribuição da Demanda Hídrica para Suprir as Perdas por Fluxo Hídrico Lateral.....	106
TABELA 5.19: Disponibilidades Hídricas Mensais (Q <sub>90%</sub> ) nas Unidades e Sub- Unidades de Estudo (vazões não acumuladas) .....	109
TABELA 5.20: Vazão Mínima Requerida para os Ambientes Aquáticos nos Exutórios das Unidades e Sub- Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	113
TABELA 6.1: Vazões Observadas e Estimadas no Exutório da Sub-Bacia 8573000 – Rio Pardo (jan/1970 – mar/1980) .....	115
TABELA 6.2: Indicadores Estatísticos para a Série Simulada (jan/1970-mar/1980) .....	115
TABELA 6.3: Indicadores Estatísticos para os Meses de Dezembro a Março (jan/1970-mar/1980) .....	116
TABELA 6.4: Indicadores Estatísticos para os Meses de Junho a Setembro (jun/1970-set/1979) .....	117
TABELA 6.5: Indicadores Estatísticos para as Maiores Permanências (jan/1970-mar/1980).....	117
TABELA 6.6: Indicadores Estatísticos para as Menores Permanências (jan/1970-mar/1980) .....	118
TABELA 6.7: Área Apta para Cultivo de Arroz Irrigado nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	121
TABELA 6.8: Projeção da Área Cultivada com Arroz Irrigado para 4 e 12 Anos nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	123
TABELA 6.9: Participação dos Sistemas de Produção nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Cenário Tendencial – 4 Anos (safra 2008/2009) .....	125
TABELA 6.10: Participação dos Sistemas de Produção nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Cenário Tendencial – 12 Anos (safra 2016/2017) ...	125
TABELA 6.11: Participação dos Sistemas de Produção nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Cenário Otimista – 4 Anos (safra 2008/2009) .....	125

TABELA 6.12: Participação dos Sistemas de Produção nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Cenário Otimista – 12 Anos (safra 2016/2017) .....	126
TABELA 6.13: Quadro-Resumo dos Cenários Estabelecidos na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	126
TABELA 6.14: Volumes Decendiais e Totais (hm <sup>3</sup> ) Necessários para Suprir as Perdas por Evapotranspiração na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções.....	127
TABELA 6.15: Volumes Decendiais e Totais (hm <sup>3</sup> ) Necessários para Suprir as Demandas para Saturação do Perfil do Solo em Todos os Cenários e Projeções.....	128
TABELA 6.16: Volumes Decendiais e Totais (hm <sup>3</sup> ) Necessários para a Formação da Lâmina Superficial na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções.....	128
TABELA 6.17: Volumes Decendiais e Totais (hm <sup>3</sup> ) Necessários para Suprir as Perdas por Fluxo Lateral na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções.....	129
TABELA 6.18: Volumes Decendiais Totais (hm <sup>3</sup> ) Demandados para a Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções.....	130
TABELA 6.19: Volumes Totais Demandados por Componente da Demanda para Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções e Sua Participação Percentual.....	130
TABELA 6.20: Volumes Totais Demandados por Unidade de Área de cada Componente da Demanda para a Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções.....	130
TABELA 6.21: Taxas de Crescimento/Decaimento dos Volumes Demandados para Irrigação de Arroz e da Área Cultivada nos Cenários Futuros da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Relação ao Cenário Atual.....	132
TABELA 6.22: Consumos Hídricos para os Demais Usos Consuntivos nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	137
TABELA 6.23: Participação da Demanda para Irrigação de Arroz nas Demandas Mensais da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	138
TABELA 6.24 – Área Cultivada Prejudicada por Déficits Hídricos nas Sub-Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo nos Decêndios de Irrigação dos Cenários Atual e Futuros.....	149

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Evolução da Demanda Hídrica Mundial por Setor (1990-2000).....	01
FIGURA 3.1: Regiões e Bacias Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul.....	16
FIGURA 4.1: Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Localização das Sedes Municipais e Aspectos Gerais da Topografia do Terreno.....	45
FIGURA 4.2: Uso Atual do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	46
FIGURA 4.3: Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	50
FIGURA 4.4: Cartograma de Isoietas da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	52
FIGURA 4.5: Rede Hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	54
FIGURA 4.6: Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	55
FIGURA 4.7: Municípios e Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	56
FIGURA 4.8: Localização das Estações Fluviométricas Seleccionadas para os Estudos Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	57
FIGURA 4.9: Curva de Permanência Anual de Vazões na Estação Candelária – Rio Pardo.....	58
FIGURA 4.10: Curva de Permanência Anual de Vazões na Estação Santa Cruz Montante – Rio Pardinho.....	58
FIGURA 4.11: Curva de Permanência Anual de Vazões no Exutório da Sub-bacia do Rio Pardo (imediatamente anterior à afluência do Rio Pardinho).....	59
FIGURA 4.12: Curva de Permanência Anual de Vazões no Exutório da Sub-bacia do Rio Pardinho.....	59
FIGURA 4.13: Curva de Permanência Anual de Vazões no Exutório da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (na afluência do Rio Pardo no Rio Jacuí) .....	60
FIGURA 4.14: Comparativo das Disponibilidades Médias e Mínimas.....	65
FIGURA 5.1: Sub-Bacia Seleccionada para Aplicação do Modelo Hidrometeorológico....	71
FIGURA 5.2: Fluxograma Geral da Modelagem Adotada.....	73
FIGURA 5.3: Polígonos de Thiesen – Área de Influência das Estações Climatológicas (precipitação) .....	75
FIGURA 5.4: Polígonos de Thiesen – Área de Influência das Estações Climatológicas (evaporação).....	77
FIGURA 5.5: Usos do Solo da Sub-Bacia 8573000.....	79
FIGURA 5.6: Solos da Sub-Bacia 8573000.....	81
FIGURA 5.7: Sub-Divisão das Unidades de Estudo para Realização dos Balanços Hídricos.....	108
FIGURA 5.8: Sub-Unidades de Estudo e sua Participação nos Grandes Compartimentos	110
FIGURA 5.9: Fluxograma Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	112
FIGURA 6.1: Hidrograma de Vazões Observadas e Calculadas no Rio Pardo (Sub-Bacia 8573000) .....	114
FIGURA 6.2: Hidrograma de Vazões Observadas e Calculadas no Exutório da Sub-Bacia 8573000, no Rio Pardo, nos Meses de Verão (Dezembro a Março) .....	116

FIGURA 6.3: Hidrograma de Vazões Observadas e Calculadas no Exutório da Sub-Bacia 8573000, no Rio Pardo, nos Meses de Inverno (Junho a Setembro) .....	116
FIGURA 6.4: Hidrograma de Vazões Observadas e Calculadas no Exutório da Sub-Bacia 8573000, no Rio Pardo, para Permanências de 80 a 100% (Vazões Mínimas).....	117
FIGURA 6.5: Hidrograma de Vazões Observadas e Calculadas no Exutório da Sub-Bacia 8573000, no Rio Pardo, para Permanências de 1 a 25% (Vazões Máximas).....	118
FIGURA 6.6: Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Aptidão das Terras para Cultivo de Arroz Irrigado.....	122
FIGURA 6.7: Evolução da Área Cultivada com Arroz Irrigado na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo entre o Período 1996/1997 e 2016/2017.....	123
FIGURA 6.8: Incremento na Área Cultivada com Arroz Irrigado na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo nas Projeções de 4 e 12 Anos.....	124
FIGURA 6.9: Variação Temporal por Decêndio das Demandas Hídricas para Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções.....	133
FIGURA 6.10: Variação Temporal por Decêndio das Demandas Hídricas para Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Projeção de 4 Anos.....	134
FIGURA 6.11: Variação Temporal por Decêndio das Demandas Hídricas para Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Projeção de 12 Anos.....	134
FIGURA 6.12: Balanço Hídrico Decendial na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual.....	139
FIGURA 6.13: Balanço Hídrico Decendial na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos.....	140
FIGURA 6.14: Balanço Hídrico Decendial na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos.....	140
FIGURA 6.15: Balanço Hídrico Decendial na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos.....	141
FIGURA 6.16: Balanço Hídrico Decendial na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos.....	141
FIGURA 6.17: Hectares Cultivados com Arroz Irrigado Afetados por Déficit Hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Atual (2003/2004).....	150
FIGURA 6.18: Hectares Cultivados com Arroz Irrigado Afetados por Déficit Hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 4 Anos (2008/2009).....	151
FIGURA 6.19: Hectares Cultivados com Arroz Irrigado Afetados por Déficit Hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Otimista – 4 Anos (2008/2009).....	152
FIGURA 6.20: Hectares Cultivados com Arroz Irrigado Afetados por Déficit Hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 12 Anos (2016/2017).....	153
FIGURA 6.21: Hectares Cultivados com Arroz Irrigado Afetados por Déficit Hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Otimista – 12 Anos (2016/2017).....	154

## 1. INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

Entre 1900 e 1995, o consumo total de água em atividades humanas cresceu seis vezes, mais do que o dobro do crescimento demográfico (UNESCO, 2000). Segundo a mesma fonte, o consumo hídrico total tende a acelerar cada vez mais, porque está previsto que a população mundial alcance 8,3 bilhões de pessoas em 2025 e entre 10 e 12 bilhões de pessoas em 2050. Da demanda global atual de água, estimada em cerca de 4.000 km<sup>3</sup> por ano, provavelmente mais de 80% corresponda à demanda agrícola para irrigação.

Estima-se que mais de um bilhão de habitantes não tenha acesso ao abastecimento de água de boa qualidade, ressaltando-se que 40% da população mundial vive em regiões onde a disponibilidade de água já impõe restrições para o seu uso, percentual que deve atingir 65% em 2025 (CUNHA, 2003 apud RODRIGUEZ, 2004). Segundo Selborne (2001) apud Rodriguez (2004), se a população mundial aumentar 65% nos próximos 50 anos, cerca de 70% dos habitantes do planeta enfrentarão deficiências no suprimento de água e 16% deles não terão água suficiente para produzir sua alimentação básica.

Assim, o aumento da demanda pelo uso da água evidenciado ao longo do tempo, sobretudo nas últimas décadas (Figura 1.1), vem causando sérios conflitos entre usuários em muitas regiões, estimulando o desenvolvimento de estratégias que visem o adequado planejamento e gestão dos recursos naturais. Desse fato, decorre a necessidade de se levar em conta aspectos relacionados com os recursos hídricos nos planos e programas econômicos e nas propostas de uso e ocupação do solo no mundo.

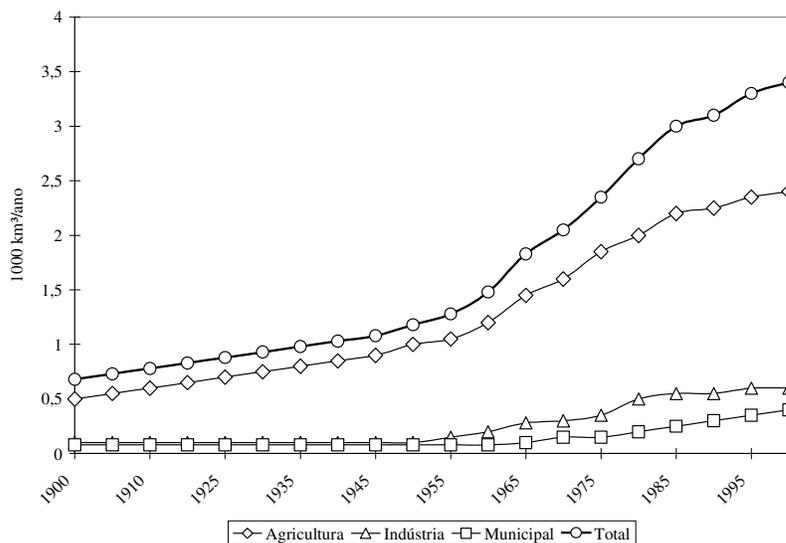


FIGURA 1.1: Evolução da Demanda Hídrica Mundial por Setor (1990-2000)  
(Fonte: UNESCO, 2000)

Assim sendo, no Brasil o processo de planejamento dos recursos hídricos pressupõe a existência de Planos de Bacia Hidrográfica, instrumentos estabelecidos por lei, que consistem de planos diretores visando fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos.

Os Planos de Recursos Hídricos, de acordo com a Lei Federal 9.433/97, são de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implementação de seus programas e projetos. Devem ser elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País e apresentar como conteúdo mínimo, entre outros:

- a) diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- b) análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
- c) balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, com identificação de conflitos potenciais;
- d) metas de racionalização de uso e de aumento da quantidade dos recursos hídricos disponíveis;
- e) medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados para atendimento das metas previstas;
- f) prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- g) diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; e
- h) propostas para criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

Desta forma, a elaboração e a eficiência dos Planos de Bacia estão diretamente relacionadas com a quantificação das variáveis hidrológicas (disponibilidades e demandas hídricas) e com sua distribuição no tempo e no espaço em cada bacia hidrográfica. De posse destas informações, é possível identificar áreas em que o recurso hídrico se encontra ou pode vir a se tornar escasso e, a partir disso, propor estratégias sobre quanto, onde, quando e como utilizá-lo, de modo a minimizar os potenciais conflitos.

Evidencia-se, portanto, a necessidade de estimativas confiáveis e seguras das disponibilidades e demandas hídricas nas bacias hidrográficas para o processo de planejamento e gestão de recursos hídricos. O prognóstico do uso dos recursos hídricos também é importante e deve incluir, além das previsões naturais de mudança nos padrões de

uso dos recursos hídricos, as intervenções previstas nos diferentes setores de usuários por intermédio de outros sistemas de planejamento. Assim, pode-se inferir que todo esforço despendido no refinamento das estimativas equivale a uma melhoria na efetividade dos Planos de Bacia Hidrográfica.

O caso da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – RS:

No Estado do Rio Grande do Sul, o processo de planejamento de recursos hídricos pode ser considerado avançado comparativamente a outros estados. Diversas bacias hidrográficas do Estado já possuem estudos específicos sobre a situação dos seus recursos hídricos, embora apenas algumas tenham efetivamente um Plano de Bacia. De acordo com a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) as bacias com Plano de Bacia Hidrográfica implementado ou sendo implementado são as do Lago Guaíba, Rio Tramandaí, Rio Pardo e Rio Caí.

A primeira fase dos estudos (diagnóstico) do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (Plano Pardo), realizada por Ecoplan (2005a), indicou que a maior parcela da demanda hídrica atual da Bacia refere-se à irrigação (87%), notadamente, do arroz irrigado; o restante é de responsabilidade dos demais setores de usuários – abastecimentos humano e industrial e dessedentação animal. Quando do confronto entre disponibilidades e demandas hídricas, foram encontrados déficits hídricos no cenário atual, principalmente nas regiões e nos meses em que se concentra a atividade orizícola.

Entrevistas realizadas na primeira fase do Plano Pardo com representantes da população da Bacia apontaram o conflito entre usuários de água para irrigação e para abastecimento urbano como o problema mais significativo da Região, relacionado aos recursos hídricos. Nem mesmo os eventos catastróficos, como as enchentes, que provocaram várias mortes entre 1919 e 1975, estão tão presentes na memória dos habitantes locais como a atual discordância entre aqueles dois setores. Da mesma forma, nas Consultas Públicas realizadas em três municípios da Bacia durante o ano de 2005, onde os participantes foram questionados sobre os ‘usos futuros prioritários nos cursos de água da Bacia’ para fins de enquadramento da qualidade das águas, a irrigação apareceu em segundo lugar geral, com 23,7% das pretensões, perdendo apenas para o abastecimento humano, com 31,2%. Nos trechos de rio cujas adjacências são ocupadas por lavouras de arroz irrigado, a prioridade de uso da água foi dada à irrigação e, em segundo lugar, ao abastecimento. Estes fatos demonstram a importância que a atividade orizícola exerce na Bacia, bem como a preocupação com a manutenção de sua sustentabilidade na Região. A Tabela 1.1 apresenta um dos resultados da entrevista com uma parcela representativa da população a respeito da importância da água na Bacia.

TABELA 1.1: Opinião Sobre o Papel que os Recursos Hídricos Desempenham na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Respostas	Número	(%)
Irrigação	19	32,8
Abastecimento	19	32,8
Definiu padrões de ocupação, urbanização	18	31,0
Via de transporte e comunicação	13	22,4
Turismo, lazer	9	15,5
Necessidade para produção agropecuária	8	13,8
Poluição dos rios, esgotos	7	12,1
Riqueza natural	6	10,3
Importância pela necessidade de preservação, conscientização	6	10,3
Uso incorreto da agricultura afeta recursos hídricos	4	6,9
Referência, domínio do espaço	3	5,2
Enchentes	3	5,2
Pouca importância, rios são pequenos	3	5,2
Recursos pouco visíveis, diminuiram	2	3,4
Extração de areia	1	1,7
Prevenir secas	1	1,7
Práticas agrícolas atuais que não impactam os rios	1	1,7

(Fonte: ECOPLAN, 2005a)

Os processos de gestão e planejamento dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, desta forma, provavelmente encontrará na irrigação os principais entraves para o disciplinamento e a racionalização do uso da água. Com efeito, conforme os dados de safra dos últimos anos do Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), a Região tem verificado o crescimento da lavoura arrozeira em todos os municípios produtores. Esse fato sugere que as demandas hídricas futuras possam resultar em conflitos ainda mais graves. Acrescenta-se a isso o fato de existirem grandes extensões de áreas de várzea na Bacia, com solos, clima e relevo adequados para a produção de arroz.

Neste sentido, esta dissertação terá como premissa servir de suporte para adequada gestão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo através da análise da conjuntura atual dos mananciais e das condições futuras de demanda hídrica para irrigação do arroz irrigado. O estudo empreenderá a otimização das demandas hídricas para irrigação ao considerar a influência das variáveis espaciais que condicionam o consumo hídrico, como tipo de solo e evapotranspiração, por exemplo, e a influência de outras perspectivas diversas, como a mudança prevista nos padrões de preparo e manejo do solo. Concomitantemente, investigará um modelo de estimativa de disponibilidades hídricas de fácil e rápida operacionalização, aplicável em bacias hidrográficas com carência de registros de descargas hídricas. Sempre que for possível, empenhar-se-á em adaptar as metodologias a um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os SIG's permitem aperfeiçoar e agilizar estudos em escala regional, como é o caso de bacias hidrográficas. A otimização decorre da possibilidade de modelar processos cujas variáveis são espacialmente distribuídas em uma análise única e integrada.

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos podem ser elencados de acordo com a disposição metódica que evolucionará o desenvolvimento desta dissertação. Assim, propuseram-se os seguintes objetivos relacionados às diferentes etapas do estudo:

### ***2.1. Disponibilidade Hídrica Atual***

- ✓ Estimar as disponibilidades hídricas em uma Sub-Bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.

### ***2.2. Área Irrigada em Projeções Futuras***

- ✓ Projetar a área cultivada com arroz irrigado na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo para os horizontes de 4 e 12 anos.

### ***2.3. Cenários Futuros de Demanda Hídrica para Irrigação***

- ✓ Determinar os cenários futuros de demanda hídrica para a orizicultura considerando o padrão tecnológico das lavouras do cenário atual e as mudanças previstas nos sistemas de produção.

### ***2.4. Demanda Hídrica dos Cenários Atual e Futuros***

- ✓ Calcular as demandas hídricas para a orizicultura em função dos cenários estabelecidos com auxílio de modelagem matemática e geoprocessamento.

### ***2.5. Balanço Hídrico nos Cenários Atual e Futuros***

- ✓ Realizar o balanço hídrico, confrontando as disponibilidades e as demandas hídricas atuais e futuras na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. *Gestão das Águas*

##### 3.1.1. Aspectos Gerais da Gestão de Recursos Hídricos

A ‘Gestão das Águas’ é uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões, e que tem por objetivo final, promover a avaliação, uso, controle e proteção das águas (LANNA, 2004). Fazem parte da Gestão das Águas, a ‘Política de Águas’, o ‘Planejamento’ (de uso, controle e proteção das águas) e o ‘Gerenciamento de Águas’ (ABRH, 1986).

De acordo com Lanna (2004), a ‘Política de Águas’ consiste nos princípios doutrinários que conformam as aspirações sociais e/ou governamentais no que concerne à regulamentação ou modificação nos usos, controle e proteção das águas; o Planejamento (de uso, controle ou proteção) trata do preparo de um estudo prospectivo que busca, na sua essência, adequar o uso, o controle e o grau de proteção dos recursos hídricos às aspirações sociais e/ou governamentais – expressas em uma Política de Águas – por meio da coordenação, compatibilização, articulação de atividade e projetos de intervenções; e o Gerenciamento de Águas consiste no conjunto de ações governamentais, comunitárias e privadas destinadas a regular o uso, o controle e a proteção das águas, e a avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela Política de Águas. Segundo o mesmo autor, as ações governamentais, refletidas nas formas de leis, decretos, normas e outros regulamentos, caracterizam o ‘Modelo de Gerenciamento de Águas’, configurando a estrutura administrativa adotada na organização do Estado para gerir as águas.

O ‘Sistema de Gerenciamento de Águas’, por sua vez, é o conjunto de organismos, agências e instalações governamentais e privadas, estabelecido com o objetivo de executar a Política de Águas, por meio do Modelo de Gerenciamento adotado e tendo por instrumento o Planejamento de Uso, Controle e Proteção das Águas.

Segundo Lanna (2004), a complexidade da Gestão das Águas está associada a diversos fatores, que devem ser considerados no processo, a saber:

- a) O desenvolvimento econômico, que ocasiona o aumento das demandas de recursos hídricos seja como bem intermediário, seja como bem de consumo final;

- b) O aumento populacional, que traz a necessidade direta de maior disponibilidade de recursos hídricos para consumo final;
- c) A expansão da agricultura, que aumenta o consumo regional de recursos hídricos para irrigação, e a probabilidade de possíveis conflitos de uso em caso de escassez de água;
- d) As pressões regionais, que buscam maior equidade nas condições inter-regionais de desenvolvimento econômico, qualidade ambiental e bem-estar social, pressionando os recursos hídricos no sentido do atendimento destes anseios;
- e) As mudanças tecnológicas, que trazem necessidades específicas sobre os recursos hídricos, e, por outro lado, possibilitam novas técnicas construtivas e de utilização, modificando a situação vigente de apropriação destes recursos;
- f) As mudanças sociais, que trazem novos tipos de necessidades e demandas, ou modificam o padrão das necessidades e demandas correntes das águas;
- g) A urbanização, que acarreta uma maior concentração espacial das demandas sobre os recursos hídricos e impermeabiliza o solo com o conseqüente agravamento das enchentes urbanas; e
- h) As demandas ambientais, que intensificam as exigências relacionadas com a qualidade ambiental, motivando a aprovação de legislação mais rigorosa relacionada às águas e aos impactos ambientais do uso dos recursos hídricos.

A conscientização mundial sobre a necessidade do estabelecimento de um processo de Gestão das Águas adquiriu intensidade a partir da segunda metade da década de 70, quando as discussões sobre gerenciamento de recursos hídricos extrapolaram os meios acadêmicos e as entidades de classe. No Brasil, as experiências de outros países no gerenciamento dos recursos hídricos, notadamente da Europa, passaram a ser expostas e discutidas, culminando com a realização do Seminário Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos, em 1983, em Brasília, sob o patrocínio da Secretaria Especial do Meio Ambiente, do Ministério das Minas e Energia, através do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica e do Ministério do Interior. Deste seminário resultaram conclusões, dentre as quais pode-se destacar a necessidade de administração dos recursos hídricos por bacias ou regiões hidrográficas. No entanto, apenas em 1997 surgiu, no Brasil, a lei específica para o Gerenciamento das Águas do País.

Antes da edição da referida lei, outras normas legislaram sobre os recursos hídricos, como o Código Civil (1916), o Código de Águas (1934), a Política Ambiental (1981), as constituições brasileiras (1934 e 1988) e várias resoluções do CONAMA. Neste contexto, Henkes (2003) descreve:

[...] o Código de Águas, editado em 1934, através do Decreto 24.643, foi o primeiro diploma legal que criou instrumentos destinados à gestão dos recursos hídricos. Todavia, os dispositivos legais não foram regulamentados e conseqüentemente os instrumentos não foram implementados. A exemplo do Código de Águas, a maioria das normas hídricas vigentes restaram inócuas, principalmente porque a estrutura institucional hídrica, quando não inexistente, mostrava-se ineficaz. Razão pela qual, durante décadas, os recursos hídricos foram utilizados insustentavelmente, ou melhor, sem qualquer planejamento. Tal fato, deu-se principalmente, a partir da década de 50, época em que o Brasil buscava seu desenvolvimento, através da industrialização 'a qualquer custo'. Deste modo, os litígios envolvendo a qualidade e quantidade dos recursos hídricos não tardaram a aparecer. Foi então que, lentamente, deu-se início à elaboração das políticas estaduais e nacional de recursos hídricos, bem como do sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos.

Diversas tentativas visando a formulação de uma política nacional de recursos hídricos e de um modelo adequado de gestão da água foram realizadas, através de Seminários, Encontros e discussões nas Câmaras de Deputados. No entanto, o Seminário Internacional sobre a Gestão dos Recursos Hídricos, realizado em Brasília, em 1983, onde representantes da França, Inglaterra e Alemanha apresentaram os sistemas de gestão hídrica dos seus países, substanciou as bases para o estabelecimento do Sistema vigente no País. A respeito deste evento, Setti et al. (2001) analisam:

[...] este evento é considerado um dos grandes marcos da modernização do sistema brasileiro de recursos hídricos, posto que provocou a evolução das ações que culminaram nas edições das políticas estaduais e nacional de recursos hídricos, como também a inserção do artigo 21, inciso XIX, na Constituição Federal de 1988 que determina competir à União instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga.

Assim, embora os regulamentos relacionados com recursos hídricos existentes até 1997 fossem considerados avançados, haja vista as épocas de suas promulgações, foi a Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu, oficialmente, a 'Política Nacional de Recursos Hídricos' e criou o 'Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos', caracterizando e fundamentando a Gestão das Águas do Brasil. O Modelo de Gerenciamento adotado através desta lei foi inspirado no Modelo francês, e as suas principais diretrizes são:

- a) a 'descentralização' – a Bacia Hidrográfica é a unidade territorial de gestão, e não os limites político-administrativos federados;
- b) a 'participação social' – a gestão deve ser realizada com a participação de usuários e organizações civis, e não somente por órgãos públicos; e

- c) a ‘integração’ – a gestão dos recursos hídricos deve estar integrada e articulada com a gestão ambiental, gestão do uso do solo, gestão dos sistemas estuarinos e zonas costeiras e também com os planejamentos estadual, regional, nacional e dos setores usuários.

São fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Art. 1º da Lei 9.433/97):

- a) a água é um bem de domínio público;
- b) a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- c) em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano;
- d) a gestão de recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- e) a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e
- f) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e da comunidade.

Ressalta-se que, na Constituição Federal de 1988, foram estabelecidas a competência privativa da União para legislar sobre os recursos hídricos, a abolição do domínio privado sobre os recursos hídricos e a definição do princípio da dominialidade dos mesmos. Por este princípio, entende-se que, embora caiba à União legislar privativamente sobre os recursos hídricos do País, cabe aos Estados definir as normas gerais para a administração dos recursos hídricos de seus domínios (rios estaduais); ao mesmo tempo, cabe à União, definir as normas para a administração dos recursos hídricos de domínio federal (definidos como aqueles que cruzam limites interestaduais). No entanto, mesmo que os Estados e a União sejam os detentores do domínio das águas (superficiais e subterrâneas) de seu território, conforme determina a Constituição Federal, eles compartilham a sua gestão com a população envolvida, conforme a Lei 9.433/97.

A partir do suporte jurídico e mantidos os princípios orientadores da Constituição de 1988, cada Estado Brasileiro passou a ser responsável pela instituição de seu ‘Sistema Estadual de Recursos Hídricos – SERH’.

No Rio Grande do Sul, o SERH foi instituído já na Constituição Estadual de 1989. Em seu Art. 171 está definido:

Fica instituído o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, integrado ao sistema nacional de gerenciamento desses recursos, adotando as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento e gestão, observados os aspectos de uso e ocupação do solo, com vista a promover:

I - a melhoria de qualidade dos recursos hídricos do Estado;

II – regular o abastecimento de água às populações urbanas e rurais, às indústrias e aos estabelecimentos agrícolas.

Parágrafo 1º - O sistema de que trata este artigo compreende critérios de outorga de uso, o respectivo acompanhamento, fiscalização e tarifação, de modo a proteger e controlar as águas superficiais e subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, assim como racionalizar e compatibilizar os usos, inclusive quanto à construção de reservatórios, barragens e usinas hidrelétricas.

Parágrafo 2º - No aproveitamento das águas superficiais e subterrâneas será considerado de absoluta prioridade o abastecimento das populações.

Parágrafo 3º - Os recursos arrecadados pela utilização da água deverão ser destinados a obras e à gestão dos recursos hídricos na própria bacia, garantindo sua conservação e a dos recursos ambientais, com prioridade para as ações preventivas.

A regulamentação do Art. 171 deu-se com a promulgação da Lei Estadual 10.350/94, que detalhou as regras gerais a serem utilizadas pelo Estado na administração de suas águas. Cabe ressaltar que a Lei Estadual é anterior à Federal (nº 9.433/97), porém, mesmo assim, segue as diretrizes federais, uma vez que ambas foram inspiradas no Modelo de Gerenciamento de Recursos Hídricos adotado pela França.

A conformação, tanto dos Sistemas Estaduais de Recursos Hídricos, quanto do Sistema Nacional, prevê instâncias de articulação dos diferentes atores sociais para a gestão de recursos hídricos. De acordo com o Art. 33 da Lei Federal 9.433/97, a instância máxima do SINGREH é o ‘Conselho Nacional de Recursos Hídricos’ e dos Sistemas Estaduais são os ‘Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos’. As instâncias de articulação local dos diferentes atores da gestão de recursos hídricos são os ‘Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas’, representantes da sociedade civil, que assinalam e asseguram o processo participativo e descentralizado de ambos os Sistemas. Os comitês podem ser de bacias de rios de domínio da União ou de bacias de rios de domínio Estadual.

No Rio Grande do Sul, de acordo com o Art. 5º da Lei 10.350/94, para compor o Sistema Estadual de Recursos Hídricos (SERH) somam-se ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos e aos Comitês de Bacias Hidrográficas, o ‘Departamento de Recursos Hídricos’ (DRH), a ‘Fundação Estadual de Proteção Ambiental’ (FEPAM) e as previstas ‘Agências de

Região Hidrográfica' (ARH). Cada uma dessas organizações tem atribuições específicas no SERH.

A orientação do SERH é uma atribuição do Conselho de Recursos Hídricos (CRH), responsável pela formulação da 'Política Estadual de Recursos Hídricos' e pela aprovação do 'Plano Estadual de Recursos Hídricos' (cabe à Assembléia Legislativa transformar o Plano Estadual de Recursos Hídricos em Lei). Contribuem para a orientação do SERH o Departamento de Recursos Hídricos (DRH), responsável pela outorga de autorizações de uso da água e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), responsável pelo licenciamento ambiental. Ambos os órgãos, além da função de fiscalização, são responsáveis pelo monitoramento dos recursos hídricos (quantidade e qualidade, respectivamente) e encontram-se sob a coordenação política e administrativa de uma mesma Secretaria de Estado (Secretaria Estadual de Meio Ambiente - SEMA). Cabe ainda ao DRH, junto com as Agências de Região Hidrográfica (ARH), a consolidação do Plano Estadual a ser encaminhado ao CRH, para aprovação.

A instância básica de participação da sociedade no SERH consiste nos Comitês de Bacia Hidrográfica. Os Comitês são colegiados instituídos oficialmente pelo Governo do Estado que exercem poder deliberativo, uma vez que é no seu âmbito que são estabelecidas prioridades de uso e as intervenções necessárias à gestão das águas de uma bacia hidrográfica, bem como são dirimidos, em primeira instância, os eventuais conflitos. Os Comitês também são responsáveis por encaminhar à FEPAM a proposta de enquadramento<sup>1</sup> dos corpos de água (pelas atribuições da Lei Federal 6.938/81 – Política Nacional do Meio Ambiente – e da Resolução 20/86<sup>2</sup>, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA), debater junto à Agência de Região Hidrográfica - ARH, apreciar e aprovar os Planos de Bacia<sup>3</sup>. Cabe aos Comitês, também, aprovar os valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos em sua respectiva bacia hidrográfica.

Os primeiros Comitês de Bacia criados no Rio Grande do Sul foram o Comitê Sinos (Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos) em 1988, o Comitê Gravataí, da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, em 1989, e o Comitê Santa Maria (Bacia do Rio Santa Maria) em 1994. Os três Comitês foram instituídos por Decretos Estaduais e constituíram a primeira geração de Comitês de Bacia no Estado. A característica da primeira geração ocorre por terem sido criados antes da promulgação da Lei 10.350/94. No período entre 1995 e 1999, a mobilização

---

<sup>1</sup> Vide item 3.1.2 – Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos.

<sup>2</sup> Atualizada pela Resolução 357, de 17/03/2005.

<sup>3</sup> Vide item 3.1.2 – Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos.

da sociedade foi intensa, tendo sido criada a segunda geração de Comitês de Bacia Hidrográfica do Rio Grande do Sul, a saber: Comitê Taquari-Antas (08/06/1998), Comitê Caí (28/09/1998), Comitê do Lago Guaíba (29/10/1998) e Comitê Pardo (23/03/1999).

As Agências de Região Hidrográfica (ARH) são órgãos técnicos a serviço do SERH, que têm uma atuação voltada a dar suporte técnico às decisões dos Comitês. A Lei 10.350/94 prevê a criação de três Agências de Região Hidrográfica no Rio Grande do Sul, uma para cada grande Região Hidrográfica: Uruguai, Guaíba e Bacias Litorâneas. As suas principais atribuições consistem em assessorar tecnicamente os comitês de bacias na elaboração de propostas relativas ao Plano Estadual de Recursos Hídricos, no preparo dos Planos de Bacia e na tomada de decisões que demandem estudos técnicos; subsidiar os comitês na proposição do enquadramento dos corpos de água; manter e operar equipamentos e mecanismos de gestão; e arrecadar e aplicar os valores correspondentes à cobrança<sup>4</sup> pelo uso da água. De acordo com Ecoplan (2004), uma das principais lacunas do Sistema Estadual de Recursos Hídricos é a inexistência das Agências de Região Hidrográfica, previstas na Lei 10.350/94, cuja função está sendo suprida por suporte técnico de empresas de consultoria para a construção dos Planos de Bacia; entretanto, inexoravelmente, sua ausência resulta na impossibilidade institucional e legal da implantação da cobrança pelo uso da água.

### 3.1.2. Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) contém uma série de instrumentos do processo de gestão dos recursos hídricos do País. Entre os principais, destacam-se os ‘Planos de Recursos Hídricos’, o ‘Enquadramento de Corpos de Água’, a ‘Outorga’, o ‘Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos’ e a ‘Cobrança pelo Uso da Água’ (Tabela 2.1).

**TABELA 2.1: Instrumentos Previstos na Legislação Federal (Lei 9.433/97)**

Instrumentos de Planejamento	Instrumentos de Gerenciamento
Sistema de Informações de Recursos Hídricos Enquadramento Planos de Bacia Hidrográfica Plano Estadual de Recursos Hídricos Plano Nacional de Recursos Hídricos	Outorga de direito de uso da água Cobrança pelo uso dos recursos hídricos

(Fonte: Adaptado de SOARES NETO et al., 2002)

Os ‘Planos de Recursos Hídricos’ são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos

<sup>4</sup> Vide item 3.1.2 – Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos.

recursos hídricos (Art. 6º da Lei 9.433/97). A Lei Federal dispõe que os Planos de Recursos Hídricos deverão ser elaborados por bacia (Planos de Bacias Hidrográficas), por estado (Planos Estaduais de Recursos Hídricos) e para o País (Plano Nacional de Recursos Hídricos), sendo todos planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos, devendo conter, entre outros conteúdos, o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, o balanço hídrico entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, a identificação de conflitos potenciais, metas de racionalização de uso, aumento de quantidade e melhoria de qualidade dos recursos hídricos disponíveis e medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos, e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas.

O ‘Enquadramento’ das águas brasileiras em classes de uso foi estabelecido pela Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 1986<sup>5</sup>, e consiste na definição dos usos prioritários a serem feitos nos mananciais, estabelecendo-se, desta forma, padrões de qualidade que garantam a viabilidade de tais usos. Assim, para as águas doces, foram definidas cinco classes de qualidade (especial e de 1 a 4) que servem para caracterizar a situação qualitativa das águas, sendo que, a cada classe, estão atribuídos usos com ela compatíveis. Uma vez estabelecido o nível de qualidade a ser alcançado e/ou mantido em um determinado segmento de um corpo de água de uma bacia hidrográfica através da análise dos usos futuros pretendidos, devem ser verificadas e planejadas as medidas cabíveis para alcançar o objetivo definido pelo Enquadramento, as quais devem estar descritas no Plano de Bacia.

A ‘Outorga’ de direito de uso da água representa um instrumento, através do qual o Poder Público autoriza, concede ou ainda permite ao usuário fazer o uso do recurso hídrico. É através deste instrumento que a União ou os Estados exercem, efetivamente, o domínio das águas preconizado pela Constituição Federal, regulando o compartilhamento entre os diversos usuários. De acordo com Lanna (2004), para que se possa implementar um sistema de outorga eficiente há, necessariamente, que se implementar um ‘Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos’ que apresente as informações sobre disponibilidades e demandas de água, e também Planos de Bacia (Federal, Estadual ou de Bacias Hidrográficas) que estabeleçam diretrizes para a utilização dos recursos hídricos. O autor ainda cita a necessidade de implantação de um sistema de monitoramento que policie o uso da água, avalie se ele é realizado em consonância com a outorga e que retro-alimente o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

---

<sup>5</sup> Atualizada pela Resolução 357, de 17/03/2005.

Na definição da Lei Federal (9.433/97) o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão, sendo importante na divulgação de dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos e no fornecimento de subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

Dada a disponibilidade limitada, a legislação estabelece que a água é um bem dotado de valor econômico, passível, pois, de ser cobrado. De acordo com o Art. 19 da Lei 9.433/97, a ‘Cobrança’ objetiva reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor, incentivar a racionalização do uso e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos Planos de Recursos Hídricos. É necessário ressaltar, todavia, que é uma das atribuições dos Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica a aprovação dos valores a serem cobrados pelos diversos usos da água. Assim sendo, a aplicação deste instrumento dependerá, previamente da existência dos chamados ‘parlamentos das águas’ e das Agências de Região Hidrográfica (órgão arrecadador), bem como da implantação dos demais instrumentos previstos na legislação, especialmente, os Planos de Bacias Hidrográficas.

### 3.1.3. O Processo de Planejamento de Recursos Hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento e gestão de recursos hídricos. A Lei Estadual 10.350/94, que instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos no Rio Grande do Sul, confirma esse conceito, em seu Art. 1º. Ao definir seus princípios, a Política Estadual de Recursos Hídricos propugna que “os recursos hídricos são considerados na unidade do ciclo hidrológico, compreendendo as fases aérea, superficial e subterrânea, e tendo a bacia hidrográfica como unidade básica de intervenção”.

Os Planos de Bacias Hidrográficas podem compreender dois tipos de bacia hidrográfica: aquelas em que os cursos de água se inserem totalmente em um único Estado – caracterizando os Planos de Bacias Hidrográficas de Rios sob domínio estadual – e aquelas em que alguns cursos de água se inserem em mais de um estado – caracterizando os Planos de Bacias Hidrográficas de Rios sob domínio federal. É importante ressaltar que estes planos devem estar integrados e ao mesmo tempo, estarem complementados uns aos outros, e também que os planos relacionados com âmbitos espaciais mais amplos (por exemplo, nacional ou estaduais) devem ser realizados com menor nível de detalhe que aqueles relativos a âmbitos espaciais mais restritos, como os de bacia hidrográfica.

Lanna (2004) separa o processo de planejamento de recursos hídricos (representado pelos Planos de Bacias) em três meios: sócio-político, que estabelece e processa as demandas da sociedade, e de seus representantes políticos; técnico, onde são realizadas as análises técnicas que subsidiam o plano; e deliberativo, onde são tomadas as decisões, aprovados os estudos técnicos e selecionadas as alternativas propostas.

No meio técnico, o qual é mais relevante dentro do contexto desta dissertação, o processo é iniciado por um diagnóstico dos sistemas físico, sócio-econômico, ambiental e dos recursos hídricos. Esse último forma a base das disponibilidades hídricas quali-quantitativas sobre a qual é sustentado o Plano. Tendo os diagnósticos e conseqüentes prognósticos por referência, são estabelecidos os cenários setoriais alternativos em que as demandas setoriais são consideradas a partir de políticas e planos formalmente preparados e, na falta deles, de simples intenções explicitadas em diversos tipos de documentos. Deve haver um enquadramento quantitativo, pelo qual são estabelecidas as alocações dos recursos hídricos disponíveis entre seus usuários. Estas condições são traduzidas em objetivos estratégicos a serem alcançados visando montantes e garantias de suprimento quantitativo a serem fornecidos aos usuários de água. Para o atingimento destes objetivos, são, então, definidas as intervenções através de planos de ações estratégicas.

Dois tipos de intervenções podem ser aplicados: medidas estruturais e não-estruturais (representadas pelos instrumentos de gestão). As primeiras são obras físicas que alteram o regime hídrico no espaço e no tempo, adaptando o regime natural às demandas. As segundas oferecem diversos instrumentos de gestão que podem ser usados, com os mesmos objetivos das medidas estruturais, compatibilizando as demandas às disponibilidades.

Dentro deste contexto, Lanna (2004) cita que, ao serem elaborados os Planos de Recursos Hídricos, deve ser entendido que os interesses de uso, controle e proteção das águas provêm de diversos setores. Neste sentido, há necessidade de serem conhecidos, ou pelo menos hipotetizados, os diversos planos setoriais de longo prazo, quantificando e hierarquizando as intenções de uso, controle e proteção de forma que seja possível a elaboração de um plano multissetorial de longo prazo que buscará articular os interesses entre si e estes com as disponibilidades dos recursos hídricos. Como no planejamento de longo prazo não há possibilidade de obtenção de previsões confiáveis, estabelece-se a necessidade de formulação de cenários alternativos de uso, controle e proteção das águas que servirão de base para os planos setoriais.

Em 2002, através da Resolução 04/02 do Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (CRH/RS), foram instituídas a Divisão Hidrográfica do Estado, hoje vigente, definindo-se três Regiões Hidrográficas (Região Hidrográfica do Guaíba, do Uruguai e a das Bacias Litorâneas) e 24 bacias hidrográficas. Recentemente, o CRH/RS estabeleceu uma nova divisão oficial, com 25 Bacias Hidrográficas (Figura 3.1). Nesse contexto jurídico, a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, objeto de estudo desta dissertação, (também denominada de G090) apresenta-se como uma unidade de planejamento e gestão de recursos hídricos, integrando a Região Hidrográfica do Guaíba.

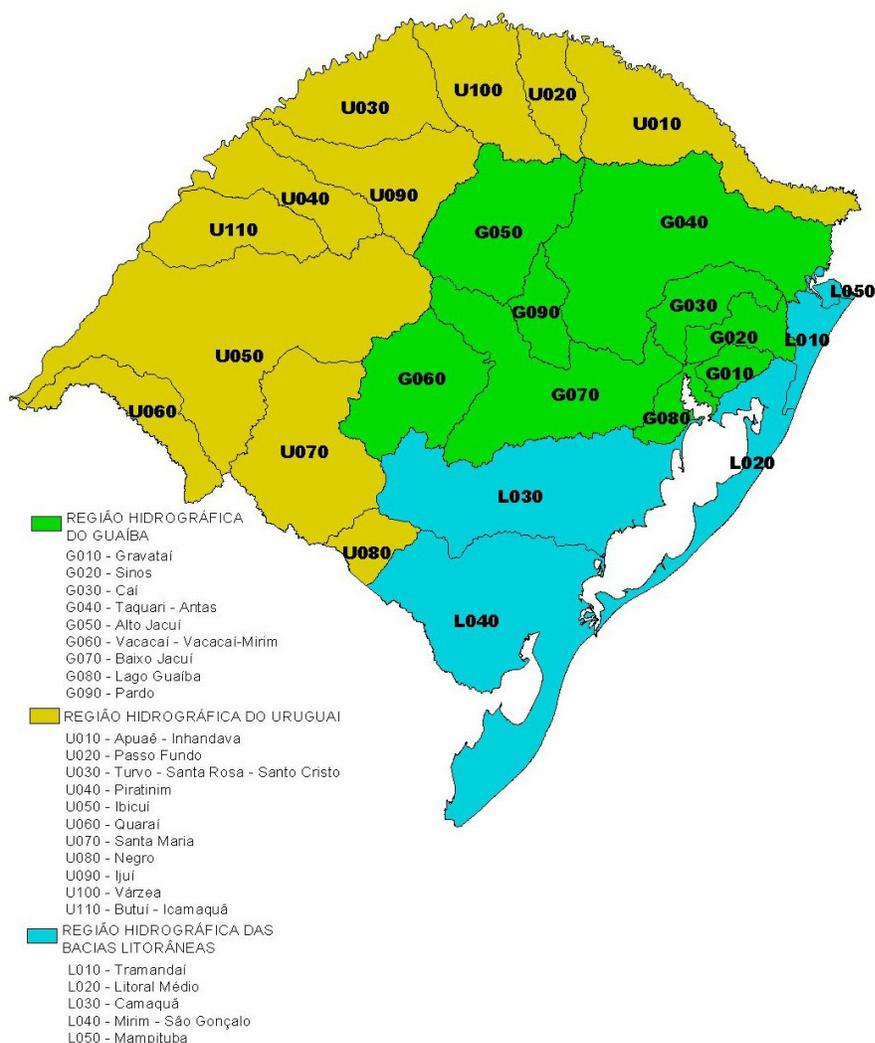


FIGURA 3.1: Regiões e Bacias Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul.  
(Fonte: Autor)

De acordo com a Lei Estadual nº 10.350, para cada Região Hidrográfica está destinada uma Agência de Região Hidrográfica (ARH) e, para cada bacia, um Plano de Bacia e um

Comitê de Gerenciamento (garantindo, desta forma, que os seus respectivos cidadãos participem da gestão das águas em um processo contínuo e solidário).

Com relação aos Planos de Bacias Hidrográficas, a Lei Estadual explicita que:

Os Planos de Bacia Hidrográfica têm por finalidade operacionalizar, no âmbito, de cada bacia hidrográfica, por um período de 4 anos, com atualizações periódicas a cada 2 anos, as disposições do Plano Estadual de Recursos Hídricos, compatibilizando aspectos quantitativos e qualitativos, de modo a assegurar que as metas e usos previstos pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos sejam alcançados simultaneamente com melhorias sensíveis e contínuas dos aspectos qualitativos dos corpos de água.

Para tanto, estes planos deverão conter os seguintes elementos, conforme Art. 27:

- I – objetivos de qualidade a serem alcançados em horizontes de planejamento não inferiores ao estabelecido no Plano Estadual de Recursos Hídricos;
- II – programas das intervenções estruturais e não-estruturais e sua espacialização;
- III – esquemas de financiamentos dos programas a que se refere o inciso anterior, através de:
  - a) determinação dos valores cobrados pelo uso da água;
  - b) rateio dos investimentos de interesse comum;
  - c) previsão de recursos complementares alocados pelos orçamentos públicos e privados na bacia.

Enquanto as Agências de Região Hidrográfica (designadas pela Lei à elaboração dos Planos) não são implementadas, no Rio Grande do Sul, o Departamento de Recursos Hídricos (DRH) está cumprindo o papel a elas designado, subsidiado por contratos com empresas de consultoria, que dão suporte técnico à implantação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos.

Atualmente (2006), existem três Planos de Bacia implementados ou sendo elaborados no Estado: Lago Guaíba, Rio Tramandaí e Rio Pardo (DEWES, 2005). Recentemente, foi contratada a empresa que está elaborando o Plano da Bacia do Rio Caí. Também está em execução o Plano Estadual de Recursos Hídricos.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul começou a ser desenvolvido em maio de 2006, através de contrato entre o Departamento de Recursos Hídricos (DRH/SEMA) e uma empresa de consultoria. O Plano, de acordo com a legislação estadual, deverá abranger um horizonte de planejamento não inferior a 12 anos, devendo conter os seguintes elementos: objetivos da Política Estadual de Recursos Hídricos, traduzidos em metas a serem atingidas em prazos determinados; ênfase nos aspectos quantitativos, compatível com os qualitativos estabelecidos pelas propostas dos comitês; inventário da disponibilidade hídrica e das estruturas de reservação; inventário dos usos e conflitos; projeção dos usos, das disponibilidades e dos conflitos potenciais; definição e análise das

áreas críticas, atuais e potenciais; diretrizes para outorga do uso da água; diretrizes para a cobrança; e limite mínimo para a fixação de valores a serem cobrados. Ao final, o Plano Estadual de Recursos Hídricos constituir-se-á em um Projeto de Lei.

É interessante ressaltar que os Planos de Bacia implementados ou em fase de implementação são anteriores ao Plano Estadual de Recursos Hídricos (iniciado em maio de 2006), não condizendo com os Artigos 26 e 27 da Lei 10.350/94:

Art. 26 – Os Planos de Bacia Hidrográfica têm por finalidade operacionalizar [...] as disposições do Plano Estadual de Recursos Hídricos, compatibilizando aspectos quantitativos e qualitativos, de modo a assegurar que as metas e usos previstos pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos sejam alcançados simultaneamente com melhorias sensíveis e contínuas dos aspectos qualitativos dos corpos de água.

Art. 27 – Serão elementos constitutivos dos Planos de Bacia Hidrográfica:

I – objetivos de qualidade a serem alcançados em horizontes de planejamento não inferiores ao estabelecido no Plano Estadual de Recursos Hídricos;

II – [...]

A ausência do Plano Estadual foi considerada uma grande lacuna para os executores dos Planos de Bacia anteriores a ele, pois é através dele que se estabelecem diretrizes gerais para a implantação do SERH e regram-se as relações entre as diferentes bacias hidrográficas. Por exemplo, especificamente, o enquadramento na foz de uma bacia deverá articular-se com o processo de enquadramento da bacia de jusante (onde ela deságua). Essa dinâmica deve ser estabelecida, ou mesmo regulamentada, pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos. Não obstante, os Planos de Bacia já concluídos – ou com o processo de enquadramento concluído – deverão ser considerados pelo Plano Estadual.

Em síntese, todos os planos buscam basicamente o mesmo objetivo: estabelecer um conhecimento sólido e adequado das unidades de planejamento e gestão (bacias hidrográficas) para posteriormente propor formas de resolução para os problemas identificados, sejam eles existentes ou potenciais.

## **3.2. Arroz Irrigado**

### **3.2.1. Aspectos Gerais**

Em âmbito mundial, a agricultura irrigada é a maior usuária dos recursos hídricos, responsável pela utilização de cerca de 70% do total demandado, quando comparada à indústria (23%) e ao uso doméstico (7%) (BRITO et al., 2002). A área irrigada global é de pouco mais de 17% da área total cultivada e contribui com 40% da produção de alimentos (SANTOS, 1998). Isso significa que a produtividade mundial da agricultura irrigada equivale a 2,35 vezes a da agricultura de sequeiro. No Brasil, a agricultura utiliza cerca de 60% do total

da água demandada, em comparação aos usos industrial (18%) e doméstico (22%), segundo Christofidis (1999) e Rebouças (1999). A área irrigada total em território brasileiro é considerada da ordem de 3 milhões de hectares (BRITO et al., 2002) e, de acordo com Santos (1998), embora represente apenas 5% da área total cultivada, contribui com 16% da produção agrícola e com 35% do valor total da produção. Pode-se, portanto, concluir que cada hectare irrigado no País equivale a 3 hectares de sequeiro, em produtividade física, e a 7 hectares de sequeiro, em produtividade econômica (BRITO et al., 2002).

O arroz, que é cultivado em 150 milhões de hectares e com uma produção de 600 milhões de toneladas em casca, é um dos principais cereais consumidos e produzidos em todo o mundo. No Brasil, este cereal representa cerca de 20% do total de grãos colhidos. O sistema de cultivo de arroz irrigado tradicionalmente praticado na Região Sul do País contribui com 68% da produção nacional, sendo o Estado do Rio Grande do Sul o maior produtor brasileiro, responsável por 52% do total produzido. Segundo a Embrapa (2004), o bom desempenho da orizicultura gaúcha, que chega a rendimentos de 13 t.ha<sup>-1</sup> (com média de 6,2 t.ha<sup>-1</sup>), está associado à utilização intensiva de tecnologia (genética e manejo) e, especialmente, à predominância das lavouras irrigadas artificialmente, que garantem o suprimento ininterrupto de água, garantindo a solubilização dos principais nutrientes, a manutenção de pH e de temperatura ideais e, principalmente, o controle de plantas daninhas.

No Rio Grande do Sul, particularmente, o arroz participa com 40% da produção total de grãos, sendo que nos últimos 12 anos, a área de cultivo do cereal aumentou de cerca de 800 mil para cerca de 1 milhão de hectares (LOUZADA, 2004). Dados do Censo da Lavoura de Arroz Irrigado do Rio Grande do Sul (IRGA, 2006) mostram que a área cultivada no Estado na safra 2004/2005 foi de 1.034.529 hectares. A atividade é responsável por 2,3% do PIB gaúcho e consiste, por este e outros motivos, na atividade econômica mais importante da metade sul do Estado, ao prevalecer em 133 municípios. De acordo com o Censo, o número de lavouras no Estado na safra 2004/2005 aumentou 12,7% com relação ao da safra 1999/2000. Além do crescimento físico da área, a produtividade (produção por área) também evoluiu, o que pode ser atribuído, principalmente, à melhoria nas técnicas de manejo das lavouras, que passaram a permitir a expressão do potencial produtivo das cultivares de arroz utilizadas.

### 3.2.2. Sistemas de Preparo e Manejo de Solo

O manejo ou preparo de solo em sistemas agrícolas consiste em um conjunto de operações ou manipulações física, química e biológica do solo (práticas culturais, fertilização,

correção, etc.) realizadas com objetivo de proporcionar condições favoráveis à semeadura (condições de boa germinação e emergência das sementes), ao desenvolvimento e à produção de plantas cultivadas por tempo ilimitado (LAL, 1979 e CURI et al., 1993 apud EMBRAPA, 2004).

Os solos próprios para cultivo de arroz irrigado caracterizam-se pela topografia plana, geralmente hidromórficos, que permanecem saturados em períodos de maior precipitação. A drenagem deficiente está relacionada não apenas à topografia plana, mas, principalmente, à ocorrência de horizontes argilosos que, por apresentarem condutividade hidráulica muito baixa, dificultam a percolação de água no perfil (SOSBAI, 2005). Estas características, normalmente desfavoráveis a outras culturas, tornam-se adequadas para o cultivo do arroz irrigado, facilitando a manutenção da lâmina de água sobre a superfície e dificultando a lixiviação de nutrientes.

### *Sistematização*

Para o aproveitamento eficiente e racional dos solos para cultivo de arroz há necessidade de condicioná-los anteriormente a um processo de sistematização do terreno, que consiste na criação de um sistema funcional de manejo que vai desde a remoção de resíduos vegetais, abertura de canais de drenagem e irrigação, construção de estradas internas, regularização da superfície do terreno, em nível ou desnível e entaipamento até a construção de estruturas complementares, conforme a necessidade de cada projeto (SOSBAI, 2005). A sistematização deve basear-se em estudos envolvendo dados do terreno, como análises das condições de solo, água e topográficas e obedecendo as características peculiares de cada propriedade. De acordo com a SOSBAI (2005), há duas modalidades de sistematização para as lavouras de arroz, que são realizadas em função do sistema de cultivo.

A sistematização de solo em ‘desnível’ é feita normalmente com as taipas construídas paralelamente às curvas de nível. Neste sistema, normalmente, a declividade natural do terreno é mantida, podendo-se ajustar o gradiente conforme a necessidade. A sistematização em ‘nível’, por sua vez, utiliza a subdivisão da lavoura em quadros regulares, cujo relevo interno é quase plano. No Rio Grande do Sul, os quadros variam de 1 a 2 ha, podendo atingir até 40 ha em condições de topografia plana. Os quadros devem ser isolados por taipas, na maioria das vezes paralelas entre si, com dimensões que variam na base de 1,0 a 1,5 m e na altura de 0,3 a 0,6 m, apresentando condições de serem irrigados e drenados independentemente e com sistema próprio de acesso (SOSBAI, 2003).

O nivelamento da superfície do solo e o planejamento dos sistemas de irrigação, de drenagem e viário permitem melhor aproveitamento da área cultivada, boa distribuição e condução da água nos quadros e redução da altura da lâmina de água a ser mantida na lavoura (MACEDO, 2005). Com isso, a execução de outras práticas de manejo da cultura também fica facilitada. Para a pesquisadora, a sistematização em nível, além de proporcionar a redução do uso da água, reduz os custos com mão-de-obra para manutenção e controle da irrigação e drenagem, com redução no custo total de produção. Para Vianna (1997) a melhoria em infraestrutura da lavoura e nas instalações de irrigação auxilia na conservação de energia e na redução do uso da água, com ganho econômico real e significativo em termos de preservação ambiental. Exemplos práticos corroboram estas assertivas. Para melhorar a eficiência do uso da água<sup>6</sup>, a Associação dos Usuários da Barragem do Arroio Duro (AUD), empreendimento responsável pela irrigação de cerca de 15 mil hectares no município de Camaquã - RS, vem trabalhando com sistematização das lavouras para melhorar a eficiência de uso do recurso hídrico disponível, reduzindo o volume usado por associado (VIEGAS, 2005). Trabalhos realizados por Beltrame et al. (2005) no perímetro irrigado da AUD determinaram o volume de água utilizado em lavouras sistematizadas em solos franco-argilosos, constatando demandas da ordem de 10.000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, muito menores do que os volumes historicamente utilizados em Camaquã - RS, que chegam a 15.000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> em sistemas não sistematizados.

### *Sistemas de Cultivo*

A cultura do arroz irrigado apresenta uma peculiaridade que é a possibilidade de ser estabelecida em diferentes sistemas de cultivo, constituindo-se numa característica muito importante para a sustentabilidade da produção. Para a maioria dos autores, os sistemas de cultivo podem ser agrupados em dois grandes grupos: aqueles em que o estabelecimento do arroz se dá em área previamente inundada e aqueles em que este estabelecimento se dá em solo seco. No primeiro grupo estão inseridos os sistemas de cultivo 'pré-germinado', 'mix' e 'transplante de mudas'. No segundo, estão os sistemas 'convencional', 'cultivo mínimo' e 'plantio direto'. No Rio Grande do Sul, de acordo com IRGA (2006), predomina o cultivo mínimo em 61,1% da área total cultivada, seguido pelo sistema convencional (21,9%), pré-germinado (11,2%), plantio direto (5,7%) e mix (0,1%). Entre os sistemas de cultivo utilizados na cultura do arroz irrigado existem outras diferenças além da condição inicial de

---

<sup>6</sup> Nesta dissertação, o termo 'eficiência de uso da água na irrigação do arroz' estará se referindo ao conceito mundialmente conhecido sobre eficiência de irrigação, que é a relação entre a evapotranspiração (consumo) e a quantidade de água aplicada na lavoura (demanda), diferente do outro conceito existente, que define eficiência do uso da água como a produção de grãos por quantidade de água consumida.

umidade do solo, relacionadas especialmente com a forma de preparo do solo (MARCHEZAN et al., 2005).

O sistema convencional é caracterizado pela intensa mecanização e revolvimento do solo, cujos objetivos são a eliminação de plantas daninhas e a criação de um ambiente favorável à germinação, emergência e desenvolvimento da cultura implantada. O cultivo mínimo e o plantio direto utilizam menor mobilização do solo, quando comparados ao convencional. Estes sistemas envolvem, normalmente, a diversificação de espécies, via rotação de culturas, cujo processo de semeadura ocorre com um mínimo de movimentação de solo e sob a resteva de uma cultura anterior (pastagem ou flora de sucessão) dessecada quimicamente. O cultivo mínimo difere do plantio direto na época e na intensidade de preparo do solo.

O sistema pré-germinado é definido, no Rio Grande do Sul, como o conjunto de técnicas de cultivo de arroz irrigado onde as sementes, previamente germinadas, são lançadas em quadros nivelados e totalmente inundados. O sistema mix, por sua vez, é uma adaptação do cultivo mínimo ao pré-germinado. A utilização destes dois sistemas (pré-germinado e mix) sofreu um sensível crescimento nos últimos anos, devido, entre outros fatores, a menor dependência das condições climáticas para o preparo do solo, à redução de custos e ao controle eficiente de plantas daninhas, especialmente do arroz vermelho (OLIVEIRA et al., 1999). No entanto, entre suas desvantagens estão a necessidade de adequação da topografia, formando-se os denominados tabuleiros ou quadros, onerando os custos para o produtor, e o impacto ambiental associado ao aumento de turbidez das águas devido ao preparo inicial do solo, caracterizado por intensa movimentação e formação de lama.

No Rio Grande do Sul, de acordo com Marchezan et al. (2005), em regiões onde predominam lavouras de pequenas dimensões, o pré-germinado é o sistema predominante, pois permite a sustentabilidade econômica ao produtor ao dar condições de cultivos sucessivos de arroz em mesma área, dispensando a rotação de culturas. Na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, objeto de estudo desta dissertação, localizada na Depressão Central do Estado, os sistemas de semeadura em solo inundado e em solo seco ocupam, cada um, cerca de 50% da área cultivada com arroz irrigado (ANDRADE & RABUSKI, 2005). No entanto, pode-se verificar que a Bacia é composta por duas áreas orizícolas bastante distintas. Na porção central (municípios de Vera Cruz, Vale do Sol e Santa Cruz do Sul) são encontradas lavouras de pequenas dimensões caracterizadas pela sistematização das terras e pelo uso do sistema de cultivo pré-germinado. No município de Candelária, e, principalmente no município de Rio

Pardo são encontradas lavouras maiores, com predominância dos sistemas de semeadura em solo seco e com percentual de áreas sistematizadas inferior ao do restante da Bacia.

Com relação ao sistema de transplante de mudas, pode-se dizer que é o sistema de cultivo de arroz irrigado mais comum do sul e sudeste da Ásia, porém, no Rio Grande do Sul, é pouco usado, estando restrito a áreas de produção de sementes de alta qualidade (KNOBLAUCH, 1997).

### 3.2.3. Demanda e Consumo de Água

O volume de água demandado na irrigação por inundação no cultivo do arroz depende da textura e da declividade do solo (que está associada diretamente à forma de adequação da superfície do terreno), da temperatura do ar e da sua umidade relativa (condições climáticas) que, juntas, determinam vazões contínuas de 1,5 a 2,0 L.s<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>, num período de irrigação que varia de 80 a 120 dias (SOSBAI, 2003). São também fatores importantes na determinação do volume de água necessário, a duração do ciclo da cultivar, a época de semeadura, as precipitações ocorridas após a semeadura e o teor de água no solo no início da irrigação (SOSBAI, 2005).

De acordo com vários autores, a necessidade de água de uma lavoura de arroz pode ser dividida em cinco componentes nos sistemas de cultivo que utilizam semeadura em solo seco (convencional, direto e mínimo), a saber: 1) saturação do solo; 2) formação da lâmina após emergência; 3) evapotranspiração; 4) perdas por percolação lateral e 5) perdas por percolação profunda. Nos sistemas que utilizam semeadura em solo inundado (pré-germinado e mix), podem ser considerados seis componentes: 1) saturação do solo; 2) formação da lâmina para preparo do solo; 3) formação da lâmina da lavoura; 4) evapotranspiração; 5) perdas por percolação lateral e 6) perdas por percolação profunda. Como pode ser visto, nestes últimos sistemas há um componente a mais, relacionado com a lâmina utilizada na ocasião do preparo do solo. Esta lâmina provém da necessidade de preparo do solo em condição de saturação, visto que é preciso que haja formação de lama para nivelamento do terreno.

De acordo com Cauduro (1996), em um sistema convencional com semeadura em solo seco os valores demandados para uma safra qualquer no Rio Grande do Sul são distribuídos, mais ou menos, da seguinte forma: saturação do perfil do solo – 900 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (8,0%); formação da lâmina – 1.000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (8,5%), evapotranspiração – 5.550 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (48%), percolação lateral – 4.020 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (35%), e percolação profunda – 43 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (0,5%), totalizando cerca de 11.500

$\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{safra}^{-1}$ . A seguir são feitas considerações a respeito de cada componente da irrigação por inundação.

#### *Demanda Hídrica para Suprir Perdas por Evapotranspiração*

Cerca de 48% da água utilizada na lavoura é, de fato, consumida, através da evapotranspiração (CAUDURO, 1996). Portanto, sai do sistema direto para a atmosfera, podendo não retornar ao ciclo hidrológico da bacia hidrográfica de onde foi retirada se o processo de precipitação pluvial ocorrer em outra região. Em trabalho realizado na Estação Experimental do Arroz, em Cachoeirinha – RS, Sachet (1977) verificou que, da lâmina total aplicada na irrigação do arroz, no valor de 1.200 mm, 70% couberam à evapotranspiração da cultura, isto é, 840 mm.

Tsuitsui (1972) observa que a evapotranspiração da cultura do arroz no Rio Grande do Sul oscila entre 4 e 7  $\text{mm}.\text{dia}^{-1}$  de acordo com o clima e o estágio de desenvolvimento da cultura, perfazendo a necessidade durante toda a safra de 400 a 1.000 mm (variando também com o tamanho do ciclo de desenvolvimento). Os estudos de Sachet (1977), em Cachoeirinha – RS, revelaram valores superiores, com o máximo ocorrendo no período compreendido entre a diferenciação do primórdio floral e a floração, atingindo 9,0  $\text{mm}.\text{dia}^{-1}$ . No período vegetativo a evapotranspiração variou entre 7,0 e 7,5  $\text{mm}.\text{dia}^{-1}$ , enquanto que no período compreendido entre floração e maturação, seu valor caiu para 6,0  $\text{mm}.\text{dia}^{-1}$ .

Motta et al. (1990), por sua vez, determinaram a evapotranspiração do arroz irrigado em vários municípios do Rio Grande do Sul para dois períodos distintos, encontrando totais que variaram de 600 a 800 mm. Os autores constataram, para os períodos de irrigação de 24/11 a 21/02 (90 dias) e de 25/12 a 24/03 (90 dias), valores médios no Estado da ordem de 8,5  $\text{mm}.\text{dia}^{-1}$  e de 6,7  $\text{mm}.\text{dia}^{-1}$ , respectivamente. Os maiores valores foram encontrados em Santa Vitória do Palmar, sendo, em média, de 9,0  $\text{mm}.\text{dia}^{-1}$  e 7,8  $\text{mm}.\text{dia}^{-1}$ , respectivamente para os dois períodos citados.

Doorenbos & Pruitt (1976) propõem que o cálculo da evapotranspiração potencial de uma determinada cultura seja efetivado através da seguinte expressão:

$$ET_m = ET_0 \times K_c \quad 3.1$$

sendo

$ET_m$  = evapotranspiração potencial da cultura;  $ET_0$  = evapotranspiração de referência e  $K_c$  = coeficiente da cultura.

O termo  $K_c$  é um coeficiente empírico, adimensional, que relaciona os componentes do sistema solo-planta-atmosfera, distinguindo as culturas e seus diferentes estádios de desenvolvimento. Este coeficiente é obtido pela relação  $ET_m/ET_0$ , onde o primeiro componente é medido por evapotranspirômetros ou estimado indiretamente através de balanço hídrico em lisímetro, enquanto o segundo é estimado climatologicamente através de inúmeros métodos existentes.

Na cultura do arroz irrigado, que permanece constantemente sob condições de pleno fornecimento de água, portanto sem restrições, a evapotranspiração real atinge sempre os valores máximos. Desta forma, sua estimativa pode ser feita aplicando-se a Equação 3.1 diretamente nos diferentes estádios de desenvolvimento (FEDDES & LENSELINK, 1994). Segundo a maioria dos estudos sobre o tema, a evapotranspiração aumenta com o desenvolvimento da cultura, atingindo seu ponto máximo no período que vai de pouco antes do florescimento até a formação inicial de grãos, diminuindo após isso. Na Tabela 3.1 são apresentados alguns dos coeficientes para o arroz irrigado encontrados na literatura. A variação observada nos valores da tabela se deve às diferentes condições climáticas das regiões onde se desenvolveram os experimentos, ao manejo adotado nestes experimentos, ao intervalo de tempo adotado no cálculo da  $ET_0$  e às diferentes formas de estimá-la (MOHAN & ARUMUGAM, 1994 e SHAH & EDLING, 2000).

TABELA 3.1: Coeficientes de Cultivo para Arroz Irrigado

Autor	$ET_0^3$ (método)	Período de desenvolvimento <sup>2</sup>		
		até DPF <sup>1</sup>	DPF <sup>1</sup> à floração	Floração à maturação
Doorenbos & Kassam (1979)	Penman Modificado (FAO)	1,1-1,15	1,1-1,30	0,95-1,05
Tomar & O'Toole (1980)	Tanque	1,2 (média de todo o período)		
Hendrickx et al (1986)	Penman Modificado (FAO)	1,25 (valor máximo)		
Fietz (1987)	Penman-Monteith	1,60	2,10	1,40
Pereira (1989)	Tanque	1,0 (média de todo o período)		
Mohan & Arumugam (1994)	Penman Modificado (FAO)	1,27	1,62	1,15
Shah & Edling (2000)	Penman-Monteith	1,39	1,51	1,43
Tyagi et al (2000)	Penman-Monteith	1,19	1,30	1,08

<sup>1</sup> DPF: diferenciação do primórdio floral

<sup>2</sup> Períodos médios adaptados dos considerados pelos diferentes autores

<sup>3</sup> Evapotranspiração de referência  
(Fonte: LOUZADA, 2004)

### *Demanda Hídrica para Saturação do Perfil do Solo*

De acordo com Cauduro (1996), a necessidade de água para a saturação do perfil gira em torno de 900 m<sup>3</sup>; no entanto, a lâmina de água necessária depende das características físicas do solo (como profundidade da camada de impedimento e/ou do lençol freático e porosidade) e da sua umidade inicial (DIAZ & BELTRAME, 1986). Fietz (1987), em um

Planossolo da Unidade Pelotas, considerando umidade inicial equivalente a um potencial matricial de 0,26 atm, calculou a necessidade média de 53,3 mm, ou  $533 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ , para a saturação do perfil do solo. Este volume correspondeu a 6% da demanda total calculada (média). O autor considerou baixo o volume estimado devido à condição inicial de umidade considerada (próxima à capacidade de campo). O mesmo autor ainda acrescenta que grandes lâminas de saturação (superiores a 100 mm) sob estas condições de umidade inicial, só se verificaram em locais com mais de 70 cm de profundidade.

#### *Demanda Hídrica para Formação da Lâmina Superficial*

A altura da lâmina de água a ser mantida na lavoura é determinada conforme a cultivar e a topografia do terreno. As cultivares tradicionais suportam uma lâmina de água mais elevada sem prejudicar o seu desenvolvimento, e as cultivares tipo intermediária e moderna se desenvolvem melhor quando a altura da lâmina de água não ultrapassa 10 cm de altura. Lavouras com menor declividade entre taipas possibilitam maior uniformidade na lâmina de água (SOSBAI, 2005), sendo que em áreas sistematizadas a lâmina pode ser mantida mais baixa e uniforme. As recomendações técnicas para cultivo do arroz nas regiões da Depressão Central e Fronteira Oeste sugerem a utilização de lâminas entre 5 e 15 cm de altura, resultando em volumes de 500 a  $1.500 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ . Andrade & Rabuski (2005) ressaltam que, na Região do Vale do Rio Pardo, onde se localiza a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, frequentemente são verificadas lâminas de 20 cm, o que é atribuído ao microrelevo mantido nas lavouras, que impede a uniformidade da lâmina superficial. Tsutsui (1972) já salientava que para que se possa manter a lâmina a uma altura de 5 cm, é necessário que haja perfeito nivelamento do solo e controle rigoroso de plantas daninhas, pois em situações de lâmina rasa, há maior probabilidade de incidência de invasoras.

#### *Demanda para Suprir Perdas por Fluxo Lateral e Percolação Profunda*

As demandas para suprir as perdas pelas percolações lateral e profunda são da ordem de  $4.020 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{safr}^{-1}$  e  $43 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{safr}^{-1}$ , respectivamente, segundo Cauduro (1996). Fukuda & Tsutsui (1968) citam alguns trabalhos realizados no Japão que mostram que a percolação lateral é de 3 a 10 vezes superior à componente vertical. Louzada (2004) atribui às características físicas dos solos de várzea, que têm lençol freático superficial e/ou camada impermeável imediatamente abaixo do horizonte superficial, estes baixos valores de fluxo vertical. O mesmo autor verificou, através de modelagem matemática aplicada em um Planossolo da Unidade Vacacaí em Cachoeirinha - RS, que as perdas pelos fluxos lateral e vertical respondem, em termos percentuais, a 0,5 % do total demandado para uma lavoura de

arroz naquele solo. Valores muito pequenos também foram encontrados por Fietz (1987), que determinou demandas para suprimento das perdas pelo fluxo lateral da ordem de 10 mm, representando menos de 1% da demanda total. Por outro lado, Beltrame & Gondim (1982) verificaram demandas de 190 mm em 106 dias de irrigação em um Planossolo da Unidade Vacacaí, correspondendo à média de 1,8 mm.dia<sup>-1</sup>.

Os fluxos horizontal e vertical em uma lavoura de arroz irrigado podem ser estimados a partir da Equação de Darcy (LOUZADA, 2004; FIETZ, 1987; ROCHEDO, 1979), pois dependem das características físico-hídricas do solo (condutividade hidráulica saturada), do gradiente hidráulico e da área em que estes fluxos se processam. Na percolação lateral, Johnson (1972) sugere que, conhecendo-se a relação perímetro/área de uma lavoura pode-se determinar a área em que ocorre o fluxo lateral. Em lavouras de pequenas dimensões, onde a relação perímetro/área é maior, espera-se que estas perdas sejam de maiores proporções do que em lavouras de extensões maiores. Neste sentido, De Datta (1981) encontrou perdas da ordem de 15,6 L.h<sup>-1</sup> para cada metro de perímetro de área. Já Fietz (1987) encontrou perdas de apenas 0,9 L.h<sup>-1</sup> por metro de perímetro de lavoura, atribuindo o valor à baixa relação perímetro/área, em virtude das grandes extensões das lavouras onde foi realizado o experimento, e ao baixo gradiente hidráulico, devido à baixa lâmina de água mantida.

#### 3.2.4. Eficiência de Uso da Água – Redução de Perdas

A eficiência de irrigação refere-se ao percentual do volume total aplicado que, de fato, é absorvido pela cultura irrigada em um determinado sistema de irrigação. Este percentual absorvido corresponde à transpiração da planta que, por sua vez, é praticamente equivalente à evapotranspiração, especialmente quando a cultura já está estabelecida, cobrindo quase totalmente o solo.

Aumentar a eficiência de um determinado sistema de irrigação significa aproximar o volume aplicado na lavoura ao volume evapotranspirado. Neste sentido, os sistemas de irrigação por superfície, especialmente os de inundação superficial, que prevalecem no cultivo do arroz irrigado, têm recebido a reputação de sistemas de baixa eficiência por demandarem grande quantidade de água, muito superior àquela que a lavoura realmente necessita para produzir. Contudo, quando adequadamente dimensionados e operados, pode-se estabelecer um sistema de irrigação por inundação mais eficiente, ao se reduzir as principais perdas do processo, aproximando o volume total aplicado ao volume correspondente à evapotranspiração. Está certo que entre estas ‘perdas’ está incluída a lâmina superficial, que é imprescindível no processo de cultivo de arroz irrigado, pois trata-se da principal forma de

manejo fitossanitário da cultura, de solubilização de nutrientes e manutenção de pH. Especialmente por isso, a demanda para a irrigação de arroz jamais se igualará à evapotranspiração.

No Rio Grande do Sul, o volume de água aplicado chega a valores de aproximadamente  $15.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  (TOESCHER et al., 1997). Durante muitos anos, o Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA) recomendou vazões de 1,7 a  $3,0 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  baseado nos estudos de Bernardes (1946), as quais são demasiadamente elevadas, provocando assim, baixa eficiência do sistema adotado e do uso do recurso hídrico pelo complexo solo-planta (BELTRAME & GONDIM, 1982). De acordo com estes últimos autores, a vazão de  $1,4 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  seria suficiente para suprir a necessidade de irrigação da lavoura de arroz, reduzindo em 18% o volume de água e, conseqüentemente, o consumo de energia. Com o respaldo dos dados de pesquisa, é possível reduzir as vazões para atender à necessidade hídrica da cultura em função da redução do ciclo e do porte das cultivares modernas associada à melhoria das condições de adequação da área e de manejo da cultura (MACEDO, 2005).

Como mencionado anteriormente, a evapotranspiração da cultura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul consome de 600 a 800 mm de água em uma determinada safra (MOTTA et al., 1990). Os autores ressaltam que estes valores correspondem a cerca de 40% do que historicamente é utilizado pelos agricultores, evidenciando a baixa eficiência do sistema de irrigação por inundação na lavoura de arroz no Rio Grande do Sul. Para atingir índices elevados de eficiência é imprescindível que haja controle de perdas de água no sistema, podendo-se lançar mão de algumas tecnologias disponíveis. Desta forma, preconiza-se a sistematização das terras como uma das principais técnicas para o controle das perdas de água na lavoura (VIANNA, 1997; RIGHES, 2006; MACEDO, 2005; EMBRAPA, 2004).

O volume de água que o produtor aplica nas lavouras de arroz, incluindo os volumes da evapotranspiração e dos demais componentes de demanda, é bastante relativo, variando em função da região e das condições climáticas, dos solos, da forma de adequação do terreno e da duração do ciclo da cultivar. Muitas vezes, mudanças nos padrões de manejo da lavoura não garantem reduções de perdas e aumento da eficiência no sistema de irrigação. A seguir, é apresentada uma revisão a respeito do controle de perdas de água no sistema de irrigação por inundação.

### *Evapotranspiração*

As condições climáticas determinam, principalmente, variações regionais na demanda para suprir as perdas pela evapotranspiração. Justamente por isso, é muito difícil manejar a lavoura de forma a reduzir este componente da demanda total, visto que ele é função unicamente das condições climáticas (considerando a mesma cultivar em um mesmo período de desenvolvimento). Righes (2006) cita que é possível implantar estruturas que diminuam a velocidade do vento, como quebra-ventos, para diminuir a demanda evapotranspirativa. Com relação à duração do ciclo das diferentes cultivares de arroz, cultivares de ciclo mais curto, embora possuam demanda evapotranspirativa instantânea similar a cultivares de ciclo mais longo, determinam demandas evapotranspirativas totais menores na safra.

De acordo com Bernardes (1956), a necessidade total de água para arroz irrigado por inundação no Estado do Rio Grande do Sul, em lavouras não sistematizadas, pode variar de 11.500 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.safra<sup>-1</sup>, para cultivares de ciclo precoce, até 17.000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.safra<sup>-1</sup> para cultivares de ciclo longo. Segundo a SOSBAI (2003), as cultivares disponíveis apresentam ciclos que variam de 95 (da semeadura à maturação plena) a 150 dias, caracterizando ciclos desde muito precoces (ou superprecoces) até tardios (ou longos). Estes dois extremos, no entanto, são muito pouco utilizados no Rio Grande do Sul, sendo mais comuns as cultivares de ciclo precoce (106 a 120 dias) e médio (121 a 135 dias). Dados do Censo da lavoura de Arroz Irrigado de Rio Grande do Sul (IRGA, 2006) apontam a cultivar IRGA 417 (ciclo precoce) como a mais utilizada no Estado, ocupando 27% das lavouras. É seguida pela IRGA 422 CL, utilizada em 15,5% das lavouras. Também são significantes as participações das cultivares El Paso L144 (ciclo médio), BR IRGA 410 (ciclo médio) e algumas cultivares da EPAGRI (Santa Catarina). Diferentemente do resto do Estado, na Depressão Central, região ecoclimática onde está inserida a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, cerca de 50% das cultivares utilizadas nas últimas safras foram de ciclo tardio (ou longo) e o restante distribuído entre ciclos médio e precoce (ANDRADE & RABUSKI, 2005).

### *Solos*

Os solos determinam diferenças regionais nas demandas devido às variações de suas características físicas, como profundidade e porosidade, e de suas condições iniciais de umidade que condicionam, especialmente, o volume do componente da demanda para a saturação do perfil. Os solos também possuem diferentes propriedades físico-hídricas, como a condutividade hidráulica, que estão relacionadas, especialmente, com perdas de água por percolação horizontal e vertical.

A profundidade de saturação é determinada pelo nível do lençol freático ou pela localização da camada textural do solo que impedem o fluxo de água vertical. Os solos em que normalmente se cultiva o arroz irrigado, devem ter estas características peculiares, até porque, caso contrário, seria inviável a manutenção de uma lâmina de água constante, ou então a quantidade de água para saturar o perfil seria tão grande que inviabilizaria o processo produtivo (LOUZADA, 2004). Devido a estas características intrínsecas do solo, o manejo da lavoura reduz muito pouco o componente da demanda relacionado com a saturação do perfil.

A condutividade hidráulica de solos saturados é um parâmetro que traduz a facilidade com que a água se movimenta ao longo do perfil de solo e seu valor está relacionado com a densidade e com a estrutura do solo (distribuição de micro e macroporos), segundo Rojas (1998). Dalmago (2004) e Rojas (1998), comparando atributos físico-hídricos em solos sob diferentes sistemas de preparo, mostraram que o manejo do solo pode influenciar enormemente no valor da condutividade hidráulica, em virtude das alterações que ocorrem na estrutura interna dos solos sob as diferentes condições de preparo. Na cultura do arroz irrigado por inundação, devido à presença de camada de impedimento na sub-superfície do solo, ou de lençol freático elevado, a percolação vertical é pouco significativa, e por isso, não importam as mudanças nos atributos físico-hídricos do solo devido ao manejo, como evidenciados por Dalmago (2004) e Rojas (1998). Já na percolação lateral, a condutividade é extremamente importante. No entanto, o manejo também não exerce influência neste caso pois o que importa é o fluxo que se dá através das taipas laterais das lavouras, que não sofrem tantas alterações pelo manejo.

Para reduzir as perdas por fluxo lateral, mesmo que não seja possível interferir nas características intrínsecas do solo, pode-se optar por algumas técnicas para minimizá-las. A manutenção de uma lâmina de água mais baixa, por exemplo, e de taipas de base mais larga, proporciona redução no gradiente hidráulico e, conseqüentemente, do fluxo lateral. Assim, também a relação perímetro/área pode ser diminuída de acordo com o tamanho dos quadros, sendo que quanto maior for esta relação, maiores serão as perdas laterais, como já mencionado anteriormente.

### *Superfície do Terreno*

A sistematização do solo é uma prática disponível aos produtores capaz de modificar as demandas hídricas. Diversos autores, como Vianna (1997), Righes (2006), Macedo (2005) e Embrapa (2004) preconizam a sistematização de terras como uma das principais técnicas para controle de perdas de água nas lavouras. Como já mencionado, quanto mais nivelados os

quadros ou tabuleiros, mais baixo pode ser mantida a lâmina de irrigação, diminuindo, conseqüentemente a demanda total. A lâmina baixa, como mostrado anteriormente, também proporciona redução no gradiente hidráulico, implicando, desta forma, em menores perdas por percolação.

Embrapa (2004) atribuiu à sistematização em nível (aplainamento) o menor consumo de água para o arroz em Cachoeirinha, na Estação Experimental do IRGA, em relação aos demais locais, que usam sistema em desnível. De acordo com Viegas (2005), estudos realizados no distrito de irrigação do Arroio Duro (RS) mostraram consumo de  $14.500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{safra}^{-1}$  em lavouras sistematizadas para uma cultivar de ciclo médio (ciclo de 150 dias). No mesmo local, para uma cultivar superprecoce (ciclo de 96 dias) cultivada em terreno não sistematizado, o consumo constatado foi de  $16.500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{safra}^{-1}$ . Estes valores indicam que até mesmo uma cultivar de ciclo médio – considerada mais produtiva do que as cultivares superprecoces por ser menos exigente nos tratos culturais – pode demandar menos água do que uma cultivar de ciclo superprecoce se for cultivada em terreno sistematizado. Apesar destes indícios, apenas 18% das lavouras de arroz são sistematizadas no Estado (IRGA, 2006).

### *Sistemas de Cultivo*

Estudos têm demonstrado que os sistemas de cultivo (convencional, mínimo, direto, pré-germinado, mix) não implicam em diferenças na demanda total de água. No entanto, alguns especialistas da área, e até mesmo a SOSBAI (2006), afirmam que, com o uso continuado do sistema pré-germinado ou mix, pode haver alterações nas características físico-hídricas do solo, em comparação aos sistema de semeadura em solo seco, alterando a condutividade hidráulica dos solos e, conseqüentemente, as perdas por percolação. No entanto, estas diferenças ainda não foram mensuradas e não se pode concluir se realmente há variações na percolação entre os dois tipos de sistema de cultivo, até porque, de acordo com os estudos que quantificam estas perdas, a percolação vertical é insignificante frente às demais, devido à camada sub-superficial de impedimento ou lençol freático superficial, que caracterizam os solos onde se cultiva arroz irrigado. Machado et al. (2006) encontraram valores muito próximos de demanda de água em lavouras sistematizadas em nível em sistemas de semeadura em solo seco (média de  $5.572 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) e inundado ( $6.023 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Também Marcolin & Macedo (2001), em pesquisa realizada durante cinco safras consecutivas comparando os sistemas de cultivo convencional, plantio direto e pré-germinado com irrigação por inundação permanente, verificaram que os volumes de água usados, de aproximadamente  $7.800 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  (vazão instantânea de  $1,0 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), não diferiram entre os

sistemas. Weber (2000) em área experimental da UFSM, em Santa Maria - RS, avaliou o consumo de água nos sistemas convencional, mínimo, pré-germinado, mix e transplante de mudas. Nos dois primeiros, o período de irrigação foi de 101 dias, e nos demais, 118 dias. Os consumos medidos totais foram muito próximos, apresentando média de  $11.850 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ .

De acordo com Marchezan et al. (2005), a similaridade do consumo de água entre os sistemas de cultivo encontrados nas pesquisas pode ser atribuída ao aplainamento do solo, evitando-se o escoamento superficial contínuo de água para os drenos, a menor perda de água por infiltração através das taipas, por já estarem consolidadas, conforme preconiza Wopereis et al., 1994, e também à presença de um canal com lâmina de água permanente entre os blocos e ao redor do experimento, evitando-se o fluxo lateral de água pela inexistência de gradiente hidráulico entre as parcelas e o canal de contorno. Na prática, portanto, é necessário adequar o manejo da água e garantir a conformação de taipas para que o mínimo de água seja drenado da lavoura e, conseqüentemente, menos água seja retirada dos mananciais. Em termos de recursos hídricos, no entanto, a água drenada é considerada, por muitos autores, como um retorno aos mananciais que se torna disponível para os usos à jusante, não sendo considerada como extração permanente.

#### *Manejo da Água de Irrigação*

Outra forma de manejo da água para diminuir a quantidade total usada pela cultura de arroz consiste na redução do número de dias de irrigação, o que pode ser feito, além de se optar pela utilização de cultivares de menor ciclo, através da antecipação do término da irrigação. Em solos de drenagem deficiente, a irrigação pode ser interrompida 15 dias após florescimento pleno sem afetar o rendimento e qualidade de grãos (COUNCE et al., 1993). No entanto, segundo Macedo (2005), os produtores costumam manter a irrigação até o momento da colheita; nesses casos, se a drenagem não for adequadamente realizada, haverá sérios problemas para execução das operações de colheita, com danos severos ao solo. Os resultados de pesquisas realizadas por Genro Jr. et al (2005) e Macedo et al. (2005) mostram que a irrigação deve ser suspensa com antecedência necessária para que a água seja evapotranspirada e que não volte aos mananciais hídricos com alta concentração de nutrientes. Esta prática de manejo também mantém as condições físicas dos solos e auxilia na adequação da área para implantação da cultura na próxima safra agrícola.

### 3.2.5. Arroz Irrigado e os Recursos Hídricos

No Rio Grande do Sul, a cada ano, áreas de cultivo de arroz irrigado vêm sendo incorporadas ao processo produtivo devido às produtividades satisfatórias da cultura, sendo uma das mais estáveis em termos de produção o que, segundo Macedo (2005), pode ser atribuído ao sistema de irrigação por inundação. Chomenko (2002) lembra que restam ainda cerca de 50% de solos de várzea no Rio Grande do Sul e que poucas alternativas de produção, além do arroz irrigado, estão disponíveis para estas terras. A má drenagem, característica dominante nesses solos, associada ao alagamento em períodos chuvosos e à deficiência ou toxidez de nutrientes são condições que limitam o uso e manejo do solo para outras culturas. Ao mesmo tempo, o relevo plano, a textura desses solos, a disponibilidade de recursos hídricos e o clima vão ao encontro da expansão da cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, especialmente nas regiões da Depressão Central, Litoral Sul, Planícies Costeiras, Campanha e Fronteira-Oeste, abrangendo toda a metade-sul do território do Estado. Para viabilizar o cultivo de arroz irrigado nas várzeas, as áreas são drenadas, barragens e açudes são construídos e poços perfurados para garantir a disponibilidade de água para irrigação por inundação.

Apesar da grande importância sócio-econômica da lavoura de arroz no Rio Grande do Sul, em algumas localidades a atividade tem sido apontada como causadora da escassez de água para o abastecimento público das cidades próximas, especialmente quando os períodos de estiagem coincidem com o ciclo da cultura. Conforme o Art. 18 do Decreto Estadual 37.033, de 21 de novembro de 1996, “os recursos hídricos devem ser utilizados, prioritariamente, no abastecimento das populações, ficando a hierarquia dos demais usos estabelecidas nos Planos de Bacia”.

Os conflitos mais graves do Estado podem ser constatados nas Bacias Hidrográficas dos rios Vacacaí, Santa Maria, Sinos e Gravataí (MULLER & DEWES, 2006). As discussões acirradas entre os setores conflitantes destas Bacias apontam o Departamento de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (DRH/SEMA) – órgão responsável, dentre outras atribuições, pela outorga de direito de uso da água – como um dos grandes faltosos na questão da escassez hídrica, uma vez que a permissão para utilização de recursos hídricos é obtida com grande facilidade, pois não há informações consistentes a respeito das vazões dos rios na época de irrigação e não há fiscalização que vigie o real cumprimento do usuário com sua cota de uso e nem os eventuais usuários que utilizam os mananciais hídricos sem a licença do governo estadual.

No ano de 2005, o Rio Grande do Sul passou por uma das maiores crises econômicas causada pelo déficit hídrico. A redução na produção de grãos foi de 10.014.662 toneladas, tendo impacto na economia do Estado na ordem de R\$ 4.061.429.699,00 (RIGHES & RIGHI, 2005). A Sociedade de Agronomia de Santa Maria, preocupada com a elevada probabilidade de que este fato se repetisse, alertou os Órgãos Públicos responsáveis pelas ações de outorga de uso da água (DRH) e de defesa do meio ambiente (FEPAM) para a necessidade de se implantar, além de medidas mitigatórias, ações concretas e imediatas para minimizar os futuros conflitos decorrentes da escassez de água para produção de alimentos e sustentabilidade da exploração agrícola no Rio Grande do Sul. Um dos grandes entraves do DRH, segundo Muller & Dewes (2006), é a falta de subsídios ao órgão para que as outorgas possam ser mais bem administradas. As legislações federal e estadual exigem que os critérios para outorga sejam definidos pelos usuários dos recursos hídricos de cada Bacia Hidrográfica, através da implementação dos Planos de Bacias Hidrográficas, ainda deficientes no Estado.

Enquanto não se dispõe de todos os instrumentos legalmente previstos para o disciplinamento do uso da água, especialmente os Planos de Bacias, atores estratégicos das bacias hidrográficas, especialmente daquelas em que há conflitos entre usuários, vão tomando iniciativas no sentido de minimizar os problemas relacionados com a água. Nesse sentido, a SOSBAI (2005), por exemplo, tem sugerido aos produtores que se preocupem mais com a preservação da vegetação ciliar e o armazenamento de água, acondicionamento e descarte de embalagens de agrotóxicos, adequação de depósitos de combustíveis, entre outras medidas mitigatórias. Visando a sustentabilidade dos sistemas agrícolas produtivos, instituições como o IRGA, no Rio Grande do Sul, e a EPAGRI, em Santa Catarina, vêm se preocupando com a interferência da orizicultura no ambiente. As tecnologias atualmente desenvolvidas para manejo da cultura que têm como objetivo atingir altas produtividades, já incorporam práticas que permitem, entre outras coisas, reduzir o impacto da atividade no ambiente. Com o intuito de promover o desenvolvimento sustentável da orizicultura gaúcha, o IRGA lançou em 2004, o “Projeto 10 – Estratégias de Manejo para Aumento de Produtividade, Competitividade e Sustentabilidade da Lavoura de Arroz do Rio Grande do Sul”. O objetivo principal do Projeto é aumentar a produtividade média do Estado em uma tonelada por hectare em um prazo de 4 anos, reduzindo o custo de produção e o impacto ambiental e melhorar a qualidade do produto. Entre as estratégias incentivadas, está a sistematização das lavouras, que, segundo o Programa, garante reduções significativas na demanda de água, além de outros benefícios.

Ações espontâneas dos próprios produtores, independentemente dos incentivos de programas específicos, também são constatadas no Rio Grande do Sul. Alguns produtores da

Fronteira-Oeste do Estado instalaram equipamentos de irrigação por aspersão com propósito de otimizar o uso da água na região e com perspectivas para uso na irrigação de outras culturas. Alguns híbridos de arroz irrigado apresentam potencial de uso no sistema de irrigação por aspersão segundo Toeschler et al. (2003) e diversos trabalhos vêm sendo conduzidos para identificar cultivares de arroz que apresentem altas produtividades para as condições regionais e para o manejo sob esse sistema de irrigação (TOESCHER & KÖPP, 2002; TOESCHER et al., 2003; VARGAS, 2003). No entanto, há limitações neste sistema quanto ao manejo de plantas invasoras e de doenças e, além disso, os dados de demanda hídrica sob aspersão ainda não foram constatados como inferiores aos valores usados na irrigação por inundação visto que, em ambos os sistemas o real consumo é a evapotranspiração, e os custos de investimento e de energia são bastante elevados. Há ainda necessidade de estudos sobre a viabilidade agronômica e econômica para implantação de culturas alternativas ao arroz nas áreas de várzeas irrigadas por aspersão.

No Rio Grande do Sul, os produtores que possuem lavouras em áreas com escassez de água devem, de forma individualizada ou coletiva, armazenar a quantidade de água necessária para condução da lavoura nas épocas de excedentes hídricos (inverno). Atualmente (2006), cerca de 48,5% da água de irrigação provém de açudes e barragens (IRGA, 2006) e, mesmo assim, verificam-se conflitos. É importante também, na busca de racionalização do uso da água para irrigação, a minimização de perdas por escoamento superficial e a implantação de um sistema de recalque e de distribuição corretamente dimensionado. No sistema de cultivo de arroz pré-germinado, a antecipação da inundação dos quadros, aproveitando a água da chuva ou dos rios em época de baixa demanda, contribui para diminuir a necessidade de captação de água durante as épocas de escassez (SOSBAI, 2005).

Resultados de pesquisa, como os de Eberhardt (1994) e Marcolin & Macedo (2001), evidenciam que é possível atingir altos rendimentos de grãos com volumes de água inferiores a  $12.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , volume comumente utilizado, segundo Vianna (1997) e outros autores. Mesmo assim, é evidente que os volumes demandados para produção de arroz são elevados mas, mesmo considerando a necessidade dos recursos hídricos na estabilidade e na qualidade da produção de arroz, é preciso aumentar a eficiência do seu uso e melhorar o manejo da cultura para que sejam mantidas as produtividades e minimizados os conflitos com os demais setores de usuários.

Para Righes (2006), é necessário que as lavouras arrozeiras que utilizam o sistema de irrigação por inundação façam uso de equipamentos de monitoramento de vazões, como

calhas medidoras em canais de derivação e dispositivos automáticos de controle de vazões, para que seja possível a estimativa da eficiência de uso da água. Torna-se necessário um maior conhecimento básico sobre a eficiência de irrigação sob diferentes condições topográficas, de solo, clima, sistema de cultivo, nível tecnológico e dos níveis sócio-econômicos dos produtores. Somente com este conhecimento, o licenciamento ambiental pode se efetivar conforme previsto na Lei, bem como os demais instrumentos de gestão, como a outorga e a cobrança. De acordo com Macedo (2005), a perspectiva de cobrança pelo uso da água é um dos estímulos para que os segmentos da sociedade envolvidos se conscientizem da necessidade de racionalização do uso da água, especialmente na cultura do arroz irrigado.

A conciliação entre a produção de arroz, as indústrias e os abastecimentos humano e animal exige uma gestão eficiente e efetiva que passa, necessariamente, pelos Planos de Bacia. É este instrumento que dará as diretrizes para o uso das águas nas bacias hidrográficas, sendo fundamental na redução de conflitos.

O Decreto Estadual 37.033, de 21 de novembro de 1996, deixa bem claro em seu Art. 18, que:

Dentro de uma categoria de usuários, terá preferência para a outorga de direitos de uso de águas o usuário que comprovar maior eficiência e economia na sua utilização mediante tecnologias apropriadas, eliminação de perdas e desperdícios e outras condições a serem firmadas nos Planos de Bacia Hidrográfica.

Da mesma forma, a Resolução CONAMA 284, de 30 de agosto de 2001, especifica em seu Art. 5º, sobre a questão do licenciamento ambiental que “terão sempre prioridade os projetos que incorporarem equipamentos e métodos de irrigação mais eficientes, em relação ao menor consumo de água e de energia<sup>7</sup>”.

Apesar dos resultados otimistas mostrados pela pesquisa, os quais evidenciam a possibilidade de aumento na eficiência do uso da água, diminuindo, conseqüentemente, o volume total aplicado nas lavouras de arroz sem prejudicar a produtividade, acredita-se que os conflitos pelo uso da água tendem a continuar e, até mesmo, intensificarem-se porque, apesar da demanda específica para a lavoura de arroz ter potencial de redução, a área total cultivada tende a aumentar devido ao aumento da demanda por alimentos, evidenciado pela evolução do contingente populacional (CHOMENKO, 2002).

Ao mesmo tempo, é fundamental adequar os processos de produção agrícola para um manejo sustentável e ambientalmente correto, especialmente porque cada vez mais a

---

<sup>7</sup> A atividade de irrigação é considerada, de acordo com a legislação uma “atividade potencialmente causadora de impactos” e, conseqüentemente, passível de licenciamento ambiental.

população está reconhecendo a importância dos recursos naturais do planeta, lutando contra a sua degradação. Além disso, cada vez mais surgem medidas que trazem benefícios àqueles produtores que realizam a atividade de forma ecologicamente segura. A exemplo disso, Tubino (2006) cita o Programa de Produção Integrada de Arroz Irrigado (PIA), desenvolvido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). A Produção Integrada é uma fase intermediária entre a agricultura tradicional e a orgânica, caracterizando-se como um sistema de produção agrícola de alta qualidade que utiliza mecanismos de regulação naturais, e de baixo impacto ao meio ambiente. O objetivo geral da PIA é estabelecer normas para regulamentação de critérios e procedimentos formais necessários à implantação do Cadastro Nacional de Produtores no Regime de Produção Integrada de Grãos, visando a concessão de um selo de conformidade. Ao ser implantada, a PIA, além de minimizar os impactos ambientais negativos da lavoura orizícola, irá inserir, direta ou indiretamente, na cadeia produtiva do arroz, Boas Práticas Agrícolas (BPAs) e vários processos como ISO 14001 (segurança ambiental) e outros selos de qualidade. Na PIA é fundamental que componentes (cultivares, produtos químicos e equipamentos), práticas culturais (preparo de solo, semeadura, adubação, irrigação e drenagem, controle de pragas, colheita, beneficiamento e armazenamento) e recursos naturais (água, biodiversidade, clima e solo), associados a sistemas de produção de arroz irrigado, estejam de acordo com o meio ambiente, promovendo maior qualidade ao produto final com segurança alimentar e segurança ambiental. Isto permite a agregação de valor ao produto e sua maior aceitação nos mercados externo e interno, mediante aumento do poder competitivo.

### ***3.3. Disponibilidades Hídricas Superficiais e Demandas Hídricas***

#### ***3.3.1. Disponibilidade Hídrica***

A disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica pode ser avaliada pela análise das vazões mínimas observadas no período de estiagem, refletindo o potencial natural disponível para o abastecimento de água de populações, indústrias, irrigação, navegação, geração de energia elétrica e lançamento de efluentes, sendo estas vazões caracterizadas pela sua duração e frequência de ocorrência (RODRIGUEZ, 2004). A estimativa da vazão máxima é importante para o controle de inundações e dimensionamento de obras hidráulicas, enquanto a vazão média permite caracterizar, além da disponibilidade hídrica, o potencial energético da bacia, sendo a vazão média de longa duração a vazão máxima possível de ser regularizada (TUCCI, 2002). A vazão específica serve como índice comparativo entre bacias e caracteriza o seu potencial hídrico.

A estimativa do comportamento hidrológico de uma bacia sem dados fluviométricos é uma tarefa freqüente em projetos de aproveitamento dos recursos hídricos porque os locais destes projetos geralmente não coincidem com os locais das redes permanentes de fluviometria. Para realizar esta estimativa, duas alternativas podem ser utilizadas: a regionalização hidrológica e a simulação chuva-vazão (SILVEIRA, 1997).

A regionalização hidrológica utiliza informações fluviométricas e climatológicas de postos com dados, e informações fisiográficas de bacias da região para sintetizar uma informação hidrológica em locais sem monitoramento. São exemplos típicos de métodos de regionalização aqueles que fazem ajuste de uma distribuição estatística a uma variável (ou a um parâmetro ou a uma função hidrológica), combinando-a com a regressão desta mesma variável com características físicas das bacias (a área contribuinte quase sempre é uma delas) e características hidrometeorológicas (pluviometria média anual, freqüentemente).

O empecilho principal do método da regionalização encontra-se na sua aplicabilidade limitada em pequenas bacias hidrográficas. Para Silveira (1997), nada é garantido quando se extrapola o uso de um estudo para áreas menores do que aquelas efetivamente analisadas.

A simulação chuva-vazão utiliza dados climatológicos (especialmente chuva e evapotranspiração) com parâmetros transferidos de modelos chuva-vazão ajustados em bacias próximas para a geração de uma série de vazões em determinada bacia sem dados. A simulação é feita por um modelo hidrológico que representa a fase terrestre dos processos hidrológicos (MOORE & CLARKE, 1981).

Quatro situações principais levam à utilização da simulação chuva-vazão:

- a) quando a bacia não dispõe de dados fluviométricos em determinados períodos, mas dispõe de dados em outros;
- b) quando a bacia possui um período de dados de vazões e se deseja gerar uma série de vazões maior com base em precipitações geradas estocasticamente;
- c) quando a bacia nunca foi monitorada mas procura-se calcular as vazões decorrentes de uma série observada de precipitações; e
- d) quando a bacia nunca foi monitorada e se necessita de uma série extensa de vazões que só pode circunstancialmente ser gerada a partir de uma série estocástica de precipitações.

Nos casos a e c, as precipitações utilizadas são reais (efetivamente observadas), e, por isso, as vazões geradas tendem a ser menos imprecisas.

A variedade de modelos existente é uma prova indiscutível de sua utilidade no estudo da hidrologia de bacias hidrográficas onde estão incluídos os estudos de disponibilidade hídrica; no entanto, esta variedade também levanta a questão de como julgar se um modelo é melhor em comparação a outro e qual deles deve ser escolhido para determinado estudo (SILVEIRA, 1997). As dificuldades encontradas neste tipo de comparação decorre do grande número de fatores que envolve a transformação de precipitação em vazão na bacia (TUCCI, 1997 apud SILVEIRA, 1997). A variabilidade temporal e espacial, por exemplo, pode embutir erros superiores a qualquer refinamento de metodologia que simule os processos hidrológicos numa bacia.

Para Blackie & Eeles (1985), as simulações dos processos hidrológicos pelos quais a água se movimenta e interage na superfície terrestre devem sofrer simplificações. Tais simplificações podem ocorrer tanto na estrutura física quanto na representação dos processos envolvidos. A simplificação mais comum feita no modelamento de bacias hidrográficas é a concentração ou média espacial (PANITZ, 2000). Os modelos concentrados são considerados adequados para bacias pequenas com precipitação, vegetação, solo, geologia e topografia homogêneos, pois implica em não considerar as variações destas características dentro do território.

Em contrapartida, Beven (1985) coloca que um parâmetro único não pode reproduzir a heterogeneidade incluída nas respostas obtidas através da variabilidade das características da bacia de captação, especialmente em bacias grandes e heterogêneas. Surge, então, o conceito de modelo distribuído. O termo distribuído é utilizado para referir-se a modelos nos quais os parâmetros variam espacialmente, permitindo o cálculo da resposta não só da bacia como um todo, mas de cada sub-bacia, individualmente. Conforme Tucci (1986), modelos distribuídos são aqueles em que os parâmetros e variáveis mudam em relação ao tempo e ao espaço.

Neste sentido, Panitz (2000), supõe que, através da modelagem distribuída, uma bacia hidrográfica pode ser tratada como sendo composta por infinitos pontos onde infiltração, evaporação e escoamento formam fluxos locais do balanço hídrico local. Cada ponto nesta superfície contínua (bacia hidrográfica) pode ser associado a uma área na qual os valores médios são obtidos. Esta área atua como o menor ponto discernível, que pode representar a superfície contínua. Wood et al. (1988), indicando a existência de uma área representativa elementar afirmam que, se é possível manter uma representação do contínuo, pode-se

substituir a bacia real com toda a sua heterogeneidade dos solos, topografia e entradas de chuva, por uma bacia representativa integrada espacialmente.

Desta forma, Panitz (2000) propôs a integração de um modelo, conceituado por ele de 'modelo hidrometeorológico', a ferramentas de geoprocessamento, a fim de manipular a simulação célula a célula (área representativa elementar) e gerar uma distribuição espacial integrada das disponibilidades hídricas em uma bacia hidrográfica.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas de geoprocessamento que permitem armazenar informações referenciadas geograficamente. Ao armazenar esta informação, um SIG guarda a posição geográfica desta informação. Desta forma, podem ser armazenadas informações que caracterizam fisicamente a área, como topografia, hidrografia, solos, uso do solo, vegetação, estradas, etc. Os recursos de um SIG também permitem, através de rotinas especiais, que atividades de cálculo sejam efetuadas automaticamente, possibilitando sua integração a modelos de simulação hidrológica através de algoritmos pré-determinados.

Sem dúvida, o SIG serve como um catalisador na modelagem dos processos hidrológicos, processos estes indispensáveis para tomadas de decisões e, conseqüentemente, um adequado gerenciamento dos recursos hídricos. Para Meyer et al. (1993) a abordagem de união SIG-modelagem é idealmente adequada ao desenvolvimento de sistemas de suporte e tomadas de decisões para o gerenciamento de bacias hidrográficas. De acordo com os autores, o alto investimento inicial na preparação da base de dados e codificação é compensado pela conveniência futura e flexibilidade na modificação e renovação das estratégias de gerenciamento, pois todos os arquivos de dados e coberturas de mapas são facilmente renovados ao longo das mudanças das condições. Entretanto, segundo Loague & Corwin (1998), é necessária uma cuidadosa análise da função da visualização sofisticada criada pelo SIG, ou seja, tal ferramenta nunca deverá ocultar a legitimidade dos resultados gerados e também não deverá substituir a observação de campo por resultados simulados.

O modelo proposto por Panitz (2000) estima o armazenamento de água no solo, déficit de água no solo, água em excesso e evapotranspiração real célula a célula através da equação do balanço hídrico desenvolvido por Alley (1984), cuja equação foi adaptada a rotinas de geoprocessamento. A abordagem de Alley é derivada do método de Thornthwaite & Matter (1955) e utiliza como dados de entrada os valores de precipitação, evapotranspiração potencial e capacidade de armazenamento de água no solo, discretizados em intervalo de

tempo conforme o interesse. O modelo será descrito com maiores detalhes no Capítulo 5, Item 5.1.

Ao aplicar o modelo na Bacia Hidrográfica do Arroio dos Ratos – RS (1.296 km<sup>2</sup>), Panitz (2000) concluiu que os resultados proporcionados (armazenamento e déficit de água no solo e excesso hídrico) estavam de acordo com a realidade da Bacia, embora não tivessem sido comparados com dados observados. Portanto, a utilização da metodologia é justificável, especialmente porque utiliza dados de entrada de fácil obtenção, dispensando informações históricas de descargas hídricas. Porém, o autor produziu, em seu estudo, dados espacializados, sugerindo que estudos subseqüentes fossem realizados no sentido de transferir as informações hidrológicas espaciais geradas para a obtenção de vazões em cursos de água.

### 3.3.2. Demandas Hídricas

As demandas hídricas quantitativas podem ser classificadas em dois grandes grupos, de acordo com a natureza de sua utilização (LANNA, 2004) e seus efeitos nos mananciais hídricos: as demandas consuntivas e as não-consuntivas. As demandas consuntivas são aquelas que importam em consumo (derivação) da água, diminuindo, conseqüentemente, a disponibilidade hídrica à jusante, constituindo o principal grupo na determinação das demandas de uma determinada bacia hidrográfica. Os usos não consuntivos são aqueles que não alteram a disponibilidade hídrica no tempo e no espaço, mas exigem que a água esteja disponível no local para que os mesmos possam ocorrer (por exemplo, navegação e piscicultura).

As metodologias empregadas para a estimativa de demandas hídricas consuntivas de uma determinada bacia hidrográfica são bastante variadas. Em estudos em que importa esta estimativa, as demandas hídricas geralmente são calculadas para os quatro grandes setores de usuários de água existentes: irrigação, indústria, abastecimento humano e dessedentação (e higienização) animal.

Entre os inúmeros fatores que devem ser observados nestas estimativas estão a sazonalidade (variação da demanda no tempo), as demandas específicas (quantidade de água utilizada por unidade representativa do grupo de usuário, por exemplo, habitante, cabeça, hectare, etc.), e a vazão de retorno (parcela da demanda que volta ao manancial hídrico por não ser, efetivamente, utilizada).

O dimensionamento das demandas de água para irrigação é um processo complexo que exige a realização de balanços hidroagrícolas que levem em consideração o clima, o solo,

as culturas, métodos de irrigação e área cultivada. No entanto, os inúmeros estudos existentes de determinação de demanda hídrica em bacias hidrográficas (especialmente fazendo parte de trabalhos de consultoria ambiental), geralmente, devido à limitação de tempo para a sua elaboração, compreendem métodos simplificados de cálculo, que muitas vezes podem causar sub ou super-dimensionamento de projetos ou planos de ações propostos em virtude da imprecisão nas estimativas.

## 4. ÁREA DE ESTUDO

### 4.1. Aspectos Gerais

A Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul, integra a Região Hidrográfica do Guaíba e aflui diretamente ao Rio Jacuí, junto à cidade de Rio Pardo. Na divisão hidrográfica oficial do Estado corresponde à bacia G090 e encontra-se limitada a leste pela bacia do Rio Taquari e a oeste pela bacia do Alto Jacuí (Figura 3.1, apresentada anteriormente). Com área de aproximadamente 3.636 km<sup>2</sup>, corresponde a 1,3% da área do Estado e a 4,3% da área da Região Hidrográfica do Guaíba.

As duas principais vertentes formadoras da Bacia do Rio Pardo são os rios Pardo e Pardinho. A sub-bacia do Rio Pardinho possui 1.089 km<sup>2</sup> e corresponde a 29% da área total da Bacia em estudo, sendo os 71% restantes, correspondentes à sub-bacia do Rio Pardo.

Em linhas gerais, a Bacia do Rio Pardo compreende uma porção alta que ocupa aproximadamente 20% de seu território, onde se localizam extensas áreas de campo e onde a atividade pecuária predomina no setor primário, sendo também encontradas áreas de florestamento com essências exóticas e pequenas lavouras de subsistência. Corresponde a áreas associadas ao Planalto Meridional, formado essencialmente por rochas basálticas da formação Serra Geral, ocupando altitudes superiores a 500 m, onde o relevo é preponderantemente ondulado. Nesse segmento da Bacia estão localizadas as sedes dos municípios de Barros Cassal, Boqueirão do Leão, Gramado Xavier e Lagoão.

Deslocando-se de norte para sul, na porção intermediária da Bacia, que responde por cerca de 40% de seu território, encontram-se as áreas de relevo abrupto da encosta do Planalto, em altitudes que variam de 200 a 500 m onde predominam as propriedades coloniais (cultivos de fumo e milho associados a pecuária de leite e suinocultura) e se concentram importantes áreas cobertas por remanescentes florestais, incluindo desde áreas muito bem conservadas, encontradas nos locais de relevo mais acidentado e nos vales dos principais cursos de água, até áreas dominadas por vegetação secundária, que ocupam lavouras abandonadas. Nesse segmento estão localizadas as sedes municipais de Herveiras, Passa Sete, Sinimbu e Vale do Sol.

Na porção mais a jusante da Bacia, que também responde por cerca de 40% de sua área total, encontram-se áreas planas e de relevo ondulado a suave ondulado associadas às áreas de meandro dos principais cursos de água. As áreas planas, das várzeas dos leitos principais, são utilizadas para o cultivo de arroz irrigado, enquanto que as zonas mais

elevadas são utilizadas para a pecuária extensiva e para o cultivo de fumo, soja, milho e feijão. Nesse segmento localizam-se as sedes municipais de Candelária, Rio Pardo, Vera Cruz e Santa Cruz do Sul, sendo que essa última cidade corresponde ao maior núcleo urbano da Bacia, onde se concentram os maiores contingentes populacionais e grande parte da atividade industrial.

A Tabela 4.1 apresenta as áreas totais dos municípios que compõem a Bacia do Rio Pardo, bem como a área que participa do seu território. Na Figura 4.1 podem ser visualizados as localizações das sedes municipais e aspectos gerais da topografia da Região.

TABELA 4.1: Áreas Totais dos Municípios e sua Participação na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Município	Área Total (km <sup>2</sup> )	Área na Bacia (km <sup>2</sup> )	Área na Bacia (%)
Barros Cassal	649	313	48,26
Boqueirão do Leão	265	118	44,47
Candelária	943	495	52,47
Gramado Xavier	217	217	99,94
Herveiras	118	118	100,00
Lagoão	384	183	47,71
Passa Sete	305	234	76,79
Rio Pardo	2.054	475	23,13
Santa Cruz do Sul	734	336	45,76
Sinimbu	512	491	95,91
Vale do Sol	328	328	100,00
Venâncio Aires	766	18	2,35
Vera Cruz	310	310	100,00
Total	7.585	3.636	--

(Fonte: ECOPLAN, 2005a)

No que se refere aos aspectos político-administrativos, a Bacia caracteriza-se por ser integrada, total ou parcialmente, por 13 municípios dos quais se sobressaem, em termos territoriais, Rio Pardo, Candelária e Sinimbu. Com exceção de Venâncio Aires e Rio Pardo, que têm suas sedes urbanas localizadas nas Bacias do Taquari-Antas e Baixo Jacuí, respectivamente, os demais municípios têm suas sedes inseridas dentro dos limites da Bacia do Rio Pardo.

A população total da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo é de cerca de 210 mil habitantes, sendo que cerca de 70% se localizam em áreas urbanas. A população encontra-se fortemente concentrada na área urbana de Santa Cruz do Sul, onde a densidade demográfica atinge 140 hab.km<sup>-2</sup>, sendo que o valor médio da Bacia é da ordem de 58 hab.km<sup>-2</sup>. A Tabela 4.2 apresenta as populações urbana e rural da Bacia. O município de Venâncio Aires, por não possuir sua sede dentro da Bacia e por ter participação de apenas 2% da sua área rural, não foi considerado, nem citado na Tabela.

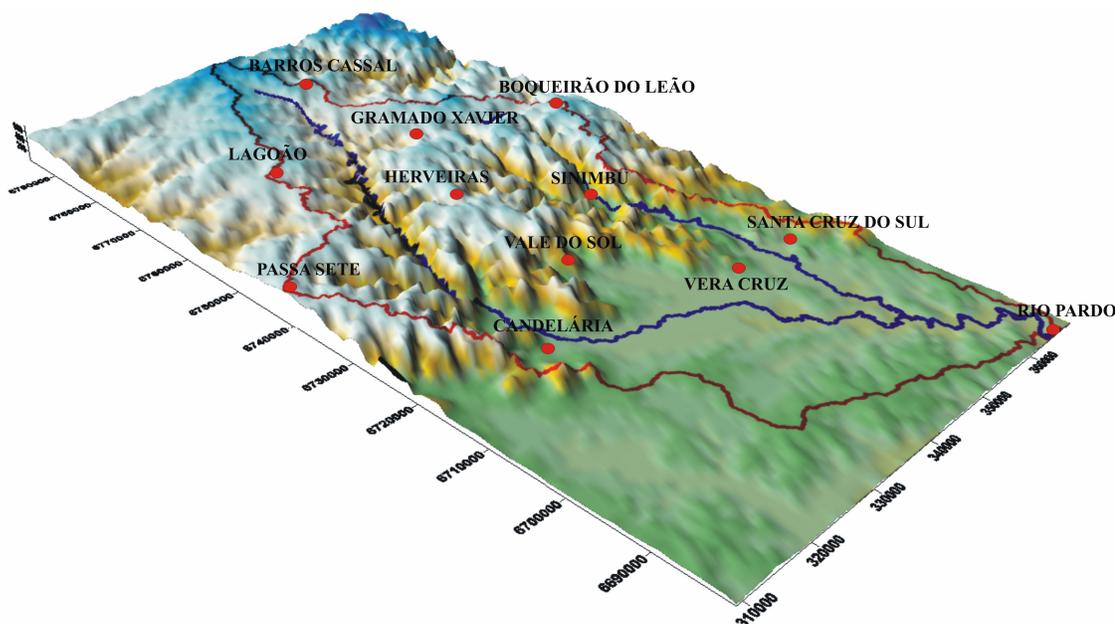


FIGURA 4.1: Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Localização das Sedes Municipais e Aspectos Gerais da Topografia do Terreno  
(Fonte: Autor)

TABELA 4.2: Populações Rural e Urbana na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Município	Área total na Bacia (%)	População urbana na Bacia (%)	População rural na Bacia (proporcional à área contida na Bacia) (hab)	População urbana na Bacia (hab)
Barros Cassal	48,3	100	3.698	3.534
Boqueirão do Leão	44,5	100	2.805	1.754
Candelária	52,5	100	7.879	15.106
Gramado Xavier	99,9	100	3.407	456
Herveiras	100,0	100	2.696	492
Lagoão	47,7	100	2.333	1.362
Passa Sete	76,8	100	3.256	514
Rio Pardo	23,1	0	2.507	0
Santa Cruz do Sul	45,8	100	5.806	98.892
Sinimbu	95,9	100	8.708	1.383
Vale do Sol	100,0	100	10.108	851
Vera Cruz	100,0	100	11.188	11.183

(Fonte: ECOPLAN, 2005a)

#### 4.2. Uso e Ocupação do Solo

A Figura 4.2 apresenta o uso e cobertura do solo da Bacia do Rio Pardo, obtido a partir da classificação de imagem de satélite Landsat-TM7, resolução 30 m, de 19/01/2002 (ECOPLAN, 2005a). A Tabela 4.3 apresenta a quantificação das áreas ocupadas por cada uma das classes de mapeamento de uso e ocupação na Bacia.

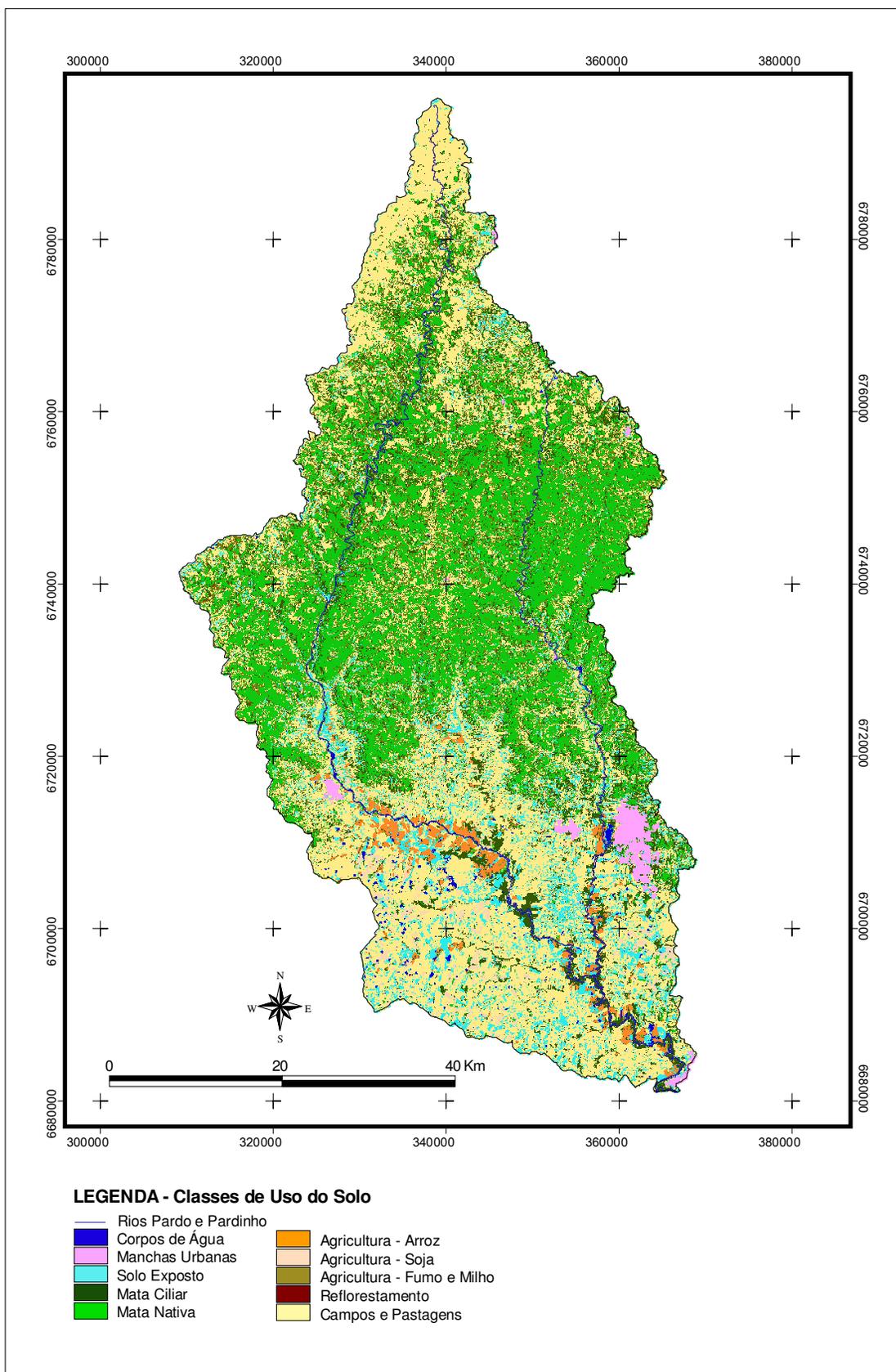


FIGURA 4.2: Uso Atual do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo  
(Fonte: Autor)

TABELA 4.3: Uso e Cobertura do Solo na Bacia do Rio Pardo

Classe	Área (ha)	Área (%)
Campo	134.800	37,09
Mata	106.300	29,25
Mata ciliar	40.200	11,06
Arroz	7.440	2,05
Soja	8.000	2,20
Outros cultivos	29.900	8,20
Solo exposto	29.000	7,97
Áreas urbanas	4.080	1,12
Água	2.000	0,54
Rios	1.550	0,43
Reflorestamento	350	0,10
Total	363.620	100,00

(Fonte: ECOPLAN, 2005a)

Destaca-se a preponderância, em termos territoriais, das áreas ocupadas por vegetação arbórea nativa, tanto no que se refere às áreas de mata nativa como às áreas de mata ciliar remanescentes, que, juntamente avaliadas, representam 40,3% da cobertura da Bacia. Estes usos predominam na porção média do território, que é marcado, principalmente, pelo relevo escarpado e ausência de atividades antrópicas. Cabe comentar que na porção baixa ocorre déficit de mata ciliar da ordem de 65%, o que se deve, em grande parte, aos avanços das áreas orizícolas nas faixas-tampão das áreas de proteção permanente.

Os campos naturais ocupam 37,1% do território e apresentam uma distribuição marcadamente disjunta, ocupando tanto as porções mais altas (planalto) como as porções baixas (depressão), onde ocorrem entremeados a áreas agrícolas e demais usos. Os campos são utilizados essencialmente para a pecuária extensiva.

As áreas agrícolas são marcadas pelos cultivos de fumo, milho, feijão, soja e arroz. Os três primeiros (representados conjuntamente na classe ‘outros cultivos’) respondem por 8,2% do uso do solo da Bacia e se encontram uniformemente distribuídos no espaço. Desta forma, ocupam, muitas vezes, áreas ecologicamente frágeis – na porção média, de relevo forte ondulado – exigindo, portanto, adequado manejo para evitar a degradação do solo. O cultivo de soja concentra-se na porção baixa, mais precisamente na parte do território pertencente ao município de Rio Pardo, e representa 2,2% dos usos. O cultivo de arroz irrigado, ocupando as várzeas dos rios Pardo e Pardinho, na porção mais a jusante da Bacia, responde por cerca de 2,0% do uso do solo.

A urbanização se concentra na porção baixa, onde estão as três maiores áreas urbanas da Bacia: Santa Cruz do Sul, Vera Cruz e Candelária.

### **4.3. Solos**

A Bacia Hidrográfica do Rio Pardo caracteriza-se pela presença marcante de solos Litólicos, localizados, principalmente, na porção média do território, em áreas muito declivosas. São solos de baixo grau de intemperismo, baixa profundidade efetiva e alta susceptibilidade à erosão; conseqüentemente, com sérias limitações ao uso agrícola.

Em contrapartida, na Região ocorrem também extensas áreas de solos agriculturáveis, como os Podzólicos, sobre os quais são desenvolvidas as principais atividades agrícolas, como o cultivo de fumo, milho e soja. Os solos Podzólicos Planossólicos são ocupados também com a atividade orizícola, os quais, devido ao caráter planossólico (camada de solo impermeável) são condicionados à atividade.

A Tabela 4.4 apresenta as 12 unidades de mapeamento compiladas a partir das informações pedológicas do Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986) e do Levantamento de Reconhecimento de Solos do Rio Grande do Sul (BRASIL,1973). As unidades de mapeamento desses levantamentos são constituídas, em sua maioria, por associações entre diversas classes de solos (unidades taxonômicas), criadas pela necessidade de generalização cartográfica nas pequenas escalas utilizadas. A Figura 4.3 apresenta a espacialização das unidades de mapeamento dos solos da Bacia do Rio Pardo.

As unidades TBCHa são associações de solos das classes Terra Bruna Estruturada, Podzólico Bruno Acinzentado, Cambissolos e Solos Litólicos, quase todos húmicos e álicos, estando relacionados com derrames de rochas efusivas ácidas da Formação Serra Geral. As condições climáticas acarretam acúmulo de matéria orgânica (caráter húmico) e a presença predominante de goethita confere as cores amareladas e brunadas dos horizontes sub-superficiais. Ocorrem nas zonas intermediárias entre as escarpas e o planalto, nas proximidades de Passa Sete, Herveiras e Boqueirão do Leão, com extensão de aproximadamente 454 km<sup>2</sup>.

A unidade de mapeamento TRe é composta pelas classes Terra Roxa Estruturada e Brunizém Avermelhado, apresentando solos bem drenados, avermelhados, com elevada capacidade de troca de cátions e soma de bases, o que lhes confere o caráter distrófico (fertilidade natural elevada). Estão associados aos derrames de rochas efusivas básicas da Formação Serra Geral, aparecendo em pequena extensão na Bacia (apenas 64,6 km<sup>2</sup>), na região de Santa Cruz do Sul.

TABELA 4.4: Unidades de Mapeamento de Solos na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Unidade	Classes de Solos	Área (km <sup>2</sup> )	%
TBCHa2	Terra Bruna Estruturada álica + Cambissolo álico + Solos Litólicos álicos Relevo Forte Ondulado e Ondulado	106,5	2,93
TBCHa3	Terra Bruna Estruturada álica + Podzólico Bruno Acinzentado álico + Solos Litólicos álicos Relevo Forte Ondulado e Ondulado	347,3	9,55
TRe5	Terra Roxa Estruturada eutrófica + Brunizém Avermelhado Relevo Forte Ondulado e Ondulado	64,6	1,78
PBa2	Podzólico Bruno-Acinzentado álico + Terra Bruna Estruturada álica + Solos Litólicos distróficos e álicos Relevo Forte Ondulado e Ondulado	366,3	15,07
PBPa2	Podzólico Bruno Acinzentado Planossólico álico e distrófico + Planossolo eutrófico Relevo Suave Ondulado e Plano	252,7	6,95
PBPe3	Podzólico Bruno Acinzentado Planossólico eutrófico + Planossolo eutrófico Relevo Suave Ondulado e Plano	102,9	2,83
PEa1	Podzólico Vermelho-Escuro álico e distrófico Relevo Suave Ondulado	515,6	14,18
PEa8	Podzólico Vermelho-Escuro álico + Terra Bruna Estruturada álica + Solos Litólicos distróficos e álicos Relevo Ondulado e Suave Ondulado	190,6	5,24
PEa9	Podzólico Vermelho-Escuro álico e distrófico + Podzólico Vermelho-Amarelo álico + Solos Litólicos eutróficos e distróficos Relevo Forte Ondulado e Ondulado	178,9	4,92
PLe2	Planossolo eutrófico + Glei Pouco Húmico eutrófico Relevo Plano	43,0	1,18
Ce	Cambissolo eutrófico + Glei Pouco Húmico eutrófico Relevo Plano	355,2	9,77
Re21	Solos Litólicos eutróficos + Cambissolo eutrófico + Brunizém Avermelhado + Terra Roxa Estruturada eutrófica Relevo Montanhoso e Forte Ondulado.	1.112,6	30,59

(Fonte: ECOPLAN, 1997)

Classificação de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999): TBCH: Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico típico / TRe e Re: Neossolo Litólico húmico típico / PBa e PBPa: Argissolo Acinzentado distrófico abrupto / PBPe: Argissolo Amarelo eutrófico típico / PEa: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico / PLe: Planossolo Háptico eutrófico arênico / Ce: Cambissolo Háptico Ta eutrófico típico

A unidade de mapeamento PBa é composta pela classe de solos Podzólico Bruno-Acinzentado associado a Terra Bruna Estruturada e Solos Litólicos. São solos geralmente álicos e de baixa fertilidade natural, porém com boas características físicas, especialmente as condições de drenagem. São encontrados numa área de 366 km<sup>2</sup>, na porção alta da Bacia, próximo a Lagoão e Gramado Xavier. São utilizados com cultivos anuais bastante diversificados em pequenas propriedades rurais.

As unidades de mapeamento PBPa e PBPe apresentam em sua constituição solos Podzólicos Bruno-Acinzentado Planossólicos e solos Planossolos, ocorrendo, normalmente, em relevo plano a suave ondulado, numa posição intermediária entre os Planossolos e os Podzólicos Vermelho-Escuros. Parte desses solos é derivada de siltitos e arenitos da Formação Rosário do Sul, com valores de soma de bases baixos e teores de alumínio trocável elevados. Suas características físicas, associadas ao nível elevado do lençol freático nas porções baixas da Bacia, os condicionam ao cultivo de arroz irrigado. Participam com uma

extensão de 356 km<sup>2</sup>, localizados nos municípios de Santa Cruz do Sul, Vera Cruz e Vale do Sol.

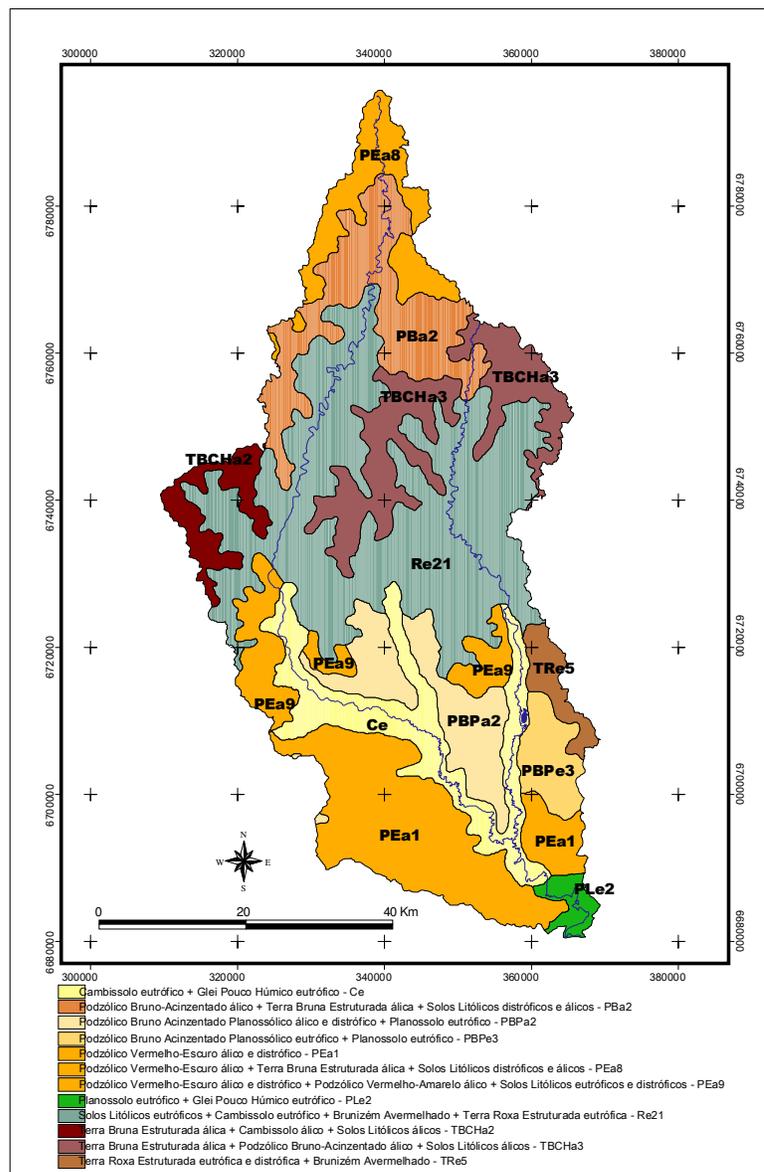


FIGURA 4.3: Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo  
(Fonte: Autor)

As unidades de mapeamento PEa ocupam 885 km<sup>2</sup> na Bacia e aparecem, especialmente, no Planalto, em altitudes de 400 m a 700 m, e na região da Depressão Central. São compostas pelas classes dos Podzólicos Vermelho-Escuro, Terra Bruna Estruturada e Solos Litólicos. Predomina nesta área como um todo a utilização com pastagens, sendo também expressivos os cultivos anuais e o reflorestamento, principalmente com eucaliptos.

As unidades de mapeamento PLe incluem as classes Planossolo e Glei Pouco Húmico, solos típicos de várzea, com problemas de hidromorfismo, derivados de sedimentos recentes, ocupando relevo plano. Os Planossolos apresentam gradiente textural abrupto, valores médios de soma de bases e baixa acidez potencial, tendo como principal limitação agrícola a má drenagem, podendo ser utilizados adequadamente com lavouras de arroz irrigado por inundação em rotação com pastagens, e em caso de existência de sistema de drenagem eficiente, podem ser cultivados com milho e soja. Aparecem em 43 km<sup>2</sup> na Bacia.

A unidade Ce aparece na porção mais a jusante da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, associada à rede de drenagem dos rios Pardo e Pardinho, ocupando cerca de 355 km<sup>2</sup> de áreas de várzea. É composta pelas classes Cambissolo e Glei Pouco Húmico eutróficos, de textura argilosa e caracterizadas pela drenagem deficiente. Nestes solos predominam a atividade orizícola e a pecuária extensiva.

Na unidade de mapeamento Re predomina a classe dos Solos Litólicos, e são encontrados, em menores proporções, as classes Cambissolo, Brunizém Avermelhado e Terra Roxa Estruturada. São solos pouco profundos em relevo forte ondulado a montanhoso, apresentando pedregosidade com bastante frequência. Apresenta melhores potencialidades agrícolas devido à melhor fertilidade (caráter eutrófico), porém possui limitações sérias quanto ao risco de erosão. Mesmo assim, tem sido intensivamente utilizada com agricultura de subsistência na zona de minifúndio colonial.

#### ***4.4. Climatologia***

A Bacia do Rio Pardo é dominada por uma variedade do clima subtropical, correspondente ao clima Cfa (Virginiano), subdivisão II2b da classificação de Köppen. Trata-se de um clima temperado chuvoso, com chuvas distribuídas regularmente ao longo de todo o ano e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C, com temperatura média anual superior a 18°C.

No que diz respeito às precipitações observa-se que, embora haja incidência de chuvas durante todo ano, o regime pluviométrico apresenta um padrão sazonal, com pico pronunciado bem determinado em julho e agosto, com precipitação média mensal variando de 162 mm a 194 mm. Os menores valores médios são observados em abril e maio, havendo ainda um segundo período que vai de setembro a fevereiro, com valores ligeiramente abaixo da média anual.

De uma maneira geral, o comportamento das médias das precipitações totais mensais apresenta valores semelhantes para as regiões alta e média da Bacia, com valores inferiores na porção mais à jusante. Os valores médios das precipitações totais anuais para as regiões alta, média e baixa são de 1.818 mm, 1.765 mm e 1.355 mm, respectivamente. A Figura 4.4 apresenta o cartograma de isoietas da Bacia.

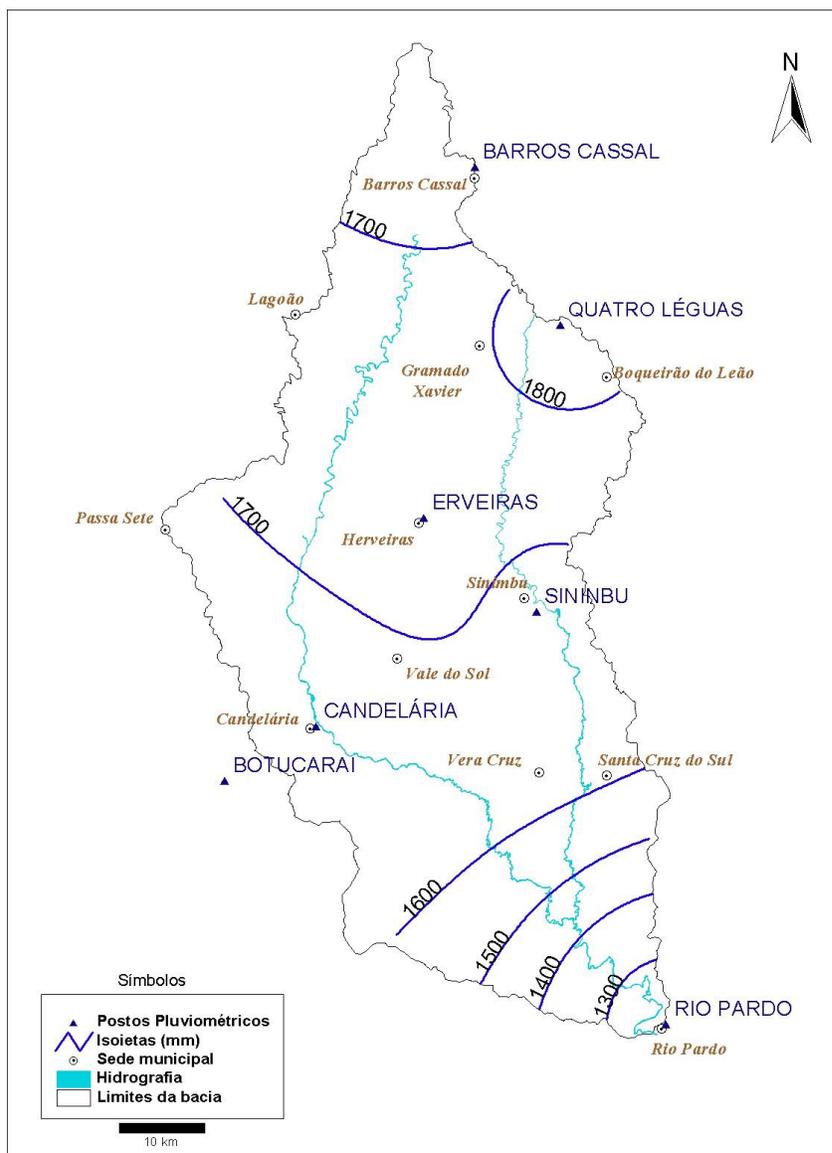


FIGURA 4.4: Cartograma de Isoietas da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (Fonte: ECOPLAN, 2004)

A evaporação média da Bacia do Rio Pardo, por sua vez, apresenta um comportamento sazonal bem marcado, com máximo no início do ano (média de 130 mm, em janeiro, na Estação Climatológica de Sinimbu), apresentando um decréscimo durante os meses de inverno (média mensal de 35 mm), para começar a subir a partir de agosto, até atingir o máximo novamente no final do ano. A evaporação média anual na Bacia é de

aproximadamente 950 mm. Porém, verifica-se que na parte alta (Estação de Sinimbu), a evaporação é ligeiramente menor do que na parte baixa (Estação Climatológica de Rio Pardo).

#### **4.5. Hidrografia**

A Bacia Hidrográfica do Rio Pardo apresenta formato alongado na direção norte-sul, atingindo uma dimensão máxima de cerca de 115 km de extensão. A sua largura, na direção oeste-leste, atinge uma dimensão média de 35 km. A extensão total do curso principal (Rio Pardo) atinge 182 km, sendo a sua declividade média de  $3,9 \text{ m.km}^{-1}$ . A declividade do Rio Pardo apresenta dois trechos distintos, um com valor médio elevado da ordem de  $7,6 \text{ m.km}^{-1}$  (das nascentes até 20 km à montante de Candelária), e outro com valor médio muito baixo, da ordem de  $0,85 \text{ m.km}^{-1}$  (de 20 km à montante de Candelária até a sua foz no Rio Jacuí). Assim como o Rio Pardo, também o Rio Pardinho apresenta conformação semelhante. Na Figura 4.5 é apresentada a rede hidrográfica da Bacia.

Durante a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (ECOPLAN, 2005a), o Comitê Pardo definiu a divisão espacial interna da Bacia para fins de detalhamento dos estudos. Desta forma, definiram-se 13 Unidades de Estudo com base na homogeneidade de relevo, solos, ocupação e cursos de água principais, a saber: Alto Pardo (APo) na porção alta da sub-bacia do Rio Pardo; Médio Pardo (MPo), Sub-Médio Pardo (SMPo), Alto Plumbs (APb) e Baixo Plumbs (BPb) na porção média da sub-bacia do Rio Pardo; Baixo Pardo (BPo) na porção baixa da sub-bacia do Rio Pardo; Alto Pardinho (APi), Alto-Médio Pardinho (AMPi), Alto Pequeno (APe) e Alto-Médio Pequeno (AMPe) na porção alta da sub-bacia do Rio Pardinho; Médio Pardinho (MPi) e Arroio Andréas (An), na porção média da sub-bacia do Rio Pardinho; e Baixo Pardinho (BPi), no trecho baixo da sub-bacia do Rio Pardinho.

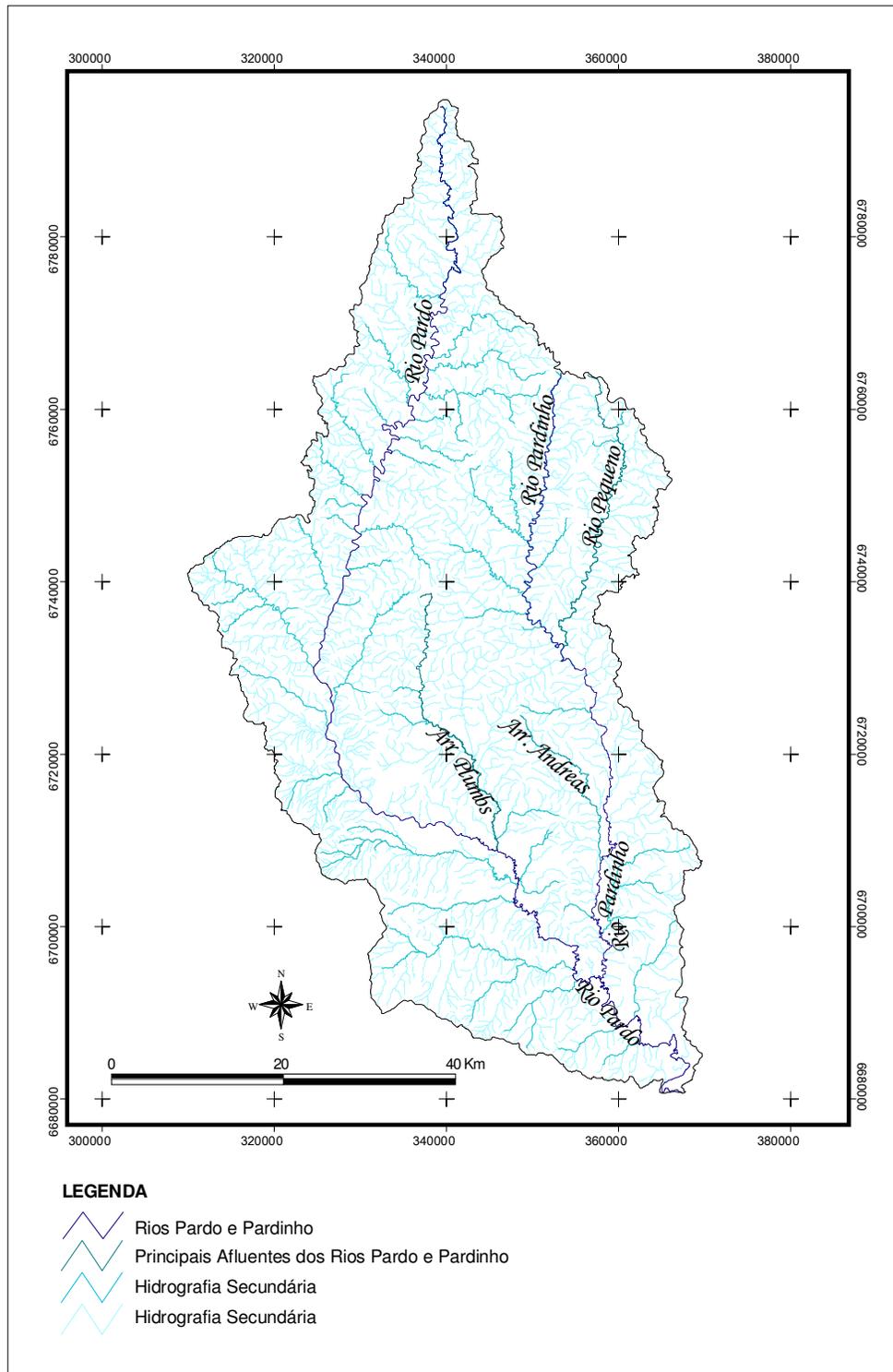


FIGURA 4.5: Rede Hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo  
(Fonte: Autor)

A Tabela 4.5 apresenta as áreas das Unidades de Estudo definidas para a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, e que podem ser visualizadas também nas Figuras 4.6 e 4.7. Esta última apresenta a sobreposição das Unidades com os municípios. O cruzamento da malha municipal da Bacia do Rio Pardo com as Unidades de Estudo é essencial para possibilitar a definição de uma série de informações e temas derivados.

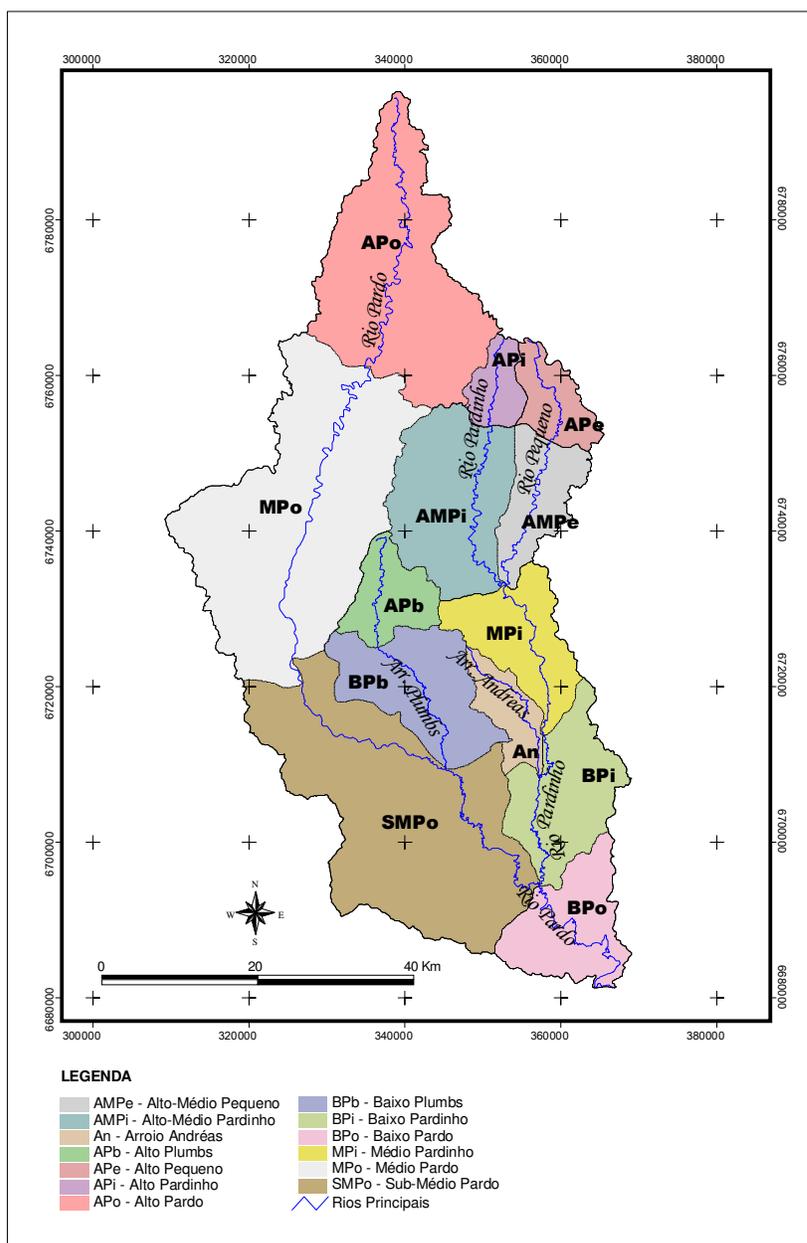


FIGURA 4.6: Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo  
(Fonte: Autor)

TABELA 4.5: Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Unidade	Sigla	Sub-Bacia	Área (km <sup>2</sup> )
Alto Pardo	APo	Pardo	512,05
Médio Pardo	MPo	Pardo	773,40
Sub-Médio Pardo	SMPo	Pardo	728,04
Alto Plumbs	APb	Pardo	110,03
Baixo Plumbs	BPb	Pardo	236,92
Sub-Total Pardo <sup>1</sup>	-	-	2.360,44
Alto Pardinho	APi	Pardinho	64,72
Alto-Médio Pardinho	AMPi	Pardinho	306,75
Alto Pequeno	APe	Pardinho	92,98
Alto-Médio Pequeno	AMPe	Pardinho	134,77
Médio Pardinho	MPi	Pardinho	187,83
Andréas	An	Pardinho	80,39
Baixo Pardinho	BPi	Pardinho	218,46
Sub-Total Pardinho <sup>2</sup>	-	-	1.085,90
Baixo Pardo <sup>3</sup>	BPo	-	190,02
TOTAL	-	-	3.636,36

<sup>1</sup> Sub-bacia do Rio Pardo: área de drenagem à montante da afluição do Rio Pardinho.

<sup>2</sup> Sub-bacia do Rio Pardinho: área de drenagem à montante da sua afluição no Rio Pardo.

<sup>3</sup> Baixo Pardo: área de drenagem após afluição do Rio Pardinho no Rio Pardo, até a afluição do Rio Pardo no Rio Jacuí.  
(Fonte: adaptado de ECOPLAN, 2005a)

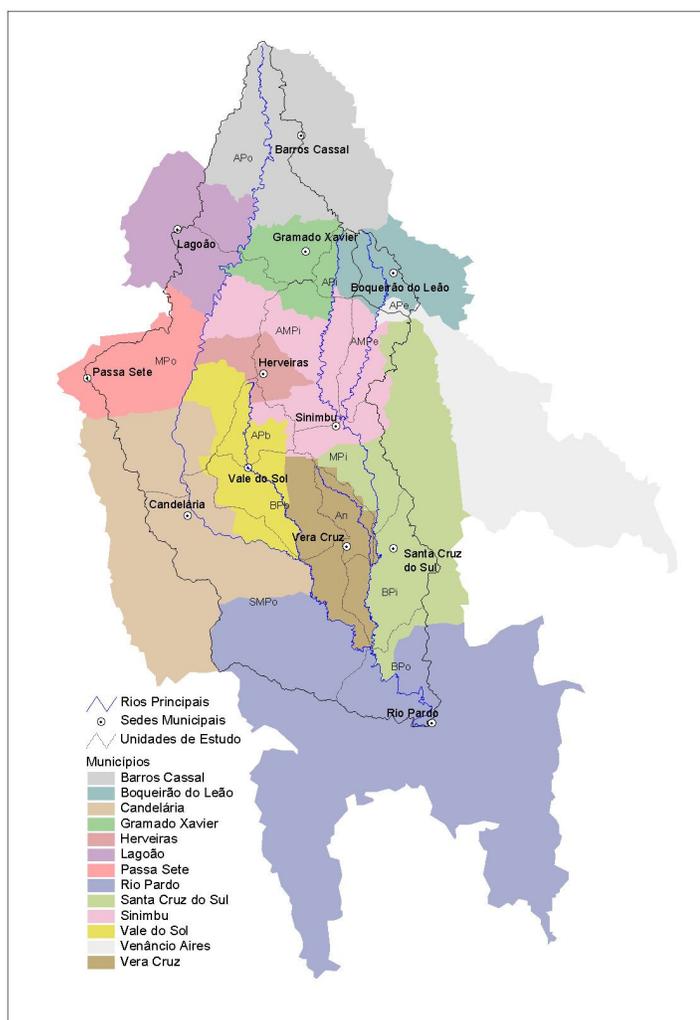


FIGURA 4.7: Municípios e Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo  
(Fonte: Autor)

#### 4.6. Hidrologia

Os estudos hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, realizados por Ecoplan (2005a), foram feitos a partir de análises de dados de duas estações de monitoramento de vazões disponíveis e selecionadas na Bacia, com séries históricas confiáveis: estação Santa Cruz-Montante (Rio Pardo, em Santa Cruz do Sul) código ANEEL 85830000, com dados diários de dezembro/1978 a dezembro/2002, e estação Candelária (Rio Pardo, em Candelária) código ANEEL 85740000, com dados diários de outubro/1984 a agosto/2001 (Figura 4.8). As curvas de permanência de vazões anuais nestes postos são apresentadas nas Figuras 4.9 e 4.10. A partir dessas curvas, foram calculadas as permanências das vazões diárias para as sub-bacias do Rio Pardo (seção a montante da confluência do Rio Pardo) e Pardo e para toda a Bacia do Rio Pardo, mediante proporções de áreas de drenagem (Figuras 4.11 a 4.13 e Tabela 4.6).

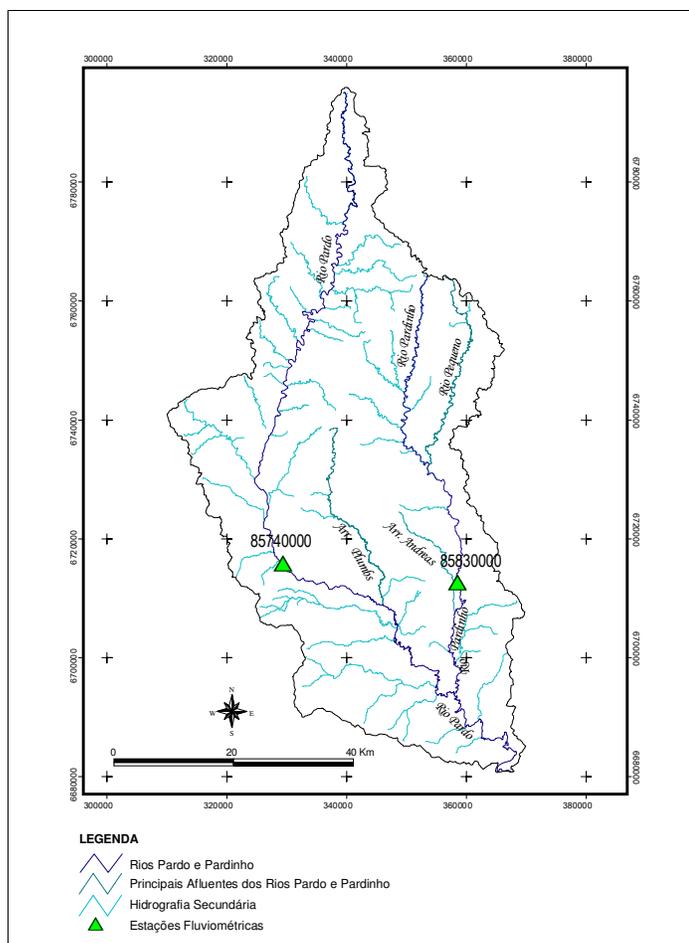


FIGURA 4.8: Localização das Estações Fluviométricas Selecionadas para os Estudos Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (Fonte: Autor)

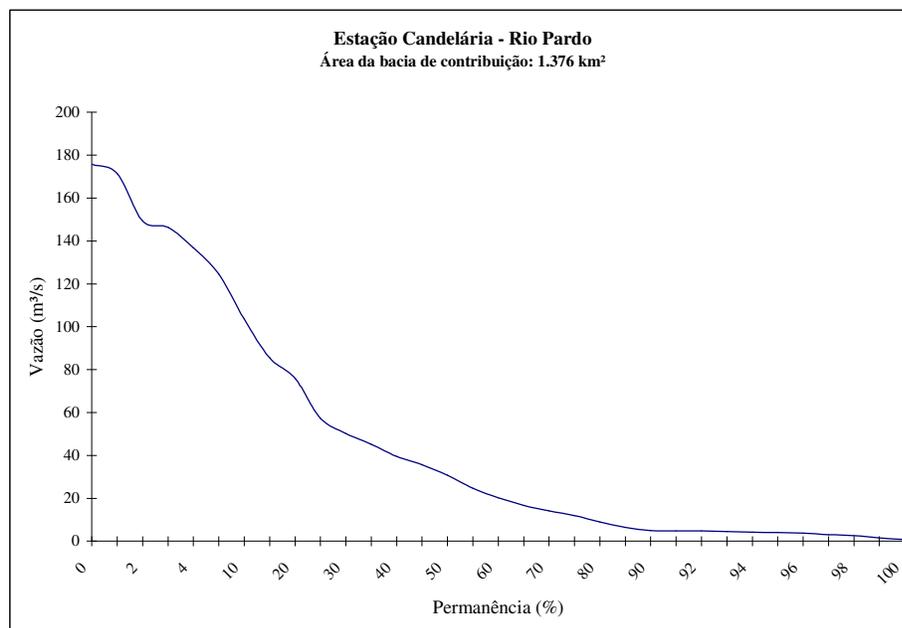


FIGURA 4.9: Curva de Permanência de Vazões na Estação Candelária – Rio Pardo (Fonte: ECOPLAN, 2005a)

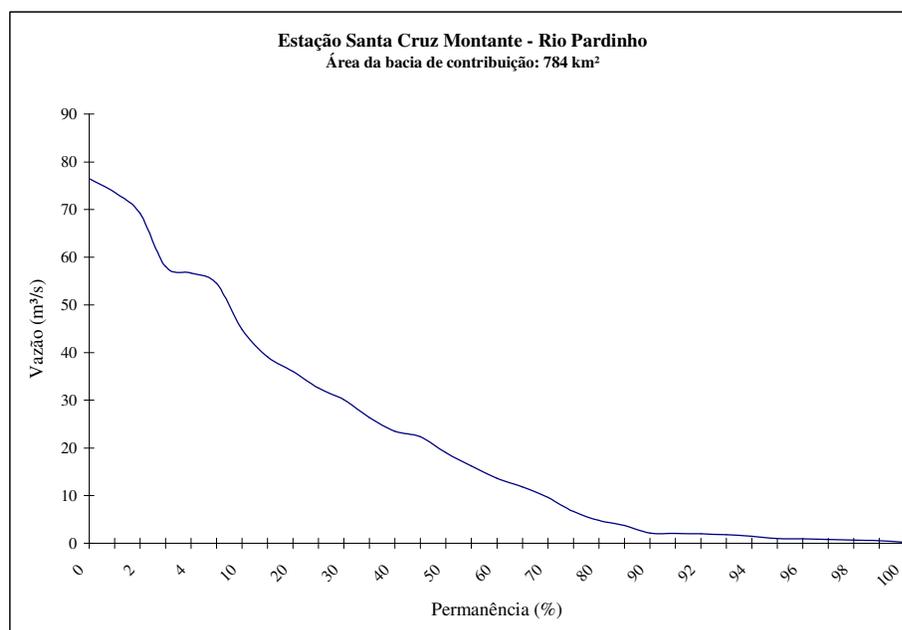


FIGURA 4.10: Curva de Permanência de Vazões na Estação Santa Cruz Montante – Rio Pardinho (Fonte: ECOPLAN, 2005a)

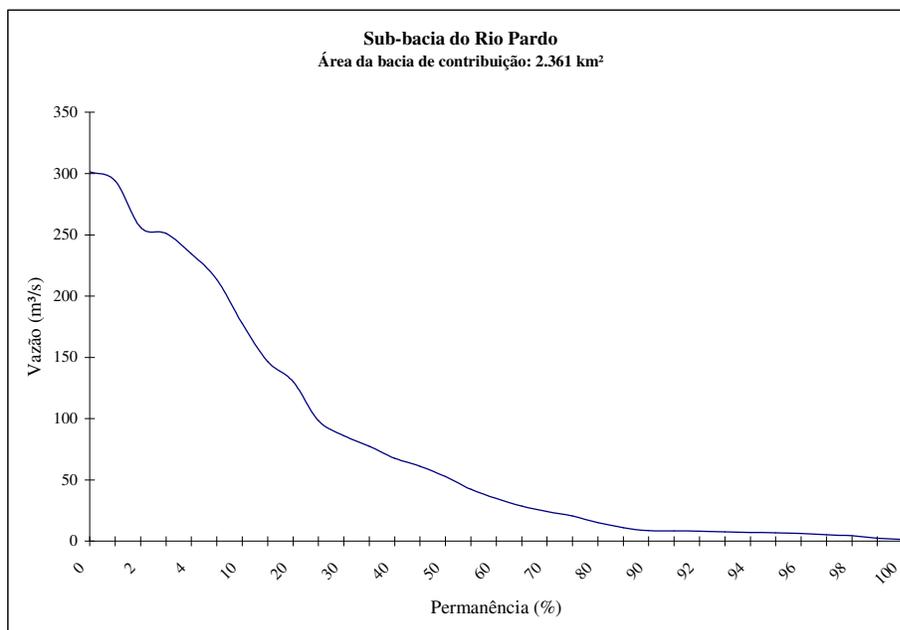


FIGURA 4.11: Curva de Permanência de Vazões no Exutório da Sub-bacia do Rio Pardo (imediatamente anterior à afluência do Rio Pardinho) (Fonte: ECOPLAN, 2005a)

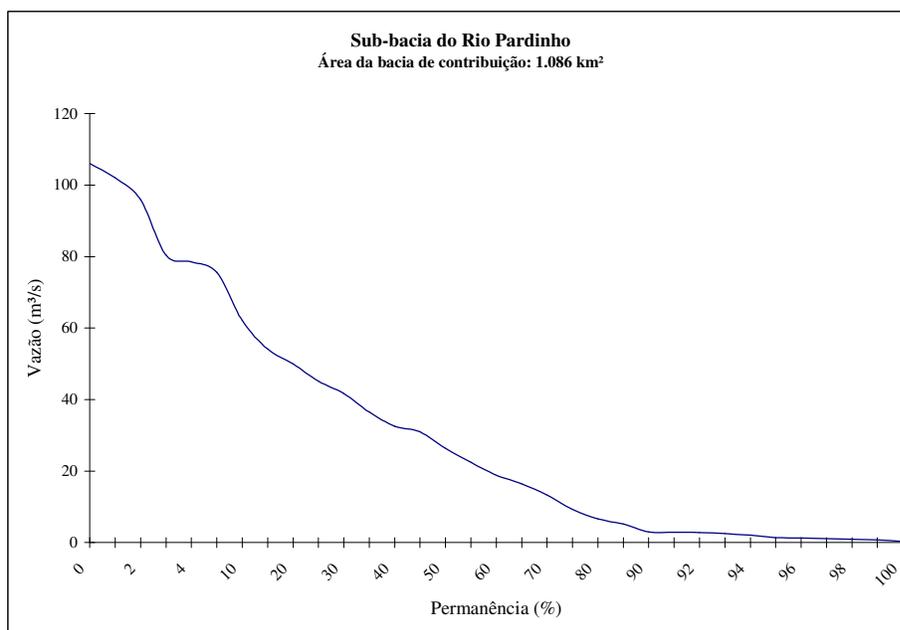


FIGURA 4.12: Curva de Permanência de Vazões no Exutório da Sub-bacia do Rio Pardinho (Fonte: ECOPLAN, 2005a)

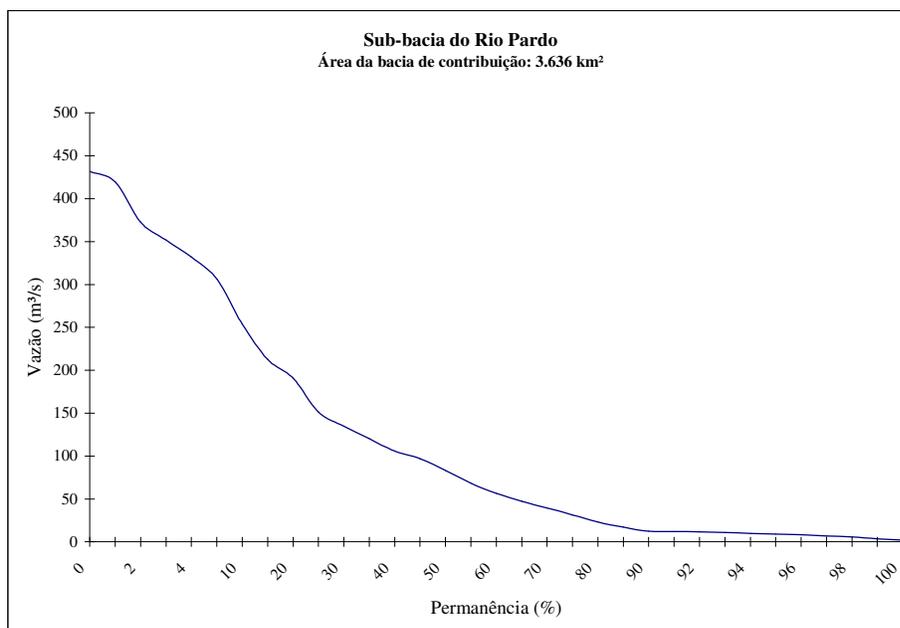


FIGURA 4.13: Curva de Permanência de Vazões no Exutório da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (na afluência do Rio Pardo no Rio Jacuí) (Fonte: ECOPLAN, 2005a)

#### 4.7. Disponibilidades Hídricas Superficiais

Para fins de determinação da disponibilidade hídrica média, foram consideradas as vazões médias de longo período; já para situações de mínimos, foram adotadas as vazões com 90% de permanência no tempo ( $Q_{90\%}$ ), ou seja, com 90% de garantia de ocorrência. Essas vazões características foram determinadas para cada mês ao longo do ano, objetivando considerar as variações sazonais ocorrentes. A vazão referencial de mínima ( $Q_{90\%}$ ) foi definida para fins de balanços hídricos (análise quantitativa) e de enquadramento (análise qualitativa) em reuniões técnicas realizadas durante a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo junto ao Comitê Pardo no ano de 2005.

A Tabela 4.7 apresenta as disponibilidades hídricas superficiais mensais, médias e mínimas ( $Q_{90\%}$ ), para cada grande compartimento da Bacia do Rio Pardo, ao longo do ano. É interessante ressaltar que as disponibilidades estimadas representam as vazões naturais, visto que os postos dos quais se partiu o estudo estão localizados à montante das áreas de maior demanda hídrica (regiões com lavouras irrigadas). Se os postos estivessem localizados à jusante destas regiões, os consumos deveriam ser considerados para se chegar às vazões naturais da Bacia (disponibilidade hídrica natural).

TABELA 4.6: Curva de Permanência – Bacia do Rio Pardo

Percentual de Permanência no Tempo	Vazões diárias em $m^3.s^{-1}$		Vazões em $L.s^{-1}.km^2$		Vazões diárias em $m^3.s^{-1}$		
	Rio Pardo	Rio Pardinho	Rio Pardo	Rio Pardinho	Sub-Bacia Pardo	Sub-Bacia Pardinho	Bacia Pardo
	1.376 $km^2$	784 $km^2$	1.376 $km^2$	784 $km^2$	2.360 $km^2$	1.086 $km^2$	3.636 $km^2$
0	175,77	76,50	127,74	97,58	301,54	105,99	431,80
1	171,36	73,63	124,53	93,92	293,97	102,01	419,65
2	149,28	69,20	108,49	88,27	256,10	95,87	372,58
3	146,35	58,04	106,36	74,03	251,07	80,41	351,69
4	136,76	56,69	99,39	72,31	234,62	78,54	332,04
5	124,49	54,55	90,47	69,58	213,57	75,58	306,33
10	103,54	44,85	75,25	57,21	177,63	62,14	254,06
15	85,50	39,09	62,14	49,86	146,68	54,16	212,64
20	75,94	36,05	55,19	45,98	130,28	49,95	190,71
25	57,37	32,58	41,69	41,56	98,42	45,14	151,48
30	50,23	30,10	36,50	38,39	86,17	41,70	134,81
35	45,16	26,37	32,82	33,64	77,47	36,53	120,24
40	39,49	23,51	28,70	29,99	67,75	32,57	105,77
45	35,64	22,36	25,90	28,52	61,14	30,98	97,04
50	30,73	19,02	22,33	24,26	52,72	26,35	83,31
55	24,70	16,24	17,95	20,71	42,37	22,50	68,28
60	20,30	13,62	14,75	17,37	34,83	18,87	56,50
65	16,70	11,85	12,14	15,11	28,65	16,42	47,37
70	14,14	9,62	10,28	12,27	24,26	13,33	39,54
75	11,94	6,68	8,68	8,52	20,48	9,25	31,39
80	8,92	4,79	6,48	6,11	15,30	6,64	23,17
85	6,43	3,74	4,67	4,77	11,03	5,18	17,10
90	5,02	2,18	3,65	2,78	8,61	3,02	12,33
91	4,87	2,07	3,54	2,64	8,35	2,87	11,90
92	4,80	2,02	3,49	2,58	8,23	2,80	11,70
93	4,47	1,79	3,25	2,28	7,67	2,48	10,77
94	4,16	1,47	3,02	1,88	7,14	2,04	9,75
95	4,02	1,00	2,92	1,28	6,90	1,39	8,84
96	3,70	0,93	2,69	1,19	6,35	1,29	8,15
97	3,04	0,78	2,21	0,99	5,22	1,08	6,72
98	2,62	0,68	1,90	0,87	4,49	0,94	5,80
99	1,50	0,57	1,09	0,73	2,57	0,79	3,57
100	0,80	0,23	0,58	0,29	1,37	0,32	1,80

OBS: 5954 dados (10/84 a 12/00) 16 anos      OBS: 8140 dados (12/78 a 12/02) 24 anos

(Fonte: adaptado de ECOPLAN, 2005a)

O objetivo de apresentar a disponibilidade hídrica média, com base nas vazões médias mensais de longo período, para a Bacia do Rio Pardo, reside no fato desse parâmetro representar o limite máximo teórico de regularização hídrica; significando que a máxima disponibilidade hídrica a ser obtida na Bacia é limitada pelos valores apresentados.

TABELA 4.7: Disponibilidades Hídricas Superficiais para os Grandes Compartimentos Hidrográficos Considerados na Bacia do Rio Pardo

Compartimento Hidrográfico	Garantia	Vazões ( $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ )												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Sub-Bacia do Rio Pardo, até confluência com Rio Pardinho – área de drenagem: 2.360 $\text{km}^2$	Média	37,1	48,9	32,3	71,1	76,7	92,8	113,3	84,7	103,4	85,5	73,4	37,1	71,3
	Q <sub>90%</sub>	4,77	6,23	4,15	4,05	5,59	7,22	16,01	12,83	10,69	16,54	8,32	3,74	6,61
Sub-Bacia do Rio Pardinho – área de drenagem: 1.086 $\text{km}^2$	Média	15,4	21,7	15,9	27,9	30,1	36,9	47,0	37,0	40,6	41,7	33,5	14,2	30,2
	Q <sub>90%</sub>	0,64	0,93	0,89	0,87	1,03	3,63	6,91	2,54	6,21	5,94	1,86	1,29	1,44
Bacia do Rio Pardo <sup>1</sup> – área de drenagem: 3.636 $\text{km}^2$	Média	55,4	74,5	50,8	104,4	112,7	136,8	169,2	128,5	151,9	134,2	112,7	54,1	107,1
	Q <sub>90%</sub>	5,71	7,55	5,32	5,19	6,98	11,45	24,18	16,22	17,83	23,72	10,74	5,31	8,49

<sup>1</sup> Cálculo das disponibilidades para a Bacia do Rio Pardo: a soma das vazões referentes às duas sub-bacias consideradas (Pardo e Pardinho) corresponde à vazão gerada na área de drenagem destes dois compartimentos ( $2.360 + 1.086 = 3.446 \text{ km}^2$ ). Para a Bacia como um todo, a soma destas vazões foi multiplicada pela relação de áreas  $3.636/3.446 = 1,055$ . (Fonte: adaptado de ECOPLAN, 2005a)

A disponibilidade hídrica superficial, para toda a Bacia do Rio Pardo, é da ordem de  $107,1 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ , em termos médios anuais, variando mensalmente de um máximo de  $169,2 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  (em julho) a um mínimo de  $50,8 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  (em março). A disponibilidade associada a uma permanência temporal de 90% é de  $8,49 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  em termos anuais, variando entre  $24,18 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  (em julho) e  $5,19 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  (em abril). A relação entre as disponibilidades mínima e média é da ordem de 8%.

Partindo das vazões características específicas ( $\text{L}.\text{s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ ), determinadas para cada grande vertente da Bacia (ou seja, para os rios Pardo e Pardinho, segundo as estações fluviométricas selecionadas – Item 4.6), e considerando as áreas de contribuição de cada Unidade de Estudo, foram determinadas as vazões características instantâneas ( $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ ). Assim, para cada Unidade, foram calculadas as disponibilidades mensais – para os doze meses do ano – médias e referenciais de mínimas (vazão média e Q<sub>90%</sub>, respectivamente), o que pode ser conferido na Tabela 4.8.

TABELA 4.8: Disponibilidades Hídricas Superficiais para as Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Unidade	Sub-Bacia	Garantia	Vazões (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )											
			JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
APo (512 km <sup>2</sup> )	Pardo	Q <sub>média</sub>	8,04	10,60	7,02	15,41	16,64	20,12	24,58	18,38	22,43	18,54	15,41	7,78
		Q <sub>90%</sub>	1,05	1,37	0,91	0,89	1,23	1,59	3,52	2,82	2,35	3,64	1,83	0,82
MPo (773 km <sup>2</sup> )	Pardo	Q <sub>média</sub>	12,14	16,01	10,60	23,28	25,14	30,40	37,13	27,77	33,88	28,00	23,28	11,76
		Q <sub>90%</sub>	1,53	1,99	1,33	1,30	1,79	2,31	5,12	4,11	3,42	5,29	2,66	1,20
APb (110 km <sup>2</sup> )	Pardo	Q <sub>média</sub>	1,73	2,28	1,51	3,31	3,58	4,32	5,28	3,95	4,82	3,98	3,31	1,67
		Q <sub>90%</sub>	0,24	0,31	0,21	0,20	0,28	0,36	0,80	0,64	0,53	0,83	0,42	0,19
BPb (237 km <sup>2</sup> )	Pardo	Q <sub>média</sub>	3,72	4,90	3,25	7,13	7,70	9,31	11,37	8,51	10,38	8,58	7,13	3,60
		Q <sub>90%</sub>	0,48	0,62	0,42	0,41	0,56	0,72	1,60	1,28	1,07	1,65	0,83	0,37
SMPo (728 km <sup>2</sup> )	Pardo	Q <sub>média</sub>	11,43	15,07	9,97	21,91	23,66	28,61	34,95	26,14	31,89	26,36	21,91	11,07
		Q <sub>90%</sub>	1,48	1,93	1,29	1,26	1,73	2,24	4,96	3,98	3,31	5,13	2,58	1,16
BPo (190 km <sup>2</sup> )	Pardo	Q <sub>média</sub>	2,98	3,93	2,60	5,72	6,18	7,47	9,12	6,82	8,32	6,88	5,72	2,89
		Q <sub>90%</sub>	0,30	0,39	0,28	0,27	0,36	0,60	1,26	0,85	0,93	1,24	0,56	0,28
APi (65 km <sup>2</sup> )	Pardinho	Q <sub>média</sub>	0,92	1,29	0,94	1,66	1,79	2,20	2,80	2,20	2,42	2,48	1,99	0,85
		Q <sub>90%</sub>	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,22	0,41	0,15	0,37	0,36	0,11	0,08
AMPi (307 km <sup>2</sup> )	Pardinho	Q <sub>média</sub>	4,36	6,13	4,48	7,88	8,50	10,43	13,28	10,46	11,47	11,78	9,45	4,02
		Q <sub>90%</sub>	0,18	0,26	0,25	0,24	0,29	1,02	1,93	0,71	1,74	1,66	0,52	0,36
APe (93 km <sup>2</sup> )	Pardinho	Q <sub>média</sub>	1,32	1,86	1,36	2,39	2,57	3,16	4,02	3,17	3,47	3,57	2,86	1,22
		Q <sub>90%</sub>	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09	0,33	0,62	0,23	0,56	0,53	0,17	0,12
AMPe (135 km <sup>2</sup> )	Pardinho	Q <sub>média</sub>	1,91	2,69	1,97	3,46	3,73	4,58	5,83	4,59	5,04	5,17	4,15	1,76
		Q <sub>90%</sub>	0,08	0,12	0,12	0,11	0,13	0,47	0,90	0,33	0,81	0,77	0,24	0,17
MPi (188 km <sup>2</sup> )	Pardinho	Q <sub>média</sub>	2,66	3,75	2,74	4,82	5,20	6,38	8,12	6,40	7,02	7,20	5,78	2,46
		Q <sub>90%</sub>	0,11	0,16	0,15	0,15	0,18	0,62	1,17	0,43	1,06	1,01	0,32	0,22
An (80 km <sup>2</sup> )	Pardinho	Q <sub>média</sub>	1,14	1,60	1,17	2,06	2,22	2,73	3,47	2,73	3,00	3,08	2,47	1,05
		Q <sub>90%</sub>	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	0,25	0,48	0,18	0,43	0,42	0,13	0,09
BPi (218 km <sup>2</sup> )	Pardinho	Q <sub>média</sub>	3,12	4,39	3,20	5,64	6,08	7,46	9,50	7,48	8,21	8,43	6,76	2,87
		Q <sub>90%</sub>	0,13	0,19	0,18	0,18	0,21	0,73	1,38	0,51	1,24	1,19	0,37	0,26

(Fonte: adaptado de ECOPLAN, 2005a)

A Bacia do Rio Pardo apresenta características morfológicas, geológicas, geométricas e climáticas que contribuem para o rápido escoamento das precipitações: como resultado, ocorrem elevados deflúvios imediatamente após (e durante) as precipitações mais intensas, esgotando rapidamente esses volumes hídricos, sem que haja tempo suficiente para a adequada infiltração e retenção. Ou seja, as características naturais da Bacia são propícias à geração de vazões elevadas, após e durante as chuvas, impondo, posteriormente, períodos com baixas descargas, pela baixa capacidade de regularização natural.

Desta forma, após períodos de baixa pluviosidade, os cursos de água da Bacia apresentam visível redução nos seus fluxos hídricos, sendo essa variação tanto maior quanto menor a área de contribuição; por exemplo: na estação fluviométrica no Rio Pardo, em Candelária (com área de drenagem de 1.376 km<sup>2</sup>) a vazão média é cerca de dez vezes superior

à vazão com permanência no tempo de 90%; já para a estação fluviométrica no Rio Pardinho, em Santa Cruz do Sul (com área de drenagem de 784 km<sup>2</sup>) essa relação chega a vinte vezes, cabendo destacar que as vazões específicas médias em ambos os pontos são semelhantes e normais para a região (da ordem de 28 a 30 L.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup>). A diferença entre essas relações comprova a assertiva, visto a similaridade de todas as demais características fisiográficas entre essas sub-bacias hidrográficas (declividades, cobertura vegetal, regime climático, entre outras).

A topografia e o relevo da Bacia impõem uma morfologia que resulta em grandes declividades e desníveis entre as partes alta e baixa, da ordem de 400 a 500 m. A geologia, com a predominância de rochas basálticas cobertas com camadas de solo de pequena espessura, na partes alta e média da Bacia, implicam em baixa permeabilidade para o terreno natural: assim, por um lado tem-se um maior escoamento superficial e, por outro, uma menor infiltração e respectivamente menor retenção e armazenamento sub-superficial. O formato, alongado no sentido montante-jusante, e transversal à mudança brusca das altitudes do terreno natural, contribui, em muito, para acelerar o escoamento das águas, reduzindo ainda mais as possibilidades de infiltração e retenção natural.

Analisando as vazões mensais, com permanência temporal de 90%, indicativas de períodos de mínimos deflúvios, observa-se considerável diferença entre os valores obtidos para o Rio Pardo, relativamente ao Rio Pardinho. Enquanto no Rio Pardo, o valor médio anual específico ( $Q_{90\%}$  anual) é de 2,8 L.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup>, no Pardinho é de 1,3 L.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup>; ou seja, em termos de vazões mínimas, a sub-bacia do Rio Pardinho gera menos da metade da disponibilidade hídrica ofertada pela bacia do Rio Pardo. Esse fato demonstra a maior capacidade do Pardo em reter as precipitações e garantir o escoamento de base, o que não ocorre no Pardinho. Estas diferenças podem ser atribuídas às diversidades de relevo, geologia e forma de uso e manejo dos solos entre as regiões. É importante esclarecer que os postos fluviométricos que caracterizaram as disponibilidades hídricas da Bacia estão localizados a montante da área que concentra os reservatórios de água, não sofrendo, portanto, os efeitos da açudagem, refletindo, assim, as vazões naturais da Bacia.

A Figura 4.14 apresenta um comparativo das disponibilidades hídricas entre os dois grandes compartimentos da Bacia (sub-bacias dos rios Pardo e Pardinho) e entre as Unidades de Estudo.

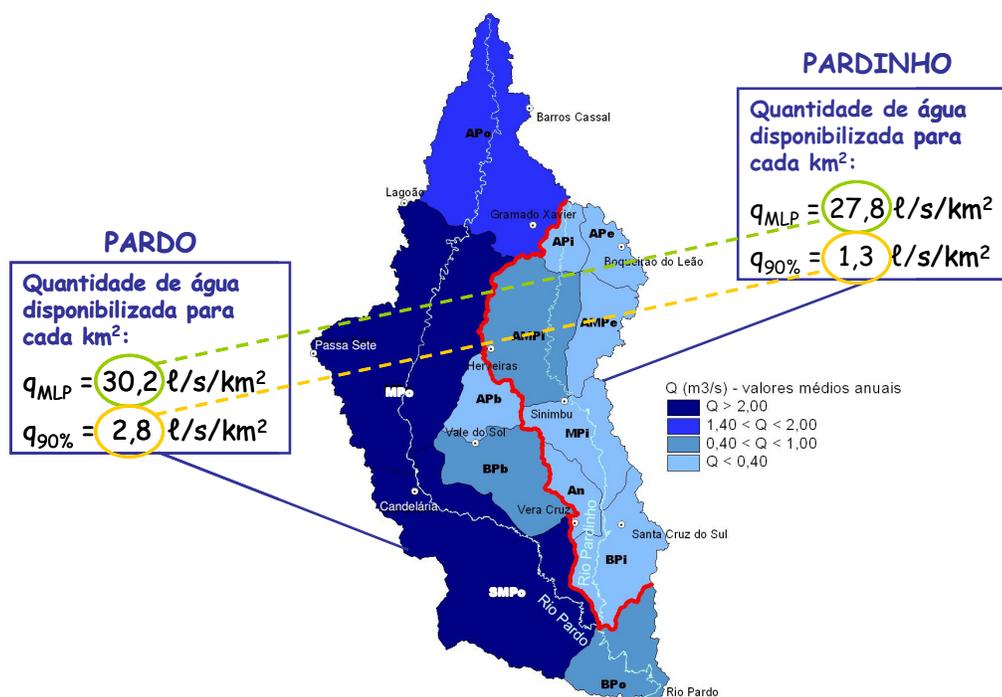


FIGURA 4.14: Comparativo das Disponibilidades Médias e Mínimas (Fonte: ECOPLAN, 2005a)

Com relação à disponibilidade hídrica oriunda dos reservatórios da Bacia, considerando apenas os açudes com áreas superiores a 2 ha (identificados a partir de imagem de satélite) somam-se 1.225 ha de área alagada, que, em sua maioria, destinam-se à irrigação de arroz, especialmente nas Unidades de Estudo Sub-Médio Pardo, Baixo Pardo e Baixo Pardinho. Cabe citar a exceção do Lago Dourado, na Unidade Baixo Pardinho, cuja utilidade está voltada ao abastecimento público da cidade de Santa Cruz do Sul.

A capacidade total de acumulação dos açudes de maior porte (excetuando-se o Lago Dourado), para as Unidades de Estudo antes referidas, considerando uma profundidade média de 3 m, é da ordem de 31 hm<sup>3</sup> (31 milhões de metros cúbicos). Esse volume, se utilizado apenas para a irrigação, permite irrigar cerca de 3 mil hectares de arroz.

É importante ressaltar que, face à expressiva maior utilização das águas superficiais, a disponibilidade hídrica relacionada a esses recursos é objeto de maior aprofundamento e detalhamento nesta dissertação, não sendo consideradas as disponibilidades hídricas subterrâneas. Em termos globais (considerando os montantes de volume captado), menos de 5% dos usos consuntivos na Bacia utilizam os mananciais subterrâneos, sendo o restante atendido pelas águas superficiais.

#### ***4.8. Demandas Hídricas Atuais***

Os usos consuntivos da água predominantes na Bacia do Rio Pardo são o abastecimento humano, a dessedentação animal, a irrigação de arroz e o uso industrial. A irrigação responde por mais de 80% da demanda hídrica total anual na Bacia.

A ordenação dos usos que utilizam mananciais superficiais, quanto à quantidade de água demandada é a seguinte: irrigação, com 80,6% da demanda global; abastecimento humano (urbano e rural), com cerca de 13%, incluindo, nesse valor, uma parcela relativa às indústrias de pequeno porte ligadas à rede pública de distribuição de água; dessedentação animal, com 4,6%; e abastecimento industrial (empreendimentos de porte médio e grande, que dispõem de sistemas independentes de abastecimento), com 1,9% da demanda global da Bacia. O percentual aparentemente baixo da demanda industrial pode ser explicado pelo fato de tal demanda estar mascarada pela parcela embutida na demanda do abastecimento humano, onde as demandas foram determinadas com base nas captações dos sistemas públicos de abastecimento, dos quais também uma parcela das indústrias se utiliza. Além disso, o uso industrial, mormente utiliza mananciais subterrâneos, principalmente quando se trata de indústrias que contam com captações independentes (privadas).

As Tabelas 4.9 a 4.11 sintetizam as demandas hídricas atuais na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.

Destaca-se que a demanda concentra-se nos meses de verão (entre dezembro e fevereiro), quando cerca de 76% da demanda anual é requerida. Este cenário pode ser explicado, principalmente, pelo fato da irrigação do arroz estar concentrada nos meses de verão, e, secundariamente, pela sazonalidade das demandas de abastecimento humano (mais intensificada no período de verão).

Com relação à espacialização na Bacia, as maiores demandas ocorrem nas Unidades de Estudo do Sub-Médio Pardo, Baixo Pardo e Baixo Pardinho, que são justamente aquelas onde ocorre cultivo de arroz irrigado. A demanda para irrigação é nula nas Unidades Alto Pardo, Alto Pardinho, Alto-Médio Pardinho, Alto Pequeno e Alto-Médio Pequeno, todas localizadas na parte alta da Bacia.

TABELA 4.9: Demandas Hídricas (m<sup>3</sup>) na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo por Uso Consuntivo

Mês	Abastecimento Humano (Urbano e Rural) <sup>1</sup>		Desse- dentaçã Animal <sup>2</sup> (SUP)	Irrigaçã o <sup>3</sup> (SUP)	Industrial <sup>4</sup>		Total SUP	Total SUB	Total Geral	%
	(SUP <sup>5</sup> )	(SUB <sup>5</sup> )			(SUP)	(SUB)				
	Janeiro	1.084.152			332.252	482.594				
Fevereiro	979.234	300.098	435.891	26.755.029	34.888	143.976	28.205.042	444.074	28.649.116	23,29
Março	1.084.152	332.252	482.594	5.945.562	38.626	159.402	7.550.933	491.654	8.042.587	6,54
Abril	999.218	306.223	467.026	0	37.380	154.260	1.503.624	460.483	1.964.107	1,60
Mai	1.032.526	316.430	482.594	0	38.626	159.402	1.553.745	475.832	2.029.577	1,65
Junho	949.257	290.912	467.026	0	37.380	154.260	1.453.663	445.172	1.898.835	1,54
Julho	980.899	300.609	482.594	0	38.626	159.402	1.502.119	460.011	1.962.130	1,60
Agosto	980.899	300.609	482.594	0	38.626	159.402	1.502.119	460.011	1.962.130	1,60
Setembro	949.257	290.912	467.026	0	37.380	154.260	1.453.663	445.172	1.898.835	1,54
Outubro	1.032.526	316.430	482.594	0	38.626	159.402	1.553.745	475.832	2.029.577	1,65
Novembro	999.218	306.223	467.026	5.945.562	37.380	154.260	7.449.186	460.483	7.909.669	6,43
Dezembro	1.084.152	332.252	482.594	29.727.810	38.626	159.402	31.333.181	491.654	31.824.835	25,88
TOTAL	12.155.491	3.725.201	5.682.150	99.092.700	454.790	1.876.830	117.385.131	5.602.031	122.987.162	100,00
%	12,91		4,62	80,57	1,9		95,45	4,55	100	-

<sup>1</sup>Demanda unitária urbana: 170 a 290 L/hab/dia (dependente da sazonalidade e da localização). Demanda unitária rural: 125 L/hab/dia.

<sup>2</sup>Demanda unitária: suínos = 100 L/cab/dia (inclui demanda para higienização); bovinos= 40 L/cab/dia; ovinos = 7,5 L/cab/dia; equino = 35 L/cab/dia; bubalino = 30 L/cab/dia; caprino = 6 L/cab/dia; galinhas = 0,60 L/cab/dia; galos, frangos e pintos = 0,25 L/cab/dia.

<sup>3</sup>Demanda unitária: 12.600 m<sup>3</sup>/ha/ano. Distribuição: 6% em novembro, 30% em dezembro, 31% em janeiro, 27% em fevereiro e 6% em março.

<sup>4</sup>A demanda industrial foi calculada aplicando-se uma taxa de crescimento anual sobre uma estimativa de demanda industrial minuciosamente realizada por Ecoplan (1997) que utilizou dados primários dos Cadastros de Indústrias dos municípios da Bacia.

<sup>5</sup>SUP: demanda captada em manancial superficial; SUB: demanda captada em manancial subterrâneo.

OBS: nos casos de abastecimento humano rural e dessedentação animal, as demandas foram estimadas por município e, depois, reunidas para a Bacia considerando as ponderações de áreas de participação dos mesmos. No caso dos abastecimentos urbanos, humano e industrial, foi considerada a localização da sede municipal (se dentro ou fora da Bacia). A demanda para irrigação foi estimada de acordo com a área cultivada indicada no cadastro de irrigantes da FEPAM, ajustados com dados de Sindicatos, Cooperativas Agrícolas, Escritórios de apoio agrícola e Departamentos de Meio Ambiente municipais. (Fonte: adaptado de ECOPLAN, 2005a)

TABELA 4.10: Demandas Hídricas (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo por Uso Consuntivo

Mês	Abastecimento Humano (Urbano e Rural)		Desse- dentaçã Animal (SUP)	Irrigaçã o (SUP)	Industrial		Total SUP	Total SUB	Total Geral
	(SUP <sup>1</sup> )	(SUB <sup>1</sup> )			(SUP)	(SUB)			
	Janeiro	0,405			0,124	0,180			
Fevereiro	0,405	0,124	0,180	11,059	0,014	0,060	11,659	0,184	11,842
Março	0,405	0,124	0,180	2,220	0,014	0,060	2,819	0,184	3,003
Abril	0,386	0,118	0,180	0,000	0,014	0,060	0,580	0,178	0,758
Mai	0,386	0,118	0,180	0,000	0,014	0,060	0,580	0,178	0,758
Junho	0,366	0,112	0,180	0,000	0,014	0,060	0,561	0,172	0,733
Julho	0,366	0,112	0,180	0,000	0,014	0,060	0,561	0,172	0,733
Agosto	0,366	0,112	0,180	0,000	0,014	0,060	0,561	0,172	0,733
Setembro	0,366	0,112	0,180	0,000	0,014	0,060	0,561	0,172	0,733
Outubro	0,386	0,118	0,180	0,000	0,014	0,060	0,580	0,178	0,758
Novembro	0,386	0,118	0,180	2,294	0,014	0,060	2,874	0,178	3,052
Dezembro	0,405	0,124	0,180	11,099	0,014	0,060	11,698	0,184	11,882

<sup>1</sup>SUP: demanda captada em manancial superficial; SUB: demanda captada em manancial subterrâneo. (Fonte: adaptado de ECOPLAN, 2005a)

TABELA 4.11: Demandas Hídricas ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo por Unidade de Estudo

Unidade	Ano											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
APo	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,024	0,024	0,025	0,025	0,025
MPo	0,170	0,166	0,069	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,070	0,166
APb	0,013	0,013	0,008	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,008	0,013
BPb	0,882	0,851	0,182	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,188	0,854
SMPo	7,117	6,866	1,433	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	1,477	6,890
BPo	1,793	1,730	0,357	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,368	1,736
APi	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
AMPi	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
APe	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
AMPe	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
MPi	0,205	0,198	0,050	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,052	0,198
An	0,272	0,263	0,069	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019	0,019	0,020	0,070	0,264
BPi	1,558	1,515	0,593	0,345	0,345	0,328	0,328	0,328	0,328	0,345	0,584	1,519
TOTAL	12,068	11,659	2,819	0,580	0,580	0,561	0,561	0,561	0,561	0,580	2,874	11,698

(Fonte: ECOPLAN, 2005a)

Considerando os coeficientes de retorno apresentados na Tabela 4.12, foram estimados também os consumos hídricos<sup>1</sup> na Bacia do Rio Pardo (Tabela 4.13).

TABELA 4.12: Coeficiente de Retorno por Uso Consuntivo

Tipo de Uso Consuntivo	Coeficiente de Retorno <sup>1</sup>
Abastecimento Humano	0,80
Dessedentação Animal	0,30
Irrigação	0,33
Industrial	0,80

<sup>1</sup> Percentual da demanda que retorna aos mananciais hídricos, ou seja, que não é consumido.

(Fonte: ECOPLAN, 2005a)

É importante destacar que a quantidade de água necessária para a manutenção dos ecossistemas aquáticos (vazão ecológica), não obstante sua relevância, não foi considerada como um uso. Porém, nos balanços hídricos, ela deve ser considerada, o que pode ser feito através da comparação da vazão remanescente (resultado da subtração entre disponibilidade e consumo) com a vazão mínima necessária de ser mantida no leito.

<sup>1</sup> O conceito de consumo hídrico é entendido como a parcela da demanda que é efetivamente utilizada (ou gasta) no desenvolvimento de uma determinada atividade, seja por sua inclusão como matéria-prima no processo, seja por perdas como a evaporação, ou mesmo a degradação da água demandada de tal forma que impeça a sua posterior utilização. Assim, demanda hídrica é a quantidade de água que é retirada do manancial para a execução de uma atividade. A diferença quantitativa entre a demanda e o consumo é denominada de retorno, que consiste na parcela restante da demanda que volta ao manancial, através do sistema de drenagem e/ou sistemas de esgotamento sanitários, e em condições de ser utilizada a jusante. O coeficiente de retorno é este percentual da demanda que retorna aos mananciais hídricos, ou seja, que não é consumido.

TABELA 4.13: Consumos Hídricos ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo por Unidade de Estado

Unidade	Ano											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
APo	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
MPo	0,108	0,105	0,042	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,042	0,106
APb	0,009	0,009	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,009
BPb	0,583	0,562	0,121	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,124	0,564
SMPo	4,682	4,516	0,931	0,030	0,030	0,029	0,029	0,029	0,029	0,030	0,960	4,532
BPo	1,183	1,141	0,235	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,242	1,145
APi	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
AMPi	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
APe	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
AMPe	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
MPi	0,136	0,131	0,034	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,035	0,132
An	0,172	0,166	0,038	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,039	0,167
BPi	0,871	0,843	0,234	0,078	0,078	0,074	0,074	0,074	0,074	0,078	0,236	0,846
TOTAL	7,780	7,509	1,675	0,206	0,206	0,202	0,202	0,202	0,202	0,206	1,720	7,535

(Fonte: ECOPLAN, 2005a)

## 5. METODOLOGIAS

Os Itens 5.1 a 5.5 apresentam, em seqüência, as metodologias empregadas para o atingimento dos objetivos específicos apresentados no Capítulo 2. Com exceção do primeiro objetivo, cuja metodologia é independente, os demais apresentam metodologias complementares, constituindo diferentes etapas na busca do objetivo final, que é a realização dos balanços hídricos.

### *5.1. Disponibilidade Hídrica Atual*

O método empregado para a obtenção das disponibilidades hídricas está baseado na aplicação de um modelo hidrometeorológico, onde as descargas médias mensais são geradas mediante um balanço hídrico, ao serem consideradas as variáveis que caracterizam a entrada de água no sistema (precipitação), a saída (evapotranspiração) e também o armazenamento de água no solo. O balanço entre as variáveis é calculado segundo Alley (1984) que utiliza uma abordagem derivada do método de Thornthwaite & Matter (1955). Panitz (2000) incorporou o balanço proposto por Alley a ferramentas de geoprocessamento visando à otimização dos resultados através do aproveitamento da variação espacial das variáveis envolvidas, gerando, como resultado, a espacialização de déficits e excessos hídricos em uma bacia hidrográfica. O método empregado nesta dissertação utiliza o mesmo algoritmo de Panitz (2000), com as mesmas equações, porém, com algumas adaptações na forma como os resultados foram avaliados, procurando-se estimar, a partir dos excessos hídricos calculados pelo balanço, as descargas hídricas de forma concentrada no exutório de uma Sub-Bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.

A justificativa da utilização deste modelo se apóia na facilidade de obtenção das variáveis envolvidas, constituídas, basicamente, de precipitação, evapotranspiração e alguns parâmetros pedológicos. A vantagem da sua associação a técnicas de geoprocessamento está no aproveitamento da variação espacial dos dados de entrada, aproximando as estimativas das realidades locais. Quando dados de descargas não são disponíveis ou simplesmente não existem, as metodologias usualmente utilizadas são baseadas em regionalizações de vazões; porém, as equações de regionalização, na maioria das vezes, são obtidas por regressão a partir de dados de bacias de grandes extensões, e, por isso, a sua aplicação em bacias menores torna os resultados ilegítimos, principalmente porque estas diferem fisicamente das grandes bacias para as quais foram obtidas as equações.

Dentro deste contexto, o modelo proposto por Panitz (2000) foi aplicado a uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (Figura 5.1), cujas vazões no seu exutório são

conhecidas historicamente. Desta forma, tratando-se os resultados do modelo estatisticamente, pôde-se concluir sobre a legitimidade de sua aplicação. A sub-bacia selecionada possui área de cerca de 1.195 km<sup>2</sup>, drenada pelo Rio Pardo. No seu exutório, as vazões registradas no posto fluviométrico Passo Linha do Rio (código ANEEL 8573000), no município de Candelária, datam de 1969 a 1980.

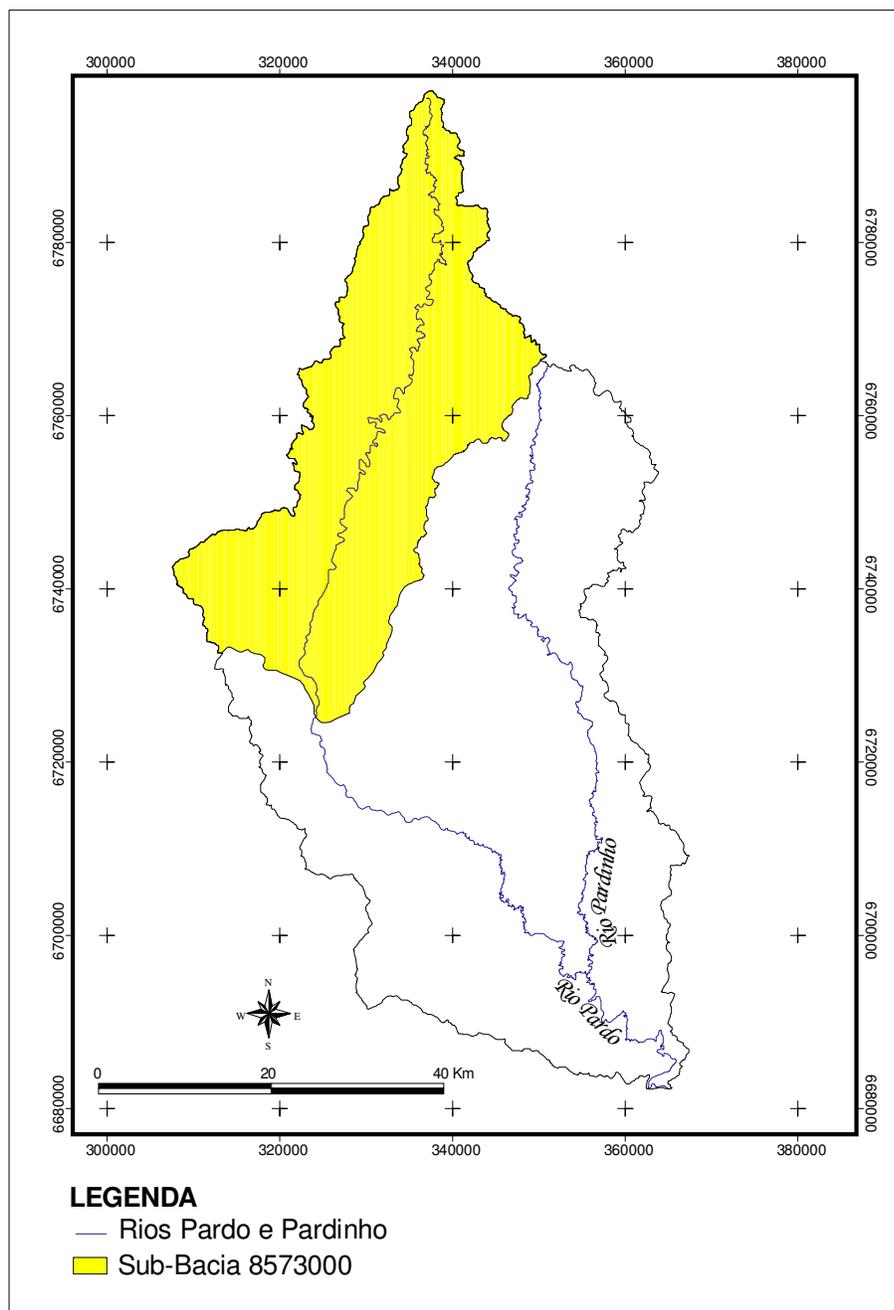


FIGURA 5.1: Sub-Bacia Selecionada para Aplicação do Modelo Hidrometeorológico

O balanço hídrico proposto por Alley (1984), que descreve a variação do armazenamento de água no solo quando a evapotranspiração é maior do que a precipitação, está baseado na Equação 5.1.

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{(ETP_i - Pr_i)}{S_{\max}} \cdot S_{i-1} \quad 5.1$$

onde:

$$\frac{dS}{dt} = \text{variação do armazenamento de água no solo (L.T}^{-1}\text{)};$$

$$ETP_i = \text{evapotranspiração potencial do período } i \text{ (L.T}^{-1}\text{)};$$

$$Pr_i = \text{precipitação no período } i \text{ (L.T}^{-1}\text{)};$$

$$S_{i-1} = \text{armazenamento de água no solo no período } i-1 \text{ (L)};$$

$$S_{\max} = \text{armazenamento máximo de água no solo (L)}.$$

O algoritmo do modelo está resumido na Figura 5.2. Inicialmente, a precipitação é comparada com a evapotranspiração potencial no período  $i$ . Se a precipitação ( $P_i$ ) for maior do que a evapotranspiração ( $ETP_i$ ), o armazenamento de água no solo do período  $i$  ( $S_i$ ) será dado pelo menor valor entre a diferença da precipitação e a evapotranspiração somada ao armazenamento de água anterior ( $S_{i-1}$ ) e o armazenamento máximo ( $S_{\max}$ ). O déficit de água no solo ( $D_i$ ), neste caso, será nulo. O excesso hídrico ( $Q_i$ ) será aquilo que exceder a capacidade máxima de armazenamento de água no solo, sendo nulo nos casos em que a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração somada ao armazenamento do período anterior for menor do que a capacidade máxima. Se a precipitação for menor do que a evapotranspiração, o armazenamento de água no solo decresce de acordo com a função exponencial da Equação 5.2. O déficit de água no solo será dado, neste caso, pela diferença entre a capacidade máxima de armazenamento e o armazenamento atual ( $i$ ). O excesso será nulo e a evapotranspiração no período  $i$  será igual ao total precipitado somado à parcela evaporada do solo (diferença entre o armazenamento anterior e o armazenamento atual).

$$S_i = S_{i-1} \cdot \exp\left(-\frac{(ETP_i - Pr_i)}{S_{\max}}\right) \quad 5.2$$

Assim, em cada intervalo de tempo  $i$ , são produzidos: a) armazenamento de água no solo ( $S_i$ ); b) déficit de água no solo ( $D_i$ ); c) água em excesso ( $Q_i$ ) e d) evapotranspiração real ( $ETA_i$ ).

Panitz (2000) adaptou o modelo proposto por Alley a ferramentas de geoprocessamento e aplicou o modelo distribuído na Bacia do Arroio dos Ratos (RS). O autor representou cada parâmetro e variável do modelo em Planos de Informação<sup>1</sup> de um Sistema de Informações Geográficas<sup>2</sup> (SIG), conseguindo incorporar, desta forma, características do sistema físico da bacia com variabilidade espacial e temporal, e identificando, por consequência, regiões e épocas específicas com deficiência ou excesso hídricos.

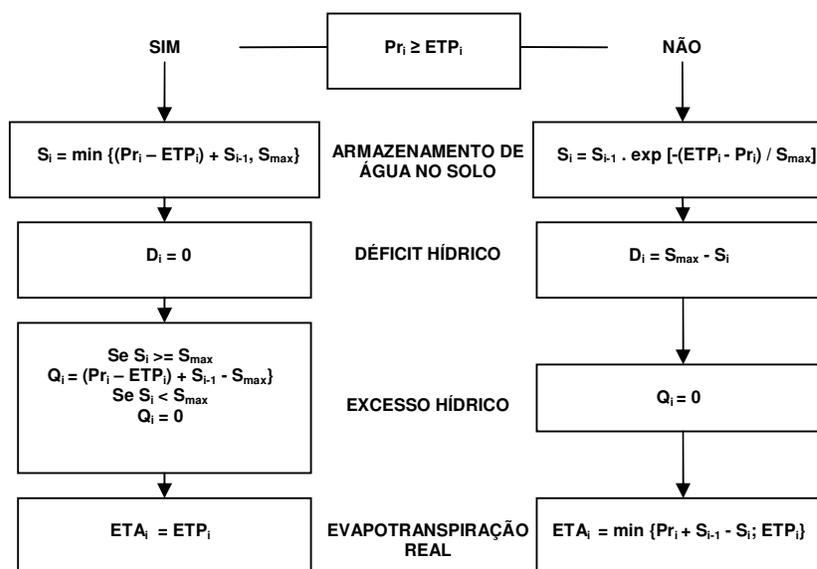


FIGURA 5.2: Fluxograma Geral da Modelagem Adotada.  
(Fonte: PANITZ, 2000)

<sup>1</sup> Plano de Informação (PI): são ‘camadas’ de informações armazenadas dentro de um projeto no Sistema de Informações Geográficas. Assim, um mapa de solos, de estradas ou uma imagem, por exemplo, referentes a uma determinada área de estudo de um projeto específico, são armazenados em Planos de Informação diferentes. Os Planos de Informação no software Spring podem pertencer a cinco categorias de dados espaciais, as quais caracterizam os modelos dos dados que irão formar o PI, a saber:

- temática: as representações gráficas de um PI temático estão associadas a apenas uma informação (classe). Exemplo: mapa pedológico;

- cadastral: as representações gráficas destes PI’s estão associadas a várias informações (atributos), organizadas na forma de tabela. Ex: mapa cadastral dos municípios de um estado (cada município representado graficamente no PI possui informação de população, densidade demográfica, PIB, etc, organizadas em uma tabela);

- rede: as representações nos PI’s desta categoria são organizadas na forma de grafo e armazenam informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas. Ex: rede de saneamento;

- imagem: os PI’s desta categoria armazenam imagens de satélites, fotografias aéreas ou imagens escanizadas;

- numérica: os PI’s desta categoria são compostos por grades ou matrizes que representam uma determinada grandeza que varia quantitativa e continuamente no espaço. Ex: mapa de declividades.

<sup>2</sup> Sistema de Informações Geográficas (SIG): é um sistema auxiliado por computador para a aquisição, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos. Atualmente, uma variedade de *softwares* está disponível para auxiliar nestas atividades, entretanto eles podem diferir significativamente uns dos outros, em parte pela maneira como representam e trabalham os dados geográficos, em parte pela ênfase dada às diferentes operações (EASTMAN, 1998).

Da mesma forma, o modelo de Alley foi, nesta dissertação, incorporado a um SIG, onde os dados foram representados na forma de matrizes numéricas em diferentes Planos de Informação. A seguir são listados os dados de entrada básicos necessários para a obtenção das matrizes que alimentam o modelo. O SIG utilizado foi o Spring 4.2 (INPE, 1996).

- a) Precipitação (mensal);
- b) Evapotranspiração de Referência (mensal);
- c) Coeficientes de cultura (mensais);
- d) Umidade dos solos na capacidade de campo;
- e) Umidade dos solos no ponto de murchamento; e
- f) Profundidade dos solos ou dos sistemas radiculares (mensais).

#### 5.1.1. Dados de Entrada

A seguir, são explicadas as obtenções das grades de entrada do modelo (precipitação, evapotranspiração e armazenamento de água no solo). O período de simulação corresponde a outubro de 1969 a março de 1980, com intervalo mensal. Este período foi escolhido em função da existência de dados climatológicos (precipitação e evaporação) e fluviométricos (vazão) coincidentes; estes últimos foram utilizados para fins de comparação com os valores estimados.

#### *Precipitação*

A precipitação mensal foi representada em um Plano de Informação numérico a partir da ponderação<sup>3</sup> dos polígonos de Thiesen apresentados na Figura 5.3, representantes da área de influência dos postos existentes na Bacia do Rio Pardo (Estações Botucaraí, Herveiras, Ponte Jacuí e Rio Pardo). Assim, foram geradas 126 grades mensais (de outubro de 1969 a março de 1980), conforme os dados apresentados no Anexo A1 (neste caso, não foram apresentados os dados correspondentes à Estação Rio Pardo porque esta não abrange a sub-bacia escolhida para a aplicação do modelo).

---

<sup>3</sup> Ponderação: operação que atribui valores numéricos às classes de uma representação temática. Partindo-se de um Plano de Informação temático, atribuem-se valores para suas classes e, assim, cria-se um novo PI, porém numérico. No Spring (INPE, 2005), esta operação é processada através da Linguagem Espacial Geográfica Algébrica, uma linguagem de programação para manipulação de Planos de Informação do *software*.

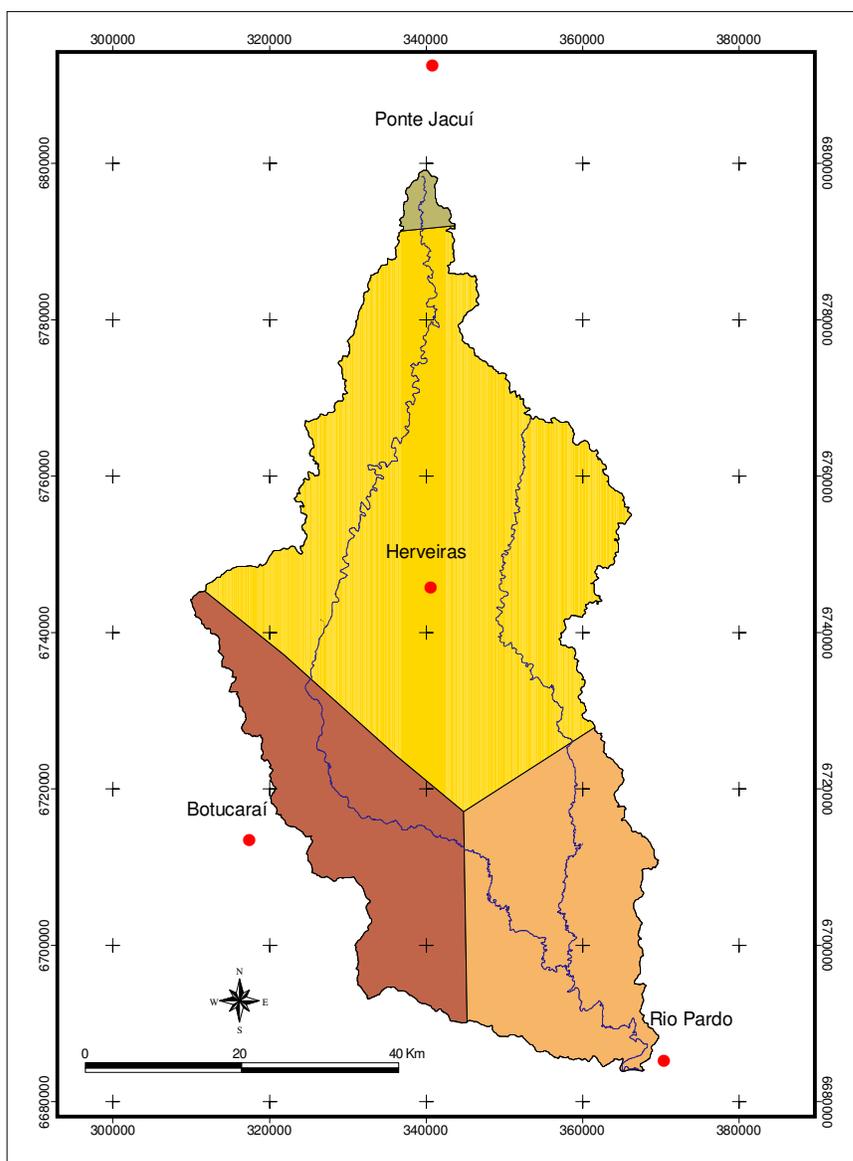


FIGURA 5.3: Polígonos de Thiesen – Área de Influência das Estações Climáticas (precipitação)  
(Fonte: Autor)

### *Evapotranspiração*

A evapotranspiração potencial na sub-bacia 8573000 (assim denominada devido à codificação do posto fluviométrico do seu exutório) foi calculada a partir da expressão proposta por Doorenbos & Pruitt (1976). Utilizando-se a terminologia sugerida por Perrier (1985), a equação é expressa por:

$$ET_m = ET_0 \times K_c \quad 5.3$$

em que:

$ET_m$  = evapotranspiração potencial das culturas (L);

$ET_0$  = evapotranspiração de referência (L);

$K_c$  = coeficiente de cultura (adimensional).

A evapotranspiração de referência foi obtida a partir da expressão de Doorenbos & Pruitt (1976) que relaciona a evaporação medida no Tanque Classe A ( $E_{pan}$ ) com a evapotranspiração de referência, utilizando um fator de correção ( $K_p$ ) que considera a umidade relativa do ar, a velocidade média do vento a 2 metros de altura e as características da área que circunda o tanque de medição. A equação é dada por:

$$ET_0 = E_{pan} \times K_p \quad 5.4$$

Foram considerados umidade relativa de intensidade média (entre 40-70%), vento de intensidade fraca (entre 175-425 km.dia<sup>-1</sup>) e tanque circundado por vegetação rasteira – o que está de acordo com a realidade das estações – na determinação do coeficiente  $K_p$ , resultando em 0,85.

O Anexo A2 apresenta os valores mensais de evapotranspiração de referência calculados a partir a Equação 5.4 para as Estações Herveiras e Candelária, as quais abrangem a sub-bacia em estudo. A partir da representação gráfica dos Polígonos de Thiessen no SIG (Figura 5.4), cada uma destas áreas foi ponderada com os valores mensais de evapotranspiração de referência, gerando-se 126 grades numéricas.

Os usos do solo identificados na sub-bacia 8573000 ao longo de um determinado ano foram identificados com o auxílio de uma imagem de satélite classificada (Landsat ETM7, cenas 222/080 e 222/081 de 19/01/2002, resolução 30 x 30 metros) e através de estudos sobre os procedimentos agrícolas usualmente adotados na Região (Tabela 5.1). Na Tabela 5.2, por sua vez, são apresentadas as variações mensais da cobertura vegetal com seus respectivos coeficientes de cultura ( $K_c$ ) – fator que relaciona a evapotranspiração potencial da cultura ( $ET_m$ ) com a evapotranspiração de referência, de acordo com a Equação 5.3, apresentada anteriormente.

Partindo-se do mapa classificado de cobertura do solo realizou-se uma ponderação de classes, atribuindo-se valores mensais de coeficientes de cultura a cada classe de uso. A Figura 5.5 apresenta o uso e cobertura do solo da sub-bacia.

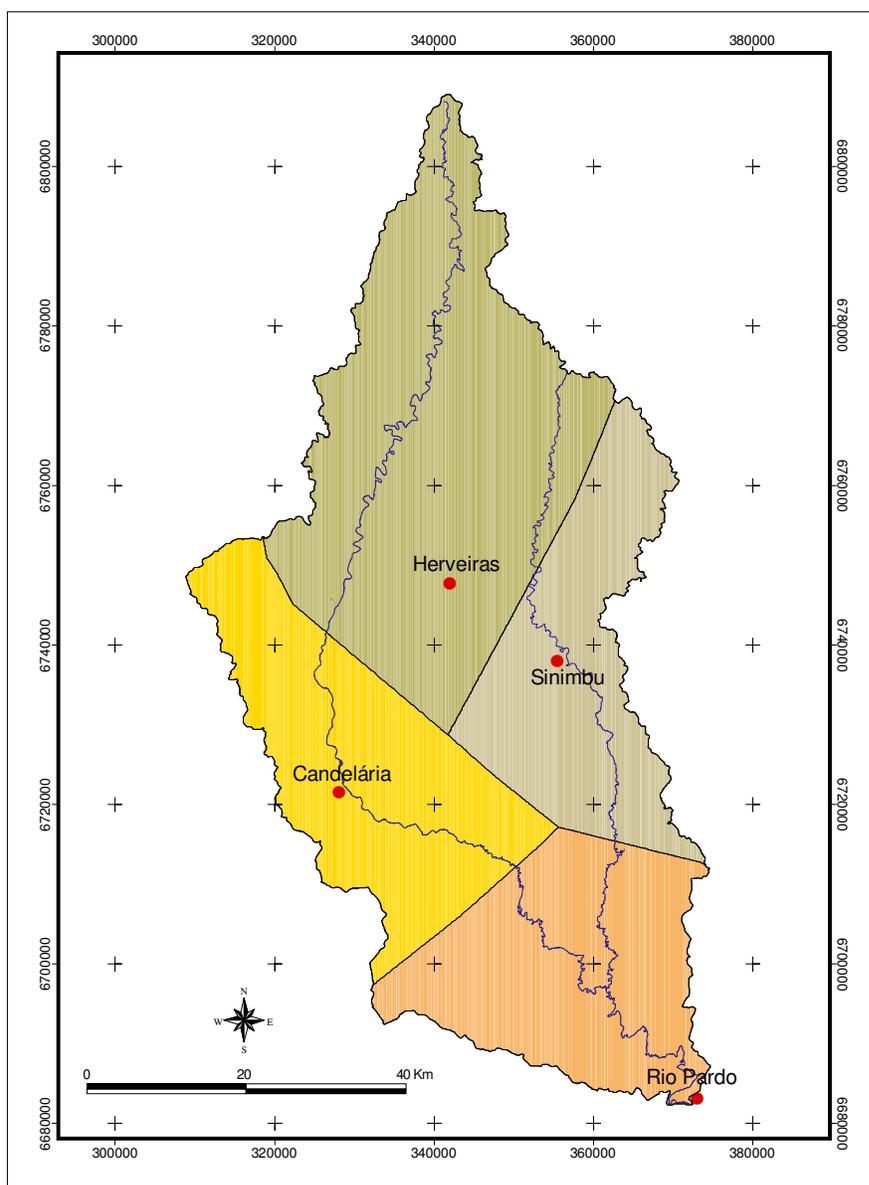


FIGURA 5.4: Polígonos de Thiessen – Área de Influência das Estações Climatológicas (evaporação)  
(Fonte: Autor)

TABELA 5.1: Usos do Solo Identificados na Sub-Bacia Selecionada para a Aplicação do Modelo  
(8573000)

Usos Identificados			
Verão	Outono	Inverno	Primavera
Usos Urbanos	Usos Urbanos	Usos Urbanos	Usos Urbanos
Mata Nativa	Mata Nativa	Mata Nativa	Mata Nativa
Mata Ciliar	Mata Ciliar	Mata Ciliar	Mata Ciliar
Reflorestamento	Reflorestamento	Reflorestamento	Reflorestamento
Campo Natural	Campo Natural	Campo Natural	Campo Natural
Corpos de Água	Corpos de Água	Corpos de Água	Corpos de Água
Soja	Trigo	Trigo	Soja
Arroz	Resteva	Campo	Arroz
Milho	Milho	Fumo	Fumo
Solo Exposto	Solo Exposto	Solo Exposto	Solo Exposto

TABELA 5.2: Variação Temporal da Cobertura do Solo na Sub-Bacia 8573000 com os Respetivos Coeficientes de Cultura

Uso / K <sub>c</sub>	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Usos Urbanos <sup>1</sup>	UR											
K <sub>c</sub> (UR) <sup>2</sup>	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Mata Nativa <sup>3</sup>	MN											
K <sub>c</sub> (MN) <sup>4</sup>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Mata Ciliar <sup>5</sup>	MC											
K <sub>c</sub> (MC) <sup>6</sup>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Reflorestamento <sup>7</sup>	RF											
K <sub>c</sub> (RF) <sup>8</sup>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Campo Natural <sup>9</sup>	CN											
K <sub>c</sub> (CN) <sup>10</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Corpos de Água <sup>11</sup>	CA											
K <sub>c</sub> (CA) <sup>12</sup>	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Soja – Trigo <sup>13</sup>	SJ	SJ	SJ	RV	RV	TG	TG	TG	TG	RV	PS	SJ
K <sub>c</sub> (SJ), (RV), (TG), (PS) <sup>14</sup>	1,1	0,9	0,5	0,3	0,3	0,5	0,95	1,1	0,25	0,3	0,4	0,8
Arroz <sup>15</sup>	AZ	AZ	RV	RV	RV	CR	CR	CR	CR	PS	AZ	AZ
K <sub>c</sub> (AZ), (RV), (CR), (PS) <sup>16</sup>	1,3	1,0	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	1,1	1,2
Fumo – Milho <sup>17</sup>	MI	MI	MI	RV	RV	RV	RV	PS	FU	FU	FU	FU
K <sub>c</sub> (FU), (MI), (RV), (PS) <sup>18</sup>	1,0	1,2	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,75	1,1	0,8	0,4
Solo Exposto <sup>19</sup>	SE											
K <sub>c</sub> (SE) <sup>20</sup>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

<sup>1</sup>UR = Usos Urbanos

<sup>2</sup>K<sub>c</sub> (UR) = coeficiente de cultura para ‘Usos Urbanos’. Valor anual utilizado: 1,18 (equivalente aos valores de evaporação do Tanque).

<sup>3</sup>MN = Mata Nativa

<sup>4</sup>K<sub>c</sub> (MN) = coeficiente de cultura de ‘Mata Nativa’. Valor anual utilizado: 0,9. Fonte: Argentina (2005).

<sup>5</sup>MC = Mata Ciliar

<sup>6</sup>K<sub>c</sub> (MC) = coeficiente de cultura de ‘Mata Ciliar’. Valor anual utilizado: 0,9. Fonte: Argentina (2005).

<sup>7</sup>RF = Reflorestamento

<sup>8</sup>K<sub>c</sub> (RF) = coeficiente de cultura de ‘Reflorestamento’. Valor anual utilizado: 0,9. Fonte: Argentina (2005).

<sup>9</sup>CN = Campo Natural

<sup>10</sup> K<sub>c</sub> (CN) = coeficiente de cultura de ‘Campo Natural’. Valor anual utilizado: 1,00 (equivalente à evapotranspiração de referência).

<sup>11</sup>CA = Corpos de Água

<sup>12</sup>K<sub>c</sub> (CA) = coeficiente de cultura para ‘Corpos de Água’. Valor anual utilizado: 0,94 (corresponde à 80% da evaporação do Tanque). Fonte: Tucci (2002).

<sup>13</sup>SJ = Soja; RV = Resteva; TG = Trigo; PS = Preparo do Solo

<sup>14</sup>K<sub>c</sub> (SJ) = coeficiente de cultura da ‘Soja’. Valores variáveis de acordo com o estágio da cultura. Fonte: Berlato et al. (1985) / K<sub>c</sub> (RV) = coeficiente de cultura para ‘Resteva’. Valores utilizados para solo sem cultura, coberto com 25% de vegetação morta. Fonte: Moreira et al. (2001) / K<sub>c</sub> (TG) = coeficiente de cultura de ‘Trigo’. Valores variáveis de acordo com o estágio da cultura. Fonte: Matzenauer (1992) / K<sub>c</sub> (PS) = coeficiente de cultura para ‘Preparo do Solo’. Valores utilizados para solo sem cultura, com 0% de cobertura vegetal morta. Fonte: Moreira et al. (2001).

<sup>15</sup>AZ = Arroz; RV = Resteva; CR = Campo Ressurgente; PS = Preparo do Solo

<sup>16</sup>K<sub>c</sub> (AZ) = coeficiente de cultura do ‘Arroz’. Valores variáveis de acordo com o estágio da cultura. Fonte: Doorenbos & Kassam (1994) / K<sub>c</sub> (RV) = coeficiente de cultura para ‘Resteva’. Valores utilizados para solo sem cultura, coberto com 25% de vegetação morta. Fonte: Moreira et al. (2001) / K<sub>c</sub> (CR) = coeficiente de cultura de ‘Campo Ressurgente’. Valor utilizado: 1,00 (equivalente à evapotranspiração de referência) / K<sub>c</sub> (PS) = coeficiente de cultura para ‘Preparo do Solo’. Valores utilizados para solo sem cultura, com 0% de cobertura vegetal morta. Fonte: Moreira et al. (2001).

<sup>17</sup>FU = Fumo; MI = Milho; RV = Resteva; PS = Preparo do Solo

<sup>18</sup> K<sub>c</sub> (FU) = coeficiente de cultura de ‘Fumo’. Valores variáveis de acordo com o estágio da cultura. Fonte: Doorenbos & Kassam (1994) / K<sub>c</sub> (MI) = coeficiente de cultura de ‘Milho’. Valores variáveis de acordo com o estágio da cultura. Fonte: Bergamaschi et al. (2001) / K<sub>c</sub> (RV) = coeficiente de cultura para ‘Resteva’. Valores utilizados para solo sem cultura, coberto com 25% de vegetação morta. Fonte: Moreira et al. (2001) / K<sub>c</sub> (PS) = coeficiente de cultura para ‘Preparo do Solo’. Valores utilizados para solo sem cultura, com 0% de cobertura vegetal morta. Fonte: Moreira et al. (2001).

<sup>19</sup>SE = Solo Exposto

<sup>20</sup>K<sub>c</sub> (SE) = coeficiente de cultura para ‘Solo Exposto’. Valores utilizados para solo sem cultura, com 0% de cobertura vegetal morta. Fonte: Moreira et al. (2001).

A multiplicação dos coeficientes de cultura mensais pelos valores mensais de evapotranspiração de referência (Equação 5.3) foi realizada no ambiente do SIG Spring por intermédio da Linguagem Espacial Geográfica Algebrica (LEGAL)<sup>4</sup>. Assim, de posse das 126 matrizes de evapotranspiração de referência (out/1969 a mar/1980) e das 12 matrizes de coeficientes de cultura (janeiro a dezembro), obtiveram-se as 126 grades de evapotranspiração potencial distribuída na sub-bacia 8573000 de acordo com a cobertura vegetal.

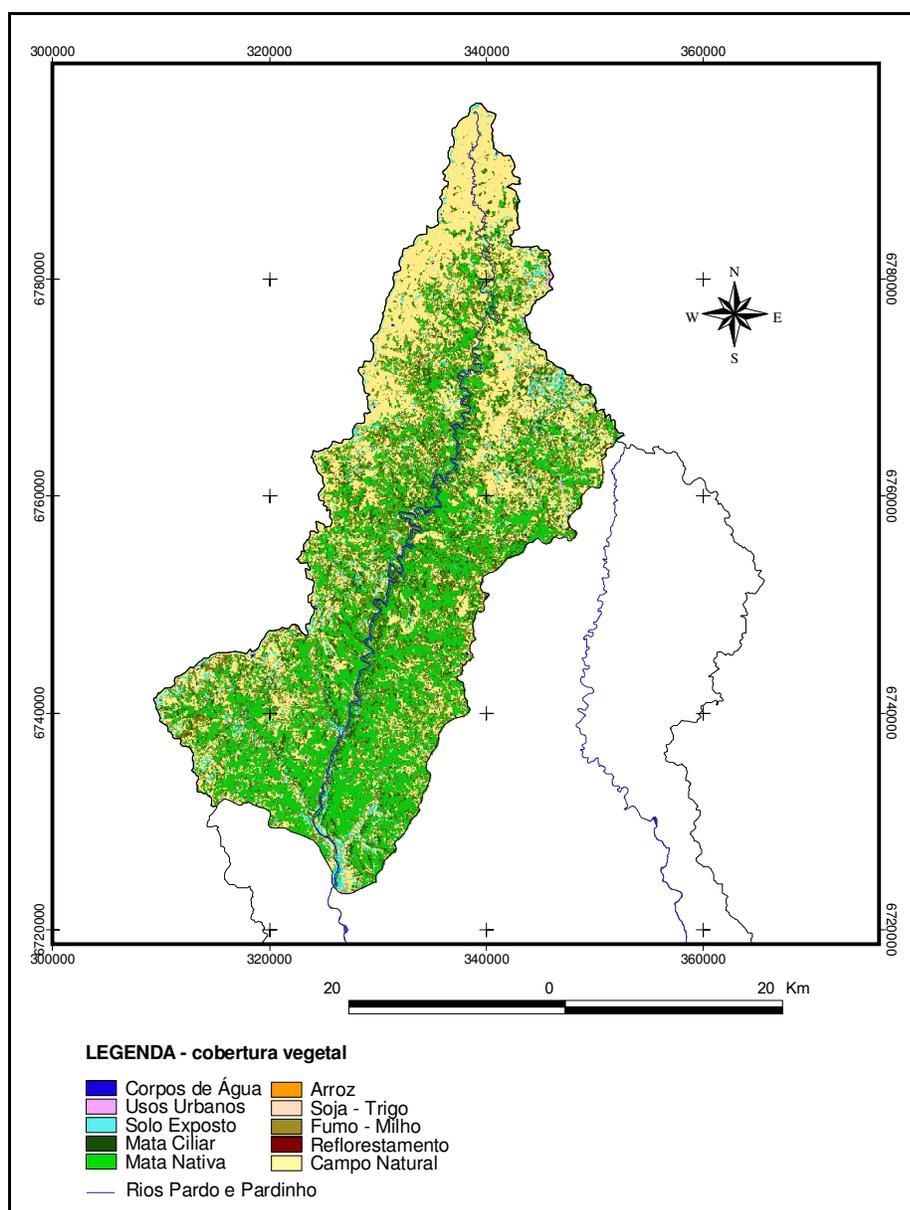


FIGURA 5.5: Usos do Solo da Sub-Bacia 8573000  
(Fonte: Autor)

<sup>4</sup> Um programa em LEGAL consiste de uma seqüência de operações descritas por sentenças organizadas segundo regras gramaticais, envolvendo operadores, funções e dados espaciais, categorizados segundo o modelo de dados, e representados em Planos de Informação e mapas cadastrais de um mesmo projeto (INPE, 2005).

### Armazenamento Máximo de Água no Solo

O armazenamento máximo de água nos solos da sub-bacia foi determinado a partir da aplicação da seguinte equação:

$$S_{\max} = (C_c - P_m) \times h \quad 5.5$$

onde:

$C_c$  = umidade do solo na capacidade de campo ( $L^3.L^{-3}$ );

$P_m$  = umidade do solo no ponto de murchamento ( $L^3.L^{-3}$ );

$h$  = profundidade efetiva do solo (L).

Antes da aplicação da Equação 5.5, tornaram-se necessárias as seguintes operações adicionais:

- Ponderação do mapa de solos (Figura 5.6) para a obtenção de superfícies numéricas de umidade na capacidade de campo ( $C_c$ ) e umidade no ponto de murchamento ( $P_m$ ) de acordo com a correlação da Tabela 5.3;
- Ponderação do mapa de solos para a obtenção de superfícies numéricas de profundidade efetiva ( $h$ ), variável ao longo do ano. Neste caso, assumiu-se como efetiva a profundidade ocupada pelas raízes (em locais com cobertura vegetal), e a profundidade do solo (em locais com solo exposto e também nos casos em que as profundidades de raízes assumidas fossem maiores do que a profundidade do solo). A Tabela 5.4 apresenta os valores utilizados para cada cobertura e para cada mês do ano. Estes valores representam a profundidade de extração efetiva de água pelas raízes no processo de evapotranspiração (no caso de ocorrência de cobertura vegetal) ou de evaporação (no caso de solo sem cobertura vegetal).

TABELA 5.3: Características Físicas dos Solos Consideradas na Determinação da Capacidade Máxima de Armazenamento de Água

Unidade Taxonômica	$C_c^1$		$P_m^2$	
	Horizonte A ( $m^3.m^{-3}$ )	Horizonte B ( $m^3.m^{-3}$ )	Horizonte A ( $m^3.m^{-3}$ )	Horizonte B ( $m^3.m^{-3}$ )
TBCHa	0,425	0,190	0,430	0,330
PBa	0,345	0,183	0,458	0,328
PEa	0,386	0,154	0,423	0,204
Ce	0,462	0,374	0,495	0,400
Re	0,461	0,340	0,452	0,369

<sup>1</sup> Umidade correspondente à sucção de 0,06 atm na curva de retenção

<sup>2</sup> Umidade correspondente ao potencial matricial em que a umidade passa a se tornar constante na curva de retenção.

OBS: resultados médios de três repetições.

(Fonte: ECOPLAN, 1997)

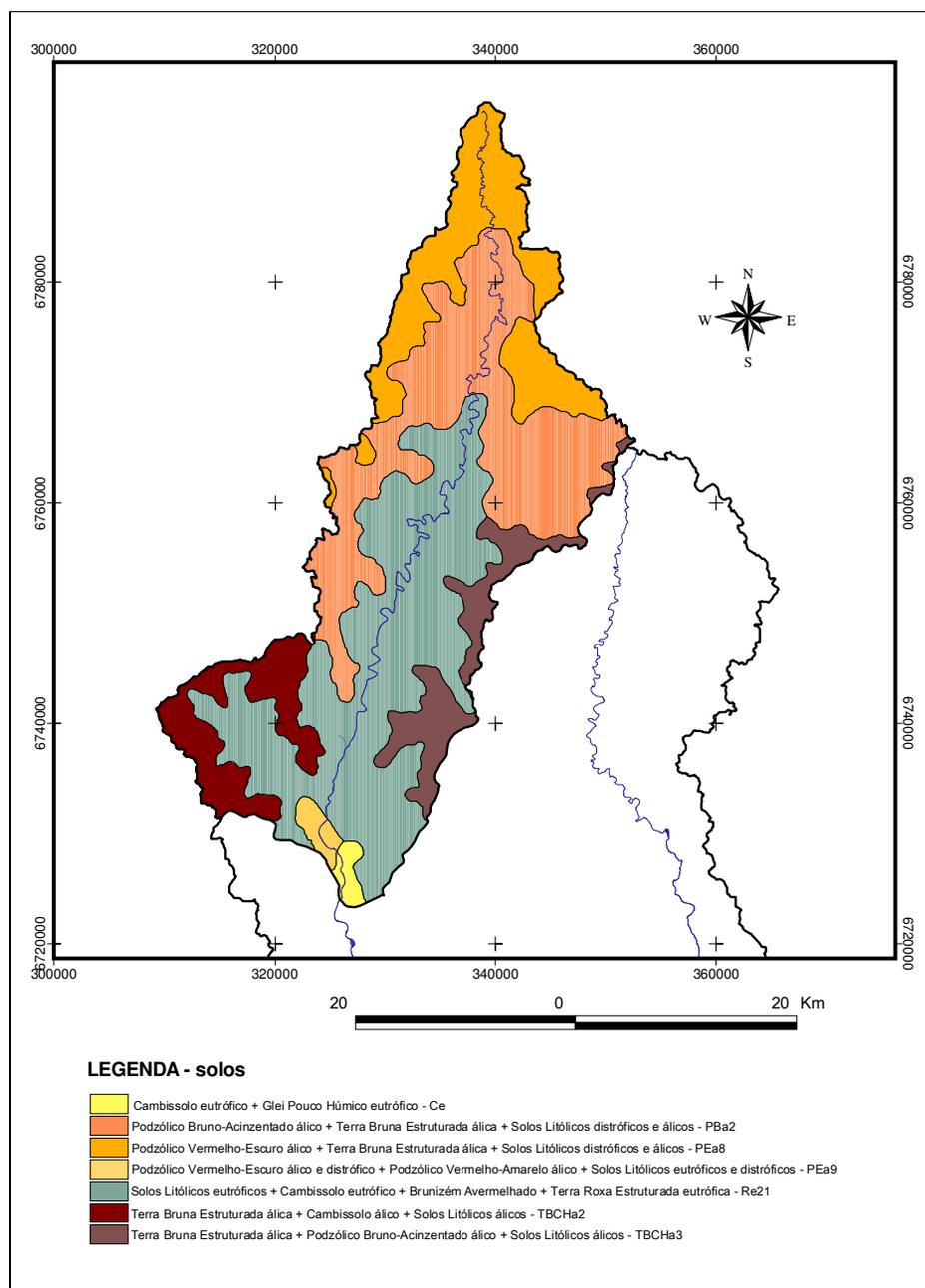


FIGURA 5.6: Solos da Sub-Bacia 8573000  
(Fonte: Autor)

### *Condição Inicial de Umidade no Solo*

A condição inicial de umidade no solo assumida foi a condição de solo saturado, ou seja,  $S_0 \rightarrow S_{max}$ . Verificou-se que a condição inicial não influencia os resultados após o segundo ano de simulação. Foram testadas diversas condições iniciais, a partir das quais, obteve-se esta conclusão.

TABELA 5.4: Profundidades Consideradas no Armazenamento de Água no Solo

Usos	Profundidade efetiva (mm)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Usos Urbanos <sup>1</sup>	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR
h (UR) <sup>2</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mata Nativa <sup>3</sup>	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN
h (MN) <sup>4</sup>	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Mata Ciliar <sup>5</sup>	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC
h (MC) <sup>6</sup>	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Reflorestamento <sup>7</sup>	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF
h (RF) <sup>8</sup>	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
Campo Natural <sup>9</sup>	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN
h (CN) <sup>10</sup>	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Corpos de Água <sup>11</sup>	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA
h (CA) <sup>12</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Soja – Trigo <sup>13</sup>	SJ	SJ	SJ	RV	RV	TG	TG	TG	TG	RV	PS	SJ
h (SJ), (RV), (TG), (PS) <sup>14</sup>	400	600	700	PHS <sup>21</sup>	PHS	500	900	1100	1100	PHS	PHS	300
Arroz <sup>15</sup>	AZ	AZ	RV	RV	RV	CR	CR	CR	CR	PS	AZ	AZ
h (AZ), (RV), (CR), (PS) <sup>16</sup>	800	800	PHS	PHS	PHS	PHS	200	200	200	PHS	200	500
Fumo – Milho <sup>17</sup>	MI	MI	MI	RV	RV	RV	RV	OS	FU	FU	FU	FU
h (FU), (MI), (RV), (PS) <sup>18</sup>	700	1100	1100	PHS	PHS	PHS	PHS	PHS	300	500	500	500
Solo Exposto <sup>19</sup>	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
h (SE) <sup>20</sup>	PHS	PHS	PHS	PHS	PHS	PHS	PHS	PHS	PHS	PHS	PHS	PHS

<sup>1</sup>UR = Usos Urbanos

<sup>2</sup>h (UR) = profundidade efetiva para ‘Usos Urbanos’.

<sup>3</sup>MN = Mata Nativa

<sup>4</sup>h (MN) = profundidade efetiva do uso ‘Mata Nativa’. Fonte: Panitz (2000).

<sup>5</sup>MC = Mata Ciliar

<sup>6</sup>h (MC) = profundidade efetiva do uso ‘Mata Ciliar’. Fonte: Panitz (2000).

<sup>7</sup>RF = Reflorestamento

<sup>8</sup>h (RF) = profundidade efetiva do uso ‘Reflorestamento’. Fonte: Panitz (2000).

<sup>9</sup>CN = Campo Natural

<sup>10</sup>h (CN) = profundidade efetiva do uso ‘Campo Natural’. Fonte: Panitz (2000).

<sup>11</sup>CA = Corpos de Água

<sup>12</sup>h (CA) = profundidade efetiva do uso ‘Corpos de Água’.

<sup>13</sup>SJ = Soja; RV = Resteva; TG = Trigo; PS = Preparo do Solo

<sup>14</sup>h (SJ) = profundidade efetiva da ‘Soja’. Fonte: Doorenbos & Kassam (1994) / h (RV) = profundidade efetiva do uso ‘Resteva’ / h (TG) = profundidade efetiva de ‘Trigo’. Fonte: Doorenbos & Kassam (1994) / h (PS) = profundidade efetiva para ‘Preparo do Solo’.

<sup>15</sup>AZ = Arroz; RV = Resteva; CR = Campo Ressurgente; PS = Preparo do Solo

<sup>16</sup>h (AZ) = profundidade efetiva do ‘Arroz’. Fonte: Doorenbos & Kassam (1994) / h (RV) = profundidade efetiva para ‘Resteva’ / h (CR) = profundidade efetiva de ‘Campo Ressurgente’ / h (PS) = profundidade efetiva para ‘Preparo do Solo’.

<sup>17</sup>FU = Fumo; MI = Milho; RV = Resteva; PS = Preparo do Solo

<sup>18</sup>h (FU) = profundidade efetiva de ‘Fumo’. Fonte: Doorenbos & Kassam (1994) / h (MI) = profundidade efetiva do ‘Milho’. Fonte: Doorenbos & Kassam (1994) / h (RV) = profundidade efetiva para ‘Resteva’ / h (PS) = profundidade efetiva para ‘Preparo do Solo’.

<sup>19</sup>SE = Solo Exposto

<sup>20</sup>h (SE) = profundidade efetiva para ‘Solo Exposto’.

<sup>21</sup>PHS = profundidade dos horizontes superficiais (A, B ou E).

### 5.1.2. Aplicação do Modelo (Simulação)

A modelagem adotada (descrita no fluxograma da Figura 5.2) foi escrita em linguagem Pascal por Panitz (2000). A simulação exige que todas as grades numéricas de entrada estejam em formato Idrisi (extensão .rst). Antes da rodagem do modelo, portanto, foi necessário transformar as grades, geradas no Spring, para o formato requerido.

As matrizes de entrada são listadas abaixo:

- a) 126 grades numéricas de precipitação (uma para cada mês da simulação, que abrange o período de outubro de 1969 a março de 1980);
- b) 126 grades numéricas de evapotranspiração (geradas a partir da multiplicação das evapotranspirações de referência mensais pelos coeficientes de cultura mensais);
- c) 12 grades de armazenamento máximo de água no solo (variáveis mês a mês de acordo com a dinâmica dos usos do solo durante um ano qualquer);
- d) 1 grade de condição inicial de armazenamento de água no solo.

O modelo realiza a simulação célula a célula e em cada mês  $i$  da simulação, produz quatro saídas: armazenamento de água no solo, déficit de água no solo, excesso hídrico e evapotranspiração real, conforme o fluxograma da Figura 5.2.

#### *Armazenamento de Água no Solo*

A umidade do solo na capacidade de campo ( $C_c$ ) representa uma quantidade de água que pode ser mantida no solo contra a força da gravidade, sem haver drenagem. Deste limite até o ponto de murchamento ( $P_m$ ), a água só pode ser removida por ação direta da evaporação ou evapotranspiração das plantas. O armazenamento máximo, portanto, admitido, é aquele volume que se situa entre estes dois limites, dentro de uma profundidade efetiva do solo.

#### *Déficit de Água no Solo*

O déficit de água no solo segue um raciocínio oposto ao armazenamento. Como a capacidade de campo representa um referencial máximo de água no solo, e o ponto de murchamento, um referencial mínimo, o déficit é representado pela complementação necessária para atingir a capacidade de campo.

#### *Evapotranspiração Real*

O modelo considera que a evapotranspiração real atinge seu limite máximo (potencial) sempre que a precipitação for maior do que a evapotranspiração potencial. Neste caso, a evapotranspiração real será igual à potencial. Quando a evapotranspiração potencial for maior do que a precipitação, a evapotranspiração real é suprida pela precipitação e pelo armazenamento de água no solo. Neste caso, o armazenamento de água no solo diminui exponencialmente, como ilustra o fluxograma da Figura 5.2.

### *Excesso Hídrico*

A quantidade de água acima da capacidade de campo é considerada, neste modelo, um excesso hídrico. Numa situação real, este excesso pode drenar-se por dois caminhos distintos: através do fluxo interno no solo (subsuperficial) ou do escoamento superficial. Entende-se que grande parte destas vazões (subsuperficial e superficial) alimentará os cursos de água.

### *Vazões (Disponibilidade Hídrica Superficial)*

Considerando a descrição do item anterior e, na tentativa de avaliar a hipótese de que o excesso hídrico gerado pelo modelo é, de fato, o responsável pelas vazões escoadas nos cursos de água, optou-se por estimar as vazões no exutório da sub-bacia 8573000, local com descargas conhecidas, a partir da concentração dos excessos hídricos gerados após a aplicação do modelo na sub-bacia de contribuição. Assim, utilizando-se a rotina *Extract*<sup>5</sup> do Idrisi, foram obtidas as vazões mensais do período de simulação no exutório da sub-bacia. Os resultados foram comparados com o registro de vazões do local, e são apresentados mais adiante, no capítulo referente aos resultados.

### *Análise Qualitativa do Modelo*

A qualidade dos resultados da aplicação do modelo foi avaliada estatisticamente verificando-se os valores do coeficiente de Nash-Sutcliffe (EF),  $R^2$  (Square of the Pearson's Product Moment Correlation Coefficient), da relação entre volumes medidos e calculados (Percent Error – PE), do erro padrão (Standard Error or Root Mean Square Error – SE) e do desvio médio (Average Deviation – AD), conforme as Equações 5.6 a 5.10.

---

<sup>5</sup> A operação *Extract* utiliza um arquivo de feições e um arquivo de dados para produzir um sumário estatístico dos dados de cada feição. As opções do sumário incluem: total, média, intervalo, desvio padrão, mínimo e máximo (EASTMAN, 1998). Neste caso, a feição é a sub-bacia 8573000 e o interesse é calcular a soma (total) dos valores (excessos hídricos) de todas as células que a compõem.

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad 5.6$$

$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}) \times (P_i - \bar{P}))^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \times \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \quad 5.7$$

$$PE = \frac{\sum_{i=1}^n P_i - \sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \times 100 \quad 5.8$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad 5.9$$

$$AD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - P_i| \quad 5.10$$

onde:

$i$  = intervalo de tempo;

$O_i$  = vazão observada no mês  $i$  ( $m^3 \cdot s^{-1}$ );

$n$  = número de observações;

$\bar{O}$  = média aritmética das vazões observadas ( $m^3 \cdot s^{-1}$ );

$P_i$  = vazão estimada no mês  $i$  ( $m^3 \cdot s^{-1}$ );

$\bar{P}$  = média aritmética das vazões estimadas ( $m^3 \cdot s^{-1}$ );

## 5.2. Área Irrigada em Projeções Futuras

A metodologia para a estimativa da área orizícola irrigada na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em projeções futuras foi baseada numa equação de tendência ajustada a dados históricos de área cultivada na Região, tendo como restrição a área disponível e apta para a

atividade na Bacia. Os horizontes de projeção adotados são os mesmos estabelecidos no Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (Ecoplan, 2005b), ou seja, 4 e 12 anos<sup>6</sup>.

#### 5.2.1. Área Disponível e Apta para a Orizicultura Irrigada

A estimativa do limite máximo de crescimento da atividade orizícola na Bacia do Rio Pardo foi baseada na existência de solos e regiões aptas para o desenvolvimento da atividade. A área apta para a orizicultura foi determinada com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento, onde cada fator relevante na análise foi representado em um Plano de Informação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Os fatores considerados na análise espacial foram: declividade, solo, áreas de preservação e uso atual do solo. Assim, cada um destes fatores foi representado por um Plano de Informação e, através de operações booleanas<sup>7</sup> do SIG foram geradas restrições de uso de acordo com os critérios estabelecidos na Tabela 5.5. Num processo de *overlay*<sup>8</sup> obteve-se, por fim, o mapeamento das áreas disponíveis e aptas para o desenvolvimento da atividade orizícola na Bacia.

#### 5.2.2. Projeções da Área Cultivada para 4 e 12 Anos

A segunda etapa do trabalho consistiu na estimativa da evolução da área cultivada com arroz irrigado na Bacia do Rio Pardo. Esta estimativa baseou-se em dados históricos de safras da região obtidos junto ao Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA).

A série histórica utilizada continha a área total cultivada com arroz irrigado nas últimas oito safras (1996/97 a 2003/04), nos cinco municípios que compõem a região orizícola da Bacia (Tabela 5.6).

---

<sup>6</sup> A Lei Estadual nº 10.350 de 30 de dezembro de 1994 no seu Art. 22 estabelece que o Plano **Estadual** de Recursos Hídricos deve ter horizonte de planejamento não inferior a 12 anos. O Art. 26 estabelece que os Planos **de Bacias Hidrográficas** devem ter horizontes de planejamento compatíveis com o horizonte estabelecido no Plano Estadual. No entanto, o Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo iniciou-se em 2004, antes mesmo da existência do Plano Estadual. Neste contexto, o Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (DRH/SEMA) decidiu que os horizontes de planejamento da Bacia deveriam ser de 4 e 12 anos.

<sup>7</sup> Uma operação booleana estabelece restrições a determinadas classes dos Planos de Informações definidas previamente pelo operador, atribuindo valor 0 (nulo = falso) às áreas a serem desconsideradas e 1 (verdadeiro) às áreas sem restrições, que devem ser consideradas nos cruzamentos.

<sup>8</sup> A operação de *overlay* realiza a sobreposição de Planos de Informação gerando o mapeamento das interseções.

TABELA 5.5: Correlação entre as Classes dos Planos de Informação e a Aptidão para a Atividade Orizícola

Plano de Informação	Classes do PI	Restrições
Declividade <sup>1</sup>	Plana (0 – 3%)	Apto
	Suave ondulada (3 – 8%)	Inapto
	Ondulada (8 – 20%)	Inapto
	Forte ondulada (20 – 45%)	Inapto
	Montanhosa (45 – 75%)	Inapto
	Escarpada (> 75%)	Inapto
Solo <sup>2</sup>	TBCH	Inapto
	TRe	Inapto
	PBa	Apto
	PBPa	Apto
	PBPe	Apto
	PEa	Inapto
	PLe	Apto
	Ce	Apto
	Re	Inapto
Áreas de Preservação <sup>3</sup>	Áreas de Preservação Permanente	Inapto
	Unidades de Conservação	Inapto
	Outros	Apto
Uso Atual do Solo <sup>4</sup>	Matas	Apto
	Campo	Apto
	Agricultura	Apto
	Perímetros Urbanos	Inapto
	Corpos d' Água	Inapto

<sup>1</sup>Foram consideradas aptas as declividades de até 3% (1,4°), baseando-se na máxima declividade em que se observaram lavouras de arroz no cenário atual a partir do cruzamento do mapa de uso atual com as declividades do terreno.

<sup>2</sup>Foram considerados aptos os solos com horizonte B textural a uma profundidade de até 100 cm. A descrição das Unidades Taxonômicas foi apresentada no Item 4.3.

<sup>3</sup>Foram consideradas inaptas as Unidades de Conservação da Bacia e as Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos de água (margem de 30 metros para cursos de água de até 10 metros de largura, 50 metros para cursos de 10 a 50 metros, e 100 metros para cursos de 50 a 200 metros de largura) de acordo com a resolução CONAMA 303/2002.

<sup>4</sup>Todos os usos identificados a partir da classificação supervisionada de imagem de satélite (Item 4.2) foram considerados aptos para o desenvolvimento do cultivo de arroz irrigado, com exceção dos perímetros urbanos das sedes municipais da Bacia e dos corpos hídricos.

TABELA 5.6: Área Cultivada com Arroz Irrigado em Oito Safras Consecutivas nos Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Municípios	Safrá							
	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
	Área cultivada com arroz irrigado (ha)							
Candelária	6.000	6.500	7.150	7.700	7.700	7.806	7.905	8.000
Rio Pardo	6.500	7.000	7.500	8.000	9.786	9.994	10.200	10.500
Sta Cruz	1.680	1.680	1.840	1.840	1.840	1.579	1.650	1.650
Vale do Sol	1.100	1.100	1.177	1.177	1.177	991	1.041	1.166
Vera Cruz	500	500	535	535	535	1.135	1.135	1.220
Total	15.780	16.780	18.202	19.252	21.038	21.505	21.931	22.316

(Fonte: IRGA – dados de safra)

A partir dos dados da tabela anterior e considerando o percentual de participação da área orizícola de cada município na Bacia foi determinada a área cultivada em cada safra (Tabela 5.7).

TABELA 5.7: Área Cultivada com Arroz Irrigado em Oito Safras Consecutivas nas Áreas Municipais Inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Municípios	Área orizícola na Bacia (%) <sup>1</sup>	Safras							
		96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
Área cultivada com arroz irrigado (ha)									
Candelária	44,44	2.629	2.848	3.132	3.373	3.373	3.420	3.463	3.555
Rio Pardo	15,68	1.020	1.098	1.176	1.255	1.535	1.568	1.600	1.647
Sta Cruz	51,09	831	831	910	910	910	781	816	843
Vale do Sol	100,00	1.100	1.100	1.177	1.177	1.177	991	1.041	1.166
Vera Cruz	100,00	500	500	535	535	535	1.135	1.135	1.220
Total na Bacia	--	6.079	6.377	6.931	7.250	7.531	7.894	8.055	8.431

<sup>1</sup>Percentual obtido a partir da imagem classificada de jan/2002 (Item 4.2) cruzada com as áreas municipais internas à Bacia e calibradas de acordo com os dados da safra 2001/2002 do IRGA.

Aos valores totais cultivados observados na Bacia foi ajustada uma equação e, com ela, estimadas as áreas cultivadas projetadas para os horizontes de 4 e 12 anos (safras 2008/2009 e 2016/2017).

### 5.3. Cenários Futuros de Demanda Hídrica para a Irrigação

Dentro da área orizícola projetada na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo para os horizontes de 4 e 12 anos, que correspondem, respectivamente, às safras de 2008/2009 e 2016/2017, foram estabelecidos dois cenários distintos de demanda hídrica. Estes cenários são caracterizados por diferentes combinações tecnológicas relacionadas com o manejo das lavouras de arroz que, quando integradas, implicam em diferentes demandas hídricas para a irrigação.

De acordo com IRGA (2006), dados da safra 2004/2005 mostram que cerca de 60% das lavouras dos municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo são sistematizadas, sendo esta sistematização caracterizada, entre outras coisas, pela inexistência de diferença de nível entre as taipas que circundam os quadros das lavouras. A SOSBAI (2005) denomina esta forma de adequação do terreno de sistematização em nível. Dentro deste percentual sistematizado, em 55% são utilizados sistemas de semeadura em solo inundado – incluindo, neste caso, os sistemas mix e pré-germinado – e em 5%, sistemas de semeadura em solo seco (convencional, mínimo ou plantio direto). As lavouras não sistematizadas somam cerca de 40% e nelas são utilizados somente sistemas de semeadura em solo seco.

Apesar destes percentuais gerais, pode-se verificar a existência de duas áreas orizícolas bastante distintas na Bacia do Rio Pardo. Na porção central (municípios de Vera Cruz, Vale do Sol e Santa Cruz do Sul) são encontradas lavouras de pequenas dimensões caracterizadas, quase que integralmente, pela organização do terreno em nível, com o predomínio do sistema de semeadura pré-germinado. Nos municípios de Candelária, e,

principalmente no município de Rio Pardo, são encontradas lavouras maiores, com predominância dos sistemas de semeadura em solo seco e um percentual de áreas sistematizadas inferior ao restante da Bacia.

Com relação às cultivares de arroz, Andrade & Rabuski (2005) afirmam que 50% dos produtores da Região utilizam variedades de ciclo longo (136 a 150 dias), 30%, de ciclo médio (121 a 135 dias) e apenas 20%, ciclo precoce (106 a 120 dias). As cultivares preferencialmente utilizadas são a EPAGRI 108 (ciclo longo), BR IRGA 409, BRS 7 “TAIM”, BR IRGA 410, EL PASO L 144 e QUALIMAX 1 (ciclo médio) e IRGA 417, IRGA 419, IRGA 420 e IRGA 418 (ciclo precoce).

Partindo da configuração dos sistemas de produção<sup>9</sup> no cenário atual (safra 2003/2004), os cenários futuros foram estabelecidos seguindo as tendências apontadas por técnicos e produtores de arroz da Bacia do Rio Pardo, conforme descrito a seguir. O cenário atual pode ser conferido nas Tabelas 5.8 e 5.9.

TABELA 5.8: Participação Percentual dos Sistemas de Produção no Cenário Atual (safra 2003/2004) dos Municípios Pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Municípios	Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo inundado (%)			Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo seco (%)			Áreas não sistematizadas e semeadura em solo seco (%)		
	Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo
Candelária	8,5	12,8	21,3	1,4	2,1	3,5	10,1	15,2	25,3
Rio Pardo	6,8	10,2	17,0	1,5	2,3	3,9	11,7	17,5	29,2
Santa Cruz	15,8	23,7	39,5	2,1	3,2	5,3	2,1	3,2	5,3
Vale do Sol	12,8	19,2	32,1	1,2	1,7	2,9	6,0	9,0	15,1
Vera Cruz	11,3	16,9	28,2	0,0	0,0	0,0	8,7	13,1	21,9
Total nos Municípios	11,0	16,6	27,6	1,2	1,9	3,1	7,7	11,6	19,3
		55,2			6,2			38,6	

(Fonte: adaptado dos dados da safra 2003/2004 - IRGA)

TABELA 5.9: Participação dos Sistemas de Produção nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Cenário Atual (safra 2003/2004)

UE <sup>1</sup>	Área Total Cultivada (ha)	Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo inundado (ha)			Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo seco (ha)			Áreas não sistematizadas e semeadura em solo seco (ha)		
		Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo
An	185,0	20,9	31,4	52,3	0,0	0,0	0,0	16,1	24,1	40,2
APb	5,0	0,6	1,0	1,6	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8
BPb	638,0	81,2	121,8	203,0	0,0	0,0	0,0	46,4	69,6	116,0
BPi	880,2	133,4	200,1	333,5	11,5	17,3	28,9	31,1	46,6	77,7
BPo	1.309,3	129,4	194,1	323,5	0,0	0,0	0,0	132,5	198,7	331,2
MPi	141,0	22,0	33,0	55,0	2,7	4,0	6,7	3,5	5,3	8,9
MPo	92,0	11,9	17,8	29,7	1,0	1,5	2,4	5,5	8,3	13,8
SMPo	5.181,0	435,2	652,8	1.088,0	62,2	93,3	155,4	538,8	808,2	1.347,1
Bacia	8.431,5	834,6	1.252,0	2.086,6	77,4	116,1	193,5	774,2	1.161,4	1.935,6
Bacia - %	100	9,9	14,8	24,7	0,9	1,4	2,3	9,2	13,8	23,0
			49,5			4,6			45,9	

<sup>1</sup>Divisão proposta pelo Comitê Pardo para os estudos referentes ao Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, conforme explicado no Item 4.5.

<sup>9</sup> Entende-se por sistema de produção, nesta dissertação, cada arranjo combinado de forma de adequação do terreno da lavoura, tamanho do ciclo da cultivar e condição de semeadura das sementes de arroz.

### 5.3.1. Tendencial

A distribuição percentual dos sistemas de produção na área total cultivada nas safras de 2008/2009 (4 anos) e de 2016/2017 (12 anos) no cenário Tendencial foi realizada conforme o cenário atual (safra 2003/2004), modificado por suposições de técnicos do Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA) e produtores de arroz atuantes na Região, de acordo com as tendências por eles previstas, levantadas em uma consulta realizada em julho de 2005 no Núcleo de Assistência Técnica do IRGA de Rio Pardo.

De acordo com a consulta realizada, puderam ser levantadas as seguintes tendências para os próximos anos:

- a) Diminuição do percentual de produção de arroz com sistemas de semeadura em solo inundado (pré-germinado e mix):

Esta tendência é atribuída ao Sistema de Produção Clearfield<sup>10</sup> (CLEARFIELD, 2004), desenvolvido pelo IRGA em parceria com a BASF, e que tem por objetivos disponibilizar aos produtores um conjunto de tecnologias para controle eficiente do arroz vermelho, principal invasora da cultura, responsável por reduções de até 20% no rendimento de grãos. O Sistema preconiza a utilização de sementes da cultivar IRGA 422 CL e do herbicida Only (da BASF). A cultivar IRGA 422 CL foi produzida com genes de tolerância ao herbicida Only, que controla o arroz vermelho. O Sistema de Produção Clearfield surgiu como uma ferramenta alternativa de controle da invasora, muito mais eficiente que outros métodos disponíveis, os quais oferecem maior risco ambiental ou maiores custos de produção, como a rotação de culturas e os sistemas de semeadura em solo inundado, como o pré-germinado (CLEARFIELD, 2004).

A tendência de substituição da semeadura em solo inundado por semeadura em solo seco já pôde ser constatada na safra 2004/2005, onde se verificou a adoção da semeadura em solo seco em áreas que anteriormente haviam sido sistematizadas para implantação do pré-germinado; no entanto, a principal causa para esta substituição, até então, eram os altos custos associados com mão-de-obra e manutenção de máquinas nos sistemas de semeadura em solo inundado.

---

<sup>10</sup> O sistema Clearfield de produção de arroz consiste no uso de cultivares portadoras de genes que conferem resistência a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, através de mutação induzida. Atualmente, as cultivares recomendadas para uso neste sistema são a IRGA 422 CL e TUNO CL e Only® é o herbicida registrado e recomendado para a aplicação nestas lavouras (SOSBAI, 2005).

Para Andrade & Rabuski (2005) pode-se considerar que a diminuição dos sistemas de semeadura em solo inundado dar-se-á de forma linear ao longo das safras, a uma taxa de 5% ao ano, chegando a um patamar de 20% da área total. Este percentual representa a parcela de produtores que têm obtido altas produtividades e grande sucesso com os sistemas de semeadura em solo inundado, em especial o pré-germinado. Por este motivo, estes produtores têm grande probabilidade de permanecer utilizando estes sistemas de cultivo nos próximos anos.

b) Aumento de áreas sistematizadas em nível:

Mesmo sem o intuito de utilizar os sistemas de cultivo de semeadura em solo inundado, é previsto o aumento da sistematização das lavouras de arroz da Região. Até há algumas safras atrás, a grande maioria dos orizicultores sistematizavam suas terras unicamente para a utilização do pré-germinado cuja principal vantagem é o controle mais eficiente de plantas daninhas. Porém, muitos produtores estão se conscientizando cada vez mais das melhorias sucedidas quando a área é sistematizada, mesmo para o estabelecimento de um sistema de semeadura em solo seco. Estas melhorias constituem, entre outras, em condições mais favoráveis para a semeadura, aplicação de defensivos e adubos e economia de água. A taxa de aumento de áreas sistematizadas sugerida é de 2% ao ano.

Quanto à sistematização em desnível, acredita-se muito pouco no investimento dos orizicultores nesta forma de adequação, pois as vantagens da sistematização em nível são maiores, devido à maior facilidade de manejo das lavouras, e porque os custos de implantação de ambos são similares. Além disso, a região em estudo possui extensas áreas com topografia adequada à sistematização em nível (ANDRADE & RABUSKI, 2005).

c) Substituição de cultivares de ciclo longo por cultivares de ciclo precoce:

Num horizonte próximo, a tendência é a utilização cada vez maior de cultivares de ciclo precoce, como IRGA 417, IRGA 419, IRGA 420, IRGA 418 e, principalmente, IRGA 422 CL. Hoje, cerca de 20% das lavouras da Região utilizam cultivares precoces, no entanto, com o lançamento da IRGA 422 CL acredita-se que este percentual possa dar um salto nas próximas safras e subir para 50%. Cultivares de ciclo médio (BR IRGA 409, BRS 7 “TAIM”, BR IRGA 410, EL PASO L 144 e QUALIMAX 1) continuarão na faixa de 30%; as de ciclo longo (EPAGRI 108 e EPAGRI 109), substituídas por cultivares precoces, diminuirão para cerca de 20%.

Neste sentido, para o horizonte de 4 anos, foram considerados cenários com 50% de cultivares precoce, 30% de cultivares de ciclo médio e 20% de ciclo longo. Na projeção de 12 anos, considerou-se uma distribuição muito similar, apenas com menor percentual de ciclo longo (10%) e maior de ciclo médio (40%). Acredita-se que, nos próximos anos, cultivares de ciclo médio poderão ser utilizadas também no sistema Clearfield, devido ao melhoramento genético de variedades existentes.

A equação básica para aplicação das taxas de crescimento/decaimento sobre os percentuais atuais está mostrada abaixo:

$$VF = VP \times (1 + m)^n \quad 5.11$$

onde:

VF = valor futuro (%);

VP = valor presente (%);

m = taxa (%);

n = tempo (anos).

### 5.3.2. Otimista

Um cenário alternativo foi estabelecido considerando-se mudanças acentuadas nos padrões tecnológicos de manejo das lavouras de arroz irrigado. Este cenário, denominado ‘cenário Otimista’, foi fundamentado nos efeitos de programas existentes que priorizam práticas de manejo que visam o aumento da produtividade e, ao mesmo tempo, determinam reduções no uso da água. Desta forma, consideraram-se, especialmente, os efeitos promovidos através da implementação do Projeto 10 (“Estratégias e Manejo para Aumento de Produtividade, Competitividade e Sustentabilidade da Lavoura de Arroz do Rio Grande do Sul”) e do Sistema de Produção Clearfield, ambos integrantes do Programa Arroz RS (IRGA, 2004a), lançado em 2003 pelo governo do Estado do Rio Grande do Sul.

O Projeto 10 (IRGA, 2004b), desenvolvido pelo Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), tem por objetivos aumentar a produtividade média das lavouras do Estado em uma tonelada por hectare num prazo de 4 anos, reduzir o custo de produção e o impacto ambiental e melhorar a qualidade do produto. O Projeto é baseado na transferência de tecnologia entre produtores e órgãos de pesquisa. Entre as estratégias promovidas, está o adequado manejo da

água e a sistematização de lavouras. Segundo o Projeto 10, a sistematização das áreas de solos de várzea é um fator importante na mudança do padrão tecnológico da lavoura de arroz, pois permite melhor planejamento dos sistemas de irrigação e drenagem, melhor aproveitamento da área útil da lavoura, melhor condição de implantação e desenvolvimento da cultura e manutenção de lâmina de água mais baixa e mais uniforme, resultado em economia de água.

Desta forma, os cenários otimistas das projeções de 4 e 12 anos foram estabelecidos considerando a taxa de crescimento de 5% ao ano nas áreas sistematizadas em nível em relação ao cenário atual e uso de 100% da área com cultivares precoces, que possuem ciclo de menor duração e, conseqüentemente, menor consumo de água durante a safra. Neste cenário alternativo, o sistema de semeadura em solo inundado foi considerado da mesma forma feita no caso do cenário Tendencial, ou seja, diminuindo à taxa de 5% ao ano, porém, nunca baixando para aquém de 20%, parcela que representa produtores que já implantaram o sistema e que estão satisfeitos com os bons resultados.

É interessante ressaltar que os cenários caracterizados anteriormente foram determinados junto com o Comitê Pardo, o Núcleo de Assistência Técnica do IRGA e a Associação dos Arrozeiros de Rio Pardo, retratando com fidelidade a realidade da orizicultura da Bacia, sendo, inclusive utilizados como subsídio para elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. É importante destacar também que estas tendências não podem ser generalizadas para o restante do Estado, visto que elas estão associadas a características locais da Bacia, especialmente sócio-culturais, que são bastante divergentes do restante do Estado, especialmente da Fronteira Oeste. Para Silva (2006), contrariando a tendência levantada para a Bacia do Rio Pardo, a tendência geral é de que os sistemas de semeadura em solo inundado aumentem no Rio Grande do Sul, especialmente associados ao Sistema Clearfield, para combater com maior eficiência o arroz vermelho, além de outros benefícios.

#### ***5.4. Demanda Hídrica dos Cenários Atual e Futuros***

As demandas hídricas consuntivas relevantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo referem-se ao abastecimento humano, à dessedentação animal, ao uso industrial e à irrigação de arroz. A demanda hídrica para irrigação é a de maior expressividade na Bacia, sendo que a cultura de maior destaque neste contexto, principalmente pela quantidade de água exigida, é o arroz. Identificam-se, ainda, outras lavouras irrigadas com demandas hídricas de menor magnitude, constituídas basicamente de fumo, soja, milho, horticultura e fruticultura que, juntas, respondem por menos de 0,6% do volume total demandado (ECOPLAN, 1997). Por este motivo, estas demandas foram desconsideradas neste trabalho.

O objetivo deste item é apresentar apenas a metodologia proposta para determinação das demandas hídricas para irrigação de arroz, uma vez que as estimativas para os demais setores usuários citados foram realizadas, para o cenário atual por Ecoplan (2005a) e para os cenários futuros por Ecoplan (2005b), tendo seus resultados aprovados pelo Comitê Pardo. Julgaram-se, desta forma, os resultados existentes oportunos e adequados para utilização no presente estudo. Os mesmos, no entanto, serão apresentados posteriormente no Item 6.4, juntamente com os resultados da metodologia ora apresentada, que tratará apenas da demanda para irrigação de arroz.

A metodologia para estimativa da demanda hídrica para irrigação está baseada no modelo matemático proposto por Fietz et al. (1986), Fietz (1987) e Beltrame & Louzada (1991), o qual foi adaptado a um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Neste caso, o SIG utilizado foi o *software* Spring 4.2 (INPE, 1996). O modelo proposto estima a necessidade de água na irrigação por inundação por intermédio de um balanço de volumes. A equação que representa este balanço é apresentada a seguir.

$$I = ET_m + S_s + L_s + F_l + P_p \quad 5.12$$

sendo:

$I$  = lâmina de irrigação (L);

$ET_m$  = evapotranspiração do arroz (L);

$S_s$  = saturação do perfil do solo (L);

$L_s$  = lâmina superficial (L);

$F_l$  : fluxo lateral (L);

$P_p$  : percolação profunda (L).

O modelo não considera a precipitação pluvial e eventuais perdas na condução entre o ponto de captação e a entrada da área irrigada.

Em virtude de ser composto por variáveis espaciais, integrou-se o modelo a um Sistema de Informações Geográficas onde cada termo da Equação 5.12 foi representado em um Plano de Informação numérico (grade numérica) do *software* Spring 4.2, permitindo, desta forma, o aproveitamento espacial das inúmeras combinações possíveis entre as demandas referentes a

cada um dos fatores. Assim, para cada cenário estabelecido na Bacia, foi calculada a demanda hídrica através da soma algébrica das grades numéricas dos Planos de Informação representantes dos fatores da equação do modelo. O intervalo de cálculo das demandas adotado foi o decêndio.

Os sub-itens que seguem expõem cada termo separadamente e explicam como os mesmos foram representados e calculados no SIG.

#### 5.4.1. Evapotranspiração

A demanda evapotranspirativa decendial média da cultura do arroz foi calculada através da Equação 5.3, apresentada no Item 5.1. A evapotranspiração de referência foi obtida a partir da expressão de Doorenbos & Pruitt (1976) representada pela Equação 5.4. O Anexo A3 apresenta as tabelas com as médias dos valores decendiais medidos do Tanque Classe A das estações selecionadas e a evapotranspiração de referência calculada. São apresentados apenas os valores para os meses relevantes nos estudos desta dissertação (meses de irrigação = outubro a fevereiro).

#### *Coefficiente de Cultura ( $K_c$ )*

Na Tabela 5.10 são apresentados os valores do coeficiente de cultura para os diferentes períodos de desenvolvimento da cultura do arroz, segundo Fietz (1987).

TABELA 5.10: Coeficiente de Cultura do Arroz em Distintos Períodos de Desenvolvimento em Cachoeirinha (RS)

Período	Descrição	Duração (dias)	$K_c$
Vegetativo	Emergência - DPF <sup>1</sup>	52	1,6
Reprodutivo (1)	DPF <sup>1</sup> – Floração	24	2,1
Reprodutivo (2)	Floração – Maturação	40	1,4

<sup>1</sup>DPF = Diferenciação do primórdio floral  
(Fonte: FIETZ, 1987)

Os períodos de semeadura dos diferentes sistemas de produção foram considerados conforme mostrado na Tabela 5.11. A Tabela 5.12 apresenta a forma como os coeficientes foram adaptados à duração total do ciclo das cultivares consideradas.

TABELA 5.11: Período de Semeadura Considerados nos Diferentes Sistemas de Produção

Sistema de Produção <sup>1</sup>	Descrição	Decêndio em que ocorre a semeadura
SN-SSI-P	Sistematização em nível, semeadura em solo inundado, ciclo precoce	Terceiro decêndio de outubro (out/03)
SN-SSI-M	Sistematização em nível, semeadura em solo inundado, ciclo médio	Segundo decêndio de outubro (out/02)
SN-SSI-L	Sistematização em nível, semeadura em solo inundado, ciclo longo	Primeiro decêndio de outubro (out/01)
SN-SSS-P	Sistematização em nível, semeadura em solo seco, ciclo precoce	Primeiro decêndio de novembro (nov/01)
SN-SSS-M	Sistematização em nível, semeadura em solo seco, ciclo médio	Terceiro decêndio de outubro (out/03)
SN-SSS-L	Sistematização em nível, semeadura em solo seco, ciclo longo	Segundo decêndio de outubro (out/02)
N-SSS-P	Não sistematizado, semeadura em solo seco, ciclo precoce	Primeiro decêndio de novembro (nov/01)
N-SSS-M	Não sistematizado, semeadura em solo seco, ciclo médio	Terceiro decêndio de outubro (out/03)
N-SSS-L	Não sistematizado, semeadura em solo seco, ciclo longo	Segundo decêndio de outubro (out/02)

<sup>1</sup>Sistema de Produção = combinação entre tipo de adequação do terreno (sistematizado ou não sistematizado), ciclo de desenvolvimento da cultivar (precoce, médio ou longo) e condição de semeadura (solo seco ou solo inundado).

TABELA 5.12: Coeficientes de Cultura do Arroz Utilizados nos Diferentes Decêndios da Simulação de Acordo com o Ciclo de Desenvolvimento, Sistematização do Solo e Condições de Semeadura

Mês	outubro			novembro			dezembro			janeiro			fevereiro			Dias de irrigação
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	
Decêndio	Sistema <sup>1</sup>															
	Coeficientes de Cultura (K <sub>c</sub> )															
SN-SSI-P	-	0	0	1,6	1,6	1,6	1,6	2,1	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	-	-	102
SN-SSI-M	-	0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	2,1	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	-	-	123
SN-SSI-L	-	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	2,1	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	-	-	133
SN-SSS-P	-	0	0	0	1,6	1,6	1,6	2,1	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	-	-	92
SN-SSS-M	-	0	0	1,6	1,6	1,6	1,6	2,1	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	-	-	102
SN-SSS-L	-	0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	2,1	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	-	-	113
N-SSS-P	-	0	0	0	1,6	1,6	1,6	2,1	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	-	-	92
N-SSS-M	-	0	0	1,6	1,6	1,6	1,6	2,1	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	-	-	102
N-SSS-L	-	0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	2,1	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	-	-	113

<sup>1</sup>Sistema = combinação entre tipo de adequação do terreno (sistematizado ou não sistematizado), ciclo de desenvolvimento da cultivar (precoce, médio ou longo) e condição de semeadura (solo seco ou solo inundado), de acordo com a terminologia que segue: SN = lavoura sistematizada em nível / N = lavoura não sistematizada / SSI = semeadura em solo inundado / SSS = semeadura em solo seco / P = cultivar de ciclo precoce / M = cultivar de ciclo médio / L = cultivar de ciclo longo

### Representação no SIG

Foram criados 12 Planos de Informação (PI's) numéricos representantes da variável evapotranspiração de referência, um para cada decêndio do período (2° decêndio de outubro ao 1° decêndio de fevereiro), e 12 PI's numéricos representantes dos coeficientes de cultura, da mesma forma, um por decêndio. É importante ressaltar que para cada cenário estabelecido (Atual, Tendencial – 4 anos, Tendencial – 12 anos, Otimista – 4 anos e Otimista – 12 anos) foram criados 12 PI's diferentes de coeficiente de cultura, pois os mesmos diferem quanto às proporções de cada sistema de produção.

Optou-se pela utilização do método dos Polígonos de Thiesen para a determinação da área de influência de cada posto meteorológico considerado no modelo (estações Herveiras, Candelária, Rio Pardo e Sinimbu). A partir do georreferenciamento das estações no SIG, foram traçados os polígonos em um Plano de Informação temático (Figura 5.4, apresentada no Item 5.1). Este PI foi, então, transformado em 12 grades numéricas (uma por decêndio)

através da rotina de ponderação dos Polígonos de Thiesen, onde se atribuiu a cada polígono o seu correspondente valor decendial de evapotranspiração de referência.

Da mesma forma, partindo-se dos Planos de Informação temáticos representantes dos sistemas de produção de arroz<sup>11</sup> de cada cenário estabelecido na Bacia, foram geradas, através da rotina de ponderação do SIG, 60 grades numéricas (12 grades para cada cenário) com os valores decendiais dos coeficientes de cultura, de acordo com a correlação apresentada anteriormente, na Tabela 5.12.

O cálculo da demanda evapotranspirativa procedeu-se através da multiplicação das grades de evapotranspiração de referência e de coeficiente de cultura, conforme a expressão da Equação 5.13. Nas condições do manejo adotado nas lavouras de arroz irrigado, onde a cultura está sempre bem suprida de água, a evapotranspiração potencial corresponde à evapotranspiração real.

$$(ET_m)_i = (ET_0)_i \times (K_c)_i \quad 5.13$$

sendo:

$(ET_m)_i$  = demanda evapotranspirativa do decêndio i (mm);

$(ET_0)_i$  = evapotranspiração de referência do decêndio i (mm);

$(K_c)_i$  = coeficiente da cultura do arroz irrigado do decêndio i (adimensional).

Esta operação foi realizada por intermédio da Linguagem Espacial Geográfica Algébrica (LEGAL) do Spring.

Desta forma, obtiveram-se 12 Planos de Informação numéricos de demanda evapotranspirativa ( $ET_m$ ) para cada cenário de demanda hídrica estabelecido (Atual, Tendencial - 4 anos, Tendencial - 12 anos, Otimista - 4 anos e Otimista - 12 anos), totalizando 60 PI's.

#### 5.4.2. Saturação do Perfil do Solo

A estimativa da demanda hídrica para a saturação do perfil do solo partiu da necessidade de determinação de dois atributos físicos dos solos da Região: porosidade e profundidade da camada impermeável (ou do lençol freático). Além disso, foi necessário

---

<sup>11</sup> Entende-se por sistema de produção, neste documento, cada arranjo combinado de forma de adequação do terreno da lavoura, tamanho do ciclo da cultivar e condição de semeadura das sementes de arroz.

admitir uma condição inicial de umidade no solo. A expressão para o cálculo da demanda para a saturação do solo é dada, conforme o modelo proposto, por:

$$S_s = (P_s - \theta_i) \times \text{prof} \quad 5.14$$

sendo:

$P_s$  = porosidade do solo (adimensional);

$\theta_i$  = umidade volumétrica imediatamente anterior ao início da irrigação (adimensional);

prof = profundidade do solo até a camada impermeável ou lençol freático (L).

#### *Profundidade do Solo (prof)*

A determinação da profundidade de saturação do solo foi baseada em dados pedológicos secundários obtidos em trabalhos de campo (Tabela 5.13). Estes dados são resultado de ensaios realizados em 1997, ocasião na qual foram levantadas informações referentes à descrição morfológica dos perfis de solo das principais unidades taxonômicas que ocorrem na Bacia do Rio Pardo, coletadas amostras para as análises de densidade de partículas e de densidade do solo, curva de retenção e feitos ensaios de infiltração.

TABELA 5.13: Características Morfológicas Consideradas na Determinação da Profundidade do Solo para a Estimativa da Necessidade Hídrica para a Saturação

Unidade Taxonômica	Profundidade dos Horizontes (cm)	Relevo	Drenagem	Altitude (m)
TBCHa	A: 0-30 / AB: 30-50 / BA: 50-75 / Bt: 75-100+	Ondulado-Forte ondulado	Bem drenado	500
TRe	A: 0-30 / AB: 30-70 / BA: 70-110 / Bt: 110+	Ondulado	Bem drenado	200
PBa	A: 0-25 / Bt1: 25-50 / Bt2: 50-80+	Ondulado	Bem drenado	600
PBPa	A: 0-20 / Bt1: 20-60 / Bt2: 60-100+	Suave ondulado	Imperfeitamente drenado	100
PBPe	A: 0-30 / Bt1: 30-60 / Bt2: 60-90+	Suave ondulado	Imperfeitamente drenado	100
PEa	A: 0-30 / AB: 30-60 / BA: 60-100 / Bt: 100+	Suave ondulado	Bem drenado	150
PLe	A: 0-20 / AE: 20-50 / E: 50-60 / Bt: 60-100+	Suave ondulado	Mal drenado	150
Ce	A: 0-20 / AB: 20-50 / BA: 50-80 / Bt: 80+	Plano	Moderadamente drenado	100
Re	A: 0-30 / B: 30-80 / R: 80+	Montanhoso	Bem drenado	300

(Fonte: adaptado de ECOPLAN, 1997)

As considerações das características morfológicas apresentadas na tabela anterior na determinação da profundidade dos solos se deram da seguinte forma:

- a) *Solos de várzea com horizonte B textural a mais de 50 cm de profundidade:* localizados na porção baixa da Bacia, em altitudes que variam de 100 a 150 metros, estes solos possuem lençol freático bastante superficial (cerca de 50 cm), o que, independente da textura dos horizontes do perfil, atua como uma camada de impedimento à percolação hídrica vertical. É o caso das unidades taxonômicas PLe, Ce e algumas unidades de mapeamento da unidade taxonômica PEa.
- b) *Solos de várzea com horizonte B textural a menos de 50 cm de profundidade:* também em altitudes que variam de 100 a 150 metros, estes solos se caracterizam pela localização do horizonte B textural muito superficialmente, a menos de 50 cm. Neste caso, assumiu-se a profundidade deste horizonte como a camada impermeável. É o caso das unidades taxonômicas PBPa, PBPe e PBa.
- c) *Solos da porção médio-alta da Bacia, sobre relevos suave ondulado, ondulado ou forte ondulado:* para estes solos admitiu-se o horizonte B textural como a camada de impedimento à percolação hídrica vertical. Este é o caso das unidades taxonômicas TBCHa, TRe e algumas unidades de mapeamento da unidade taxonômica PEa.
- d) *Solos rasos da porção média da Bacia:* caracterizados pelo baixo grau de intemperismo e relevo montanhoso, estes solos apresentam baixa profundidade, com ocorrência de rocha dura (horizonte R) sob os horizontes superficiais (A, E ou B). Neste caso, adotou-se a profundidade do horizonte R como a camada impermeável; esta situação ocorre apenas na unidade taxonômica Re.

#### *Porosidade do Solo ( $P_s$ )*

A partir dos dados de campo levantados nos estudos de 1997 (Tabela 5.14), a porosidade dos solos foi calculada mediante a seguinte relação:

$$P_s = \frac{D_p - D_s}{D_p} \quad 5.15$$

onde:

$P_s$  = porosidade do solo (adimensional);

$D_p$  = densidade de partículas ( $M.L^{-3}$ );

$D_s$  = densidade do solo ( $M.L^{-3}$ ).

TABELA 5.14: Características Físicas Consideradas na Determinação da Porosidade dos Solos para a Estimativa da Necessidade Hídrica para a Saturação

Unidade Taxonômica	Densidade de Partículas <sup>1</sup> (Kg.m <sup>-3</sup> )	Densidade do Solo <sup>1</sup> (Kg.m <sup>-3</sup> )
TBCHa	2,38	1,26
TRe	2,44	1,16
PBa	2,59	1,42
PBPa	2,45	1,27
PBPe	2,40	1,29
PEa	2,53	1,31
PLe	2,44	1,36
Ce	2,42	1,28
Re	2,40	1,30

<sup>1</sup>Valores médios dos horizontes situados acima da camada de impedimento considerada (horizonte B textural ou lençol freático)

(Fonte: adaptado de ECOPLAN, 1997)

#### *Umidade Inicial ( $\theta_i$ )*

O solo foi considerado inicialmente saturado (umidade inicial = porosidade do solo) nos Sistemas de Semeadura em Solo Inundado (SSI), uma vez que estas lavouras são preparadas antecipadamente em condições de encharcamento para a formação de lama (situação necessária nos sistemas de semeadura em solo inundado em áreas sistematizadas). Nestes casos, a condição de encharcamento é obtida mediante as chuvas de setembro, sem haver necessidade de utilização das águas dos mananciais hídricos. Este procedimento é muito comum e está de acordo com a realidade do local (ANDRADE & RABUSKI, 2005). Nos Sistemas de Semeadura em Solo Seco (SSS), por outro lado, considerou-se umidade inicial correspondente à umidade na capacidade de campo; a Norma NBR 14144 da ABNT recomenda que seja utilizado o potencial de 0,06 atm como o indicador desta umidade.

#### *Representação no SIG*

A partir de um Plano de Informação temático com a espacialização das unidades de mapeamento ocorrentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo foi realizada uma ponderação de classes, gerando-se dois Planos de Informação numéricos: um com valores de profundidade de saturação, e o outro, com a porosidade dos solos. A Tabela 5.15 apresenta as unidades de mapeamento ocorrentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo e os respectivos valores de profundidade adotados e de porosidade calculados, conforme descrito anteriormente, e utilizados na ponderação das classes.

TABELA 5.15: Profundidade de Saturação e Porosidade dos Solos Adotadas nas Unidades de Mapeamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Unidade	Condicionante <sup>1</sup>	Profundidade (mm)	Porosidade
TBCHa2	Horizonte B textural	750	0,47
TBCHa3	Horizonte B textural	750	0,47
TRe5	Horizonte B textural	1.100	0,52
PBa2	Horizonte B textural	250	0,45
PBPa2	Horizonte B textural	200	0,48
PBPe3	Horizonte B textural	300	0,46
PEa1	Lençol Freático	500	0,48
PEa8	Horizonte B textural	1.000	0,48
PEa9	Horizonte B textural	1.000	0,48
PLe	Lençol Freático	500	0,44
Ce	Lençol Freático	500	0,47
Re	Rocha	800	0,46

<sup>1</sup>Característica admitida como condicionante do impedimento à percolação hídrica profunda e que limita a profundidade efetiva de saturação do solo

A obtenção da grade numérica de umidade inicial necessitou de duas operações subsequentes. Partindo-se do mapeamento das unidades de solo (a) e do mapeamento dos sistemas de produção de cada cenário (b) realizou-se o cruzamento<sup>12</sup> entre (a) e (b), seguido de uma ponderação das classes resultantes do cruzamento, assumindo-se o valor da umidade no potencial matricial de 60 cm como a umidade inicial dos sistemas de semeadura em solo seco, e da porosidade do solo nos sistemas de semeadura em solo inundado.

Ao todo foram gerados 7 Planos de Informação: um de profundidade, um de porosidade e 5 de umidade inicial do solo (um para cada cenário).

Com a utilização da linguagem LEGAL, aplicou-se a Equação 5.14, obtendo-se a necessidade hídrica para a saturação do solo. Esta demanda foi designada apenas ao primeiro decêndio de cada sistema, visto que, uma vez saturado o solo, posteriormente, as demandas predominantes passam a ser a lâmina superficial, a evapotranspiração e o fluxo lateral.

#### 5.4.3. Lâmina Superficial

A demanda hídrica para a formação da lâmina superficial das lavouras foi determinada a partir de informações de técnicos do órgão de pesquisa atuante na Região (IRGA), os quais, por assistirem tecnicamente os produtores da Bacia, possuem informações bastante atualizadas sobre o manejo da água de irrigação. Assim, conforme Andrade & Rabuski (2005), a altura da lâmina de irrigação é função unicamente da forma de adequação do terreno (se sistematizado ou não) sendo que a lâmina em lavouras sistematizadas em nível é mantida a

<sup>12</sup> Cruzamento: operação que consiste na combinação das informações de dois Planos de Informação e que gera um terceiro PI com as informações combinadas das classes dos PI's cruzados.

uma altura uniforme de cerca de 6 cm, enquanto que a lâmina em lavouras não sistematizadas – cujo microrelevo entre as taipas é bastante desuniforme – varia de 4-6 cm nas imediações das taipas de montante a 20-24 cm nas taipas de jusante (média de 12 cm). Nos sistemas de semeadura em solo inundado ainda deve-se considerar a lâmina de semeadura, que é utilizada para a deposição das sementes quando drenada. Segundo Andrade & Rabuski (2005), a altura desta lâmina pode ser considerada de cerca de 5 cm.

### Representação no SIG

Partindo-se dos Planos de Informação com a distribuição espacial dos sistemas de produção, realizaram-se três operações de ponderação de classes: atribuição de valor de 60 mm às áreas sistematizadas em nível (SN); de 120 mm às áreas não sistematizadas (N); e de 50 mm às áreas sistematizadas em nível (referente à lâmina de semeadura). As duas primeiras demandas foram consideradas como demandas do primeiro decêndio de cada ciclo de produção, e a terceira demanda, ao decêndio imediatamente anterior ao decêndio de semeadura das sementes pré-germinadas, de acordo com a Tabela 5.16.

TABELA 5.16: Distribuição da Demanda Hídrica Referente às Lâminas Superficiais

Mês	outubro			novembro			dezembro			janeiro			fevereiro		
	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º
Decêndio															
Sistema <sup>1</sup>	Lâmina de Irrigação <sup>2</sup>														
SN-SSI-P	-	-	L3	L1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN-SSI-M	-	L3	L1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN-SSI-L	L3	L1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN-SSS-P	-	-	-	-	L1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN-SSS-M	-	-	-	L1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN-SSS-L	-	-	L1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N-SSS-P	-	-	-	-	L2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N-SSS-M	-	-	-	L2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N-SSS-L	-	-	L2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup>SN = lavoura sistematizada em nível / N = lavoura não sistematizada / SSI = semeadura em solo inundado / SSS = semeadura em solo seco / P = cultivar de ciclo precoce / M = cultivar de ciclo médio / L = cultivar de ciclo longo

<sup>2</sup>L1 = 60 mm / L2 = 120 mm / L3 = 50 mm

#### 5.4.4. Fluxo Lateral

O cálculo para a determinação da demanda para suprir as perdas pelo fluxo lateral está baseado na Equação de Darcy, que segue:

$$F_1 = A \times K_{sat} \times i \quad 5.16$$

onde:

$$F_1 = \text{fluxo lateral (L}^3\text{.T}^{-1}\text{)};$$

$A$  = seção por onde se dá o fluxo lateral ( $L^2$ );

$K_{sat}$  = condutividade hidráulica saturada ( $L.T^{-1}$ );

$i$  = gradiente hidráulico (adimensional).

Assumiu-se que as perdas laterais se restringem ao fluxo subsuperficial que se dá através de uma seção hipotética do solo, formada pelo produto da sua profundidade efetiva e a extensão linear das taipas circundantes. Desta forma, a Equação 5.16 pode ser reescrita da forma que segue:

$$F_l = \text{per} \times \text{prof} \times K_{sat} \times i \quad 5.17$$

onde:

per = perímetro das taipas circundantes (L);

prof = profundidade da seção do solo (L);

O perímetro das taipas circundantes, por onde ocorre o fluxo lateral, varia de lavoura para lavoura, conforme as condições do terreno. Neste caso optou-se pela utilização da relação perímetro/área, conforme explicado mais adiante.

Desta forma, transformando a equação anterior de forma a se obter o resultado em lâmina de água – como obtido nas demais demandas do modelo – a expressão fica com a seguinte forma:

$$F_l = P_a \times \text{prof} \times K_{sat} \times i \times T \quad 5.18$$

onde:

$F_l$  = fluxo lateral (L);

$P_a$  = relação perímetro/área ( $L.L^{-2}$ );

prof = profundidade da seção do solo (L);

$K_{sat}$  = condutividade hidráulica saturada ( $L.T^{-1}$ );

$i$  = gradiente hidráulico (adimensional);

$T$  = tempo (T) - decêndio.

A seguir, descreve-se a forma de obtenção de cada termo da Equação 5.18.

#### *Relação Perímetro/Área ( $P_a$ )*

Optou-se pela utilização da relação perímetro/área média do Estado do Rio Grande do Sul conforme o Anuário Estatístico de Arroz (1982) apresentada por Fietz (1987). De acordo com o Anuário, o tamanho médio das lavouras do Estado é de 113 ha e o perímetro total de taipas, de cerca de 4.254 m; logo, a relação perímetro/área utilizada foi de  $37,6 \text{ m.ha}^{-1} = 0,0037 \text{ m}^{-1}$  (ou  $\text{m.m}^{-2}$ ).

#### *Profundidade (prof)*

A profundidade do solo foi apresentada na Tabela 5.15, e foi determinada conforme a metodologia apresentada no Item 5.4.2.

#### *Condutividade Hidráulica Saturada ( $K_{sat}$ )*

A condutividade hidráulica saturada foi obtida através dos dados secundários oriundos dos ensaios de infiltração realizados por Ecoplan (1997) conforme apresentados na Tabela 5.17.

TABELA 5.17: Condutividade Hidráulica Saturada das Unidades Taxonômicas dos Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Unidade Taxonômica	Condutividade Hidráulica Saturada <sup>1</sup> (mm.h <sup>-1</sup> )
TBCHa	209,6
TRe	20,0
PBa	18,0
PBPa	35,8
PBPe	183,3
PEa	4,0
PLe	16,0
Ce	29,7
Re	48,1

<sup>1</sup>Infiltração de base obtida dos ensaios realizados com a utilização de cilíndricos concêntricos. Média de 3 ensaios. (Fonte: adaptado de ECOPLAN, 1997)

#### *Gradiente Hidráulico ( $i$ )*

Considerando a inexistência de declividade entre um determinado ponto da base dos taludes (taipas) interior à lavoura e um ponto na base dos taludes exterior à lavoura – o que faz com que o gradiente gravitacional seja nulo – o gradiente hidráulico é dado apenas pelo componente de pressão. A equação do gradiente, portanto, fica da seguinte forma:

$$i = \frac{L_s}{B_t} \quad 5.19$$

onde:

$i$  = gradiente hidráulico (adimensional);

$L_s$  = altura da lâmina superficial (L);

$B_t$  = base da taipa da lavoura (L).

Os valores de lâmina superficial estão relacionados com a forma de adequação do terreno, conforme explicado no Item 5.4.3. Para a sistematização em nível, a lâmina, após estabelecida, possui altura de cerca de 60 mm; em terrenos não sistematizados, por outro lado, a lâmina estabelecida média é de cerca de 120 mm. Assumiu-se a largura média da base dos taludes de 700 mm.

Aplicando a Equação 5.19, o gradiente hidráulico para os sistemas não-sistematizados é de 0,171 e dos sistematizados, de 0,086 para o período posterior ao estabelecimento da lâmina. No decêndio imediatamente anterior ao estabelecimento da mesma, considerou-se a metade da altura da lâmina já estabelecida ( $L_s/2$ ), ou seja, 30 e 60 mm, respectivamente para os casos sistematizados e não sistematizados.

#### *Representação no SIG*

A partir do Plano de Informação pedológico, ponderaram-se as classes de solo com seus respectivos valores de profundidade e de condutividade hidráulica saturada, gerando-se dois Planos numéricos. O PI de sistemas de produção foi ponderado com os valores de gradiente hidráulico, sendo que, para o primeiro decêndio (período que se supõe estar se formando a lâmina), adotou-se o gradiente relativo à metade da lâmina, como explicado no item anterior. Adotando-se  $0,0037 \text{ m}^{-1}$  para o termo  $P_a$ , conforme justificado anteriormente, e, através de operações algébricas em linguagem LEGAL, obteve-se a grade numérica da demanda por fluxo lateral pela seguinte equação:

$$F_1 = (0,0037 \times \text{prof} \times K_{\text{sat}} \times i \times T_i) \times 1000 \quad 5.20$$

onde:

$F_1$  = demanda para o suprimento das perdas por fluxo lateral no decêndio  $i$  (mm);

prof = profundidade da seção do solo (m);

$K_{\text{sat}}$  = condutividade hidráulica saturada ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ );

$i$  = gradiente hidráulico (adimensional);

$T_i$  = tempo – decêndio (s).

O número de grades geradas é igual ao número de decêndios considerados. A Tabela 5.18 apresenta a distribuição da demanda relacionada às perdas por fluxo lateral durante do desenvolvimento da cultura.

TABELA 5.18: Distribuição da Demanda Hídrica para Suprir as Perdas por Fluxo Hídrico Lateral

Mês	outubro			novembro			dezembro			janeiro			fevereiro		
Decêndio	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
Sistema <sup>1</sup>	Ocorrência de Fluxo Lateral <sup>2</sup>														
SN-SSI-P	-	-	-	F <sub>1</sub> *	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	-	-
SN-SSI-M	-	-	F <sub>1</sub> *	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	-	-
SN-SSI-L	-	F <sub>1</sub> *	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	-	-
SN-SSS-P	-	-	-	-	F <sub>1</sub> *	F <sub>1</sub>	-	-							
SN-SSS-M	-	-	-	F <sub>1</sub> *	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	-	-
SN-SSS-L	-	-	F <sub>1</sub> *	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	-	-
N-SSS-P	-	-	-	-	F <sub>1</sub> *	F <sub>1</sub>	-	-							
N-SSS-M	-	-	-	F <sub>1</sub> *	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	-	-
N-SSS-L	-	-	F <sub>1</sub> *	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	-	-

<sup>1</sup>SN = lavoura sistematizada em nível / N = lavoura não sistematizada / SSI = semeadura em solo inundado / SSS = semeadura em solo seco / P = cultivar de ciclo precoce / M = cultivar de ciclo médio / L = cultivar de ciclo longo

$$F_1 = \text{ocorrência de perdas por fluxo lateral considerando gradiente } i = \frac{L_s}{B_t}$$

$$F_1^* = \text{ocorrência de perdas por fluxo lateral considerando gradiente } i = \frac{L_s}{2B_t}$$

#### 5.4.5. Percolação Vertical

De acordo com Cauduro (1996), o percentual referente à demanda para suprir as perdas por percolação vertical é mínimo, da ordem de 0,5%. Louzada (2004) concluiu que as perdas por percolação podem ser desconsideradas em lavouras de arroz irrigado, pois os solos sobre os quais são realizados os cultivos são caracterizados por possuírem lençol freático superficial ou por possuírem camada subsuperficial de impedimento (planossolos), condicionando a ausência de fluxo vertical.

Considerando-se o exposto, as perdas por percolação vertical foram desconsideradas neste modelo. Da mesma forma, a precipitação e eventuais perdas de água na condução (entre o ponto de captação e a entrada da área irrigada) não foram consideradas.

#### 5.4.6. Integração das Demandas

A demanda total decendial para a irrigação de arroz foi calculada a partir da soma de cada um dos seus componentes (Equação 5.12), os quais foram estimados para cada cenário e projeção da Bacia (Atual, Tendencial – 4 Anos, Tendencial – 12 Anos, Otimista – 4 Anos,

Otimista – 12 Anos). Desta forma, estimou-se a vazão – em  $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$  – requerida para o suprimento da demanda para a irrigação em cada cenário e em cada Sub-Unidade de Estudo (Figura 5.7). O intuito desta sub-divisão está relacionado com a identificação pormenorizada das zonas conflitantes da Bacia, através da realização dos balanços hídricos (Itens 5.5 e 6.5), visto que se julgaram as Unidades demasiadamente grandes (em termos de área) para que fosse atribuído um único resultado, representativo da situação de toda a região abrangida por cada uma delas.

### **5.5. Balanço Hídrico nos Cenários Atual e Futuros**

Ao todo, 5 (cinco) balanços hídricos foram realizados para cada uma das 33 Sub-Unidades de Estudo (Figura 5.7). Os balanços consistiram nos confrontos entre as disponibilidades hídricas superficiais com os consumos hídricos futuros nos 5 (cinco) cenários estabelecidos (Atual, Tendencial – 4 anos, Tendencial – 12 anos, Otimista – 4 anos e Otimista – 12 anos). Conforme comentado anteriormente, os consumos consideram que uma parcela da demanda (que não é efetivamente utilizada) retorna aos cursos de água. Assim, nessa situação, considerou-se que esta parcela, também chamada de vazão de retorno, torna-se disponível para ser utilizada, na mesma Sub-Unidade e no mesmo intervalo de tempo (decêndio).

Os balanços hídricos foram realizados confrontando-se as disponibilidades hídricas com 90% de garantia ( $Q_{90\%}$ ) com os consumos hídricos decendiais de cada Unidade/Sub-Unidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. As disponibilidades hídricas de cada uma delas foram estimadas a partir da determinação das disponibilidades dos dois grandes compartimentos da Bacia (sub-bacia do Rio Pardo e sub-bacia do Rio Pardinho), apresentadas no Item 4.7. As vazões destes dois compartimentos foram obtidas pela relação entre a sua área de drenagem e a área de drenagem de duas estações fluviométricas com dados de vazões medidos ('Santa Cruz-Montante', no Rio Pardinho, em Santa Cruz do Sul, código ANEEL 85830000, e 'Candelária', no Rio Pardo, em Candelária, código ANEEL 85740000). Assim, da mesma forma, as vazões nas Unidades/Sub-Unidades foram obtidas mediante a relação de suas áreas de drenagem com a área do compartimento ao qual pertencem (Tabela 5.19).

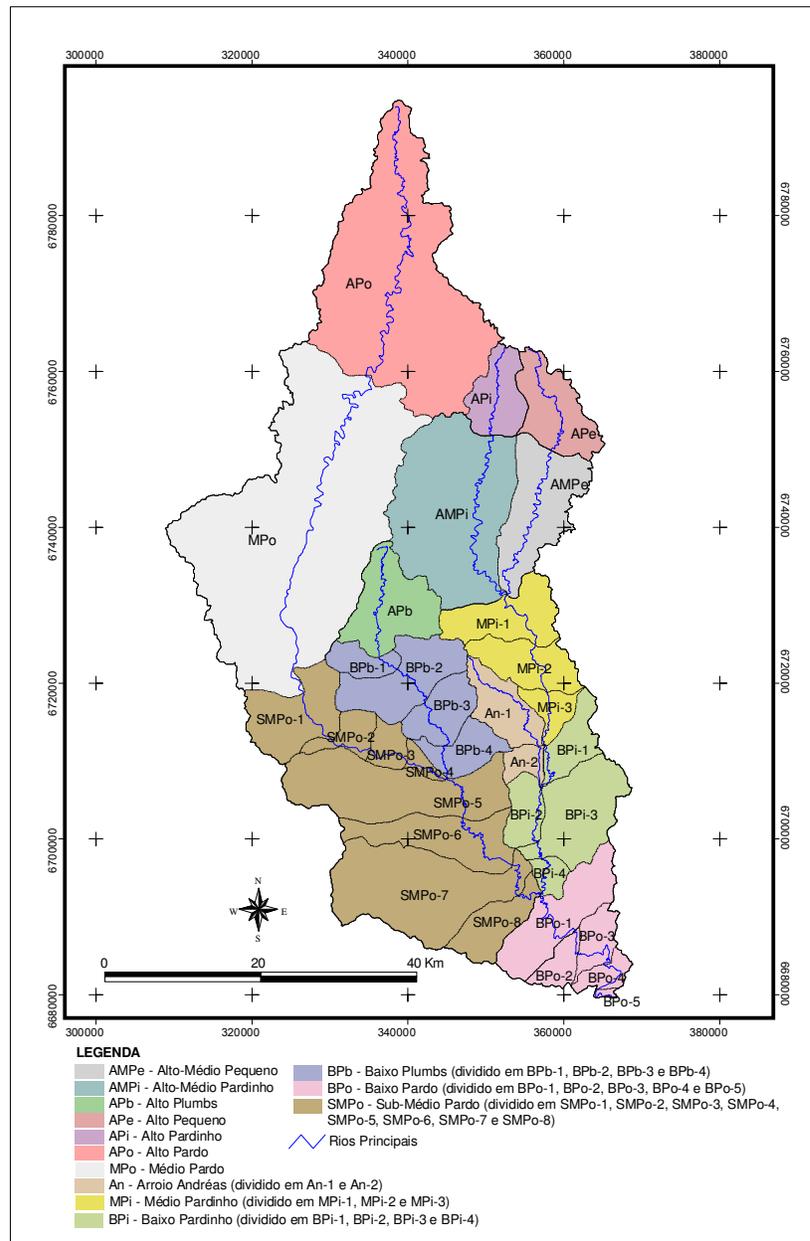


FIGURA 5.7: Sub-Divisão das Unidades de Estudo para Realização dos Balanços Hídricos  
(Fonte: Autor)

É importante ressaltar que os valores apresentados representam praticamente as vazões naturais dos rios nestas seções, visto que as retiradas de água mais significativas (para a irrigação do arroz) encontram-se a jusante dos postos seleccionados.

A Figura 5.8 apresenta a distribuição das Unidades e Sub-Unitades de Estudo por grande compartimento da Bacia.

TABELA 5.19: Disponibilidades Hídricas Mensais ( $Q_{90\%}$ ) nas Unidades e Sub-Unidades de Estudo (vazões não acumuladas)

Unidades e Sub-Unidades de Estudo e Sub-Bacias às quais pertencem	Relação de Áreas	Vazões ( $m^3.s^{-1}$ )												
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
<b>Sub-bacia do Pardo (2.360 km<sup>2</sup>)</b>	<b>1,00</b>	<b>4,77</b>	<b>6,23</b>	<b>4,15</b>	<b>4,05</b>	<b>5,59</b>	<b>7,22</b>	<b>16,01</b>	<b>12,83</b>	<b>10,69</b>	<b>16,54</b>	<b>8,32</b>	<b>3,74</b>	
<i>APo (512 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardo (2.360 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,22</b>	1,05	1,37	0,91	0,89	1,23	1,59	3,52	2,82	2,35	3,64	1,83	0,82
<i>MPo (773 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardo (2.360 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,32</b>	1,53	1,99	1,33	1,30	1,79	2,31	5,12	4,11	3,42	5,29	2,66	1,20
<i>APb (110 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardo (2.360 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,05</b>	0,24	0,31	0,21	0,20	0,28	0,36	0,80	0,64	0,53	0,83	0,42	0,19
<i>BPb (237 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardo (2.360 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,10</b>	0,48	0,62	0,42	0,41	0,56	0,72	1,60	1,28	1,07	1,65	0,83	0,37
BPb-1 (31 km <sup>2</sup> )		<b>0,01</b>	0,05	0,06	0,04	0,04	0,06	0,07	0,16	0,13	0,11	0,17	0,08	0,04
BPb-2 (102 km <sup>2</sup> )		<b>0,04</b>	0,19	0,25	0,17	0,16	0,22	0,29	0,64	0,51	0,43	0,66	0,33	0,15
BPb-3 (57 km <sup>2</sup> )		<b>0,03</b>	0,14	0,19	0,12	0,12	0,17	0,22	0,48	0,38	0,32	0,50	0,25	0,11
BPb-4 (47 km <sup>2</sup> )		<b>0,02</b>	0,10	0,12	0,08	0,08	0,11	0,14	0,32	0,26	0,21	0,33	0,17	0,07
<i>SMPo (728 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardo (2.360 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,31</b>	1,48	1,93	1,29	1,26	1,73	2,24	4,96	3,98	3,31	5,13	2,58	1,16
SMPo-1 (100 km <sup>2</sup> )		<b>0,04</b>	0,19	0,25	0,17	0,16	0,22	0,29	0,64	0,51	0,43	0,66	0,33	0,15
SMPo-2 (31 km <sup>2</sup> )		<b>0,015</b>	0,07	0,09	0,06	0,06	0,08	0,11	0,24	0,19	0,16	0,25	0,12	0,06
SMPo-3 (26 km <sup>2</sup> )		<b>0,01</b>	0,05	0,06	0,04	0,04	0,06	0,07	0,16	0,13	0,11	0,17	0,08	0,04
SMPo-4 (12 km <sup>2</sup> )		<b>0,005</b>	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,08	0,06	0,05	0,08	0,04	0,02
SMPo-5 (188 km <sup>2</sup> )		<b>0,08</b>	0,38	0,50	0,33	0,32	0,45	0,58	1,28	1,03	0,86	1,32	0,67	0,30
SMPo-6 (100 km <sup>2</sup> )		<b>0,04</b>	0,19	0,25	0,17	0,16	0,22	0,29	0,64	0,51	0,43	0,66	0,33	0,15
SMPo-7 (214 km <sup>2</sup> )		<b>0,09</b>	0,43	0,56	0,37	0,36	0,50	0,65	1,44	1,15	0,96	1,49	0,75	0,34
SMPo-8 (57 km <sup>2</sup> )		<b>0,03</b>	0,14	0,19	0,12	0,12	0,17	0,22	0,48	0,38	0,32	0,50	0,25	0,11
<b>Sub-bacia do Pardinho (1.086 km<sup>2</sup>)</b>	<b>1,00</b>	<b>0,64</b>	<b>0,93</b>	<b>0,89</b>	<b>0,87</b>	<b>1,03</b>	<b>3,63</b>	<b>6,91</b>	<b>2,54</b>	<b>6,21</b>	<b>5,94</b>	<b>1,86</b>	<b>1,29</b>	
<i>APi (65 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardinho (1.086 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,06</b>	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,22	0,41	0,15	0,37	0,36	0,11	0,08
<i>AMPi (307 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardinho (1.086 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,28</b>	0,18	0,26	0,25	0,24	0,29	1,02	1,93	0,71	1,74	1,66	0,52	0,36
<i>APe (93 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardinho (1.086 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,09</b>	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09	0,33	0,62	0,23	0,56	0,53	0,17	0,12
<i>AMPe (135 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardinho (1.086 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,13</b>	0,08	0,12	0,12	0,11	0,13	0,47	0,90	0,33	0,81	0,77	0,24	0,17
<i>MPi (188 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardinho (1.086 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,17</b>	0,11	0,16	0,15	0,15	0,18	0,62	1,17	0,43	1,06	1,01	0,32	0,22
MPi-1 (87 km <sup>2</sup> )		<b>0,08</b>	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08	0,29	0,55	0,20	0,50	0,48	0,15	0,10
MPi-2 (71 km <sup>2</sup> )		<b>0,06</b>	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,22	0,41	0,15	0,37	0,36	0,11	0,08
MPi-3 (30 km <sup>2</sup> )		<b>0,03</b>	0,019	0,028	0,027	0,026	0,031	0,109	0,207	0,076	0,186	0,178	0,056	0,039
<i>An (80 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardinho (1.086 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,07</b>	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	0,25	0,48	0,18	0,43	0,42	0,13	0,09
An-1 (60 km <sup>2</sup> )		<b>0,055</b>	0,035	0,051	0,049	0,048	0,057	0,200	0,380	0,140	0,342	0,327	0,102	0,071
An-2 (20 km <sup>2</sup> )		<b>0,015</b>	0,010	0,014	0,013	0,013	0,015	0,054	0,104	0,038	0,093	0,089	0,028	0,019
<i>BPi (218 km<sup>2</sup>)</i>	<i>Pardinho (1.086 km<sup>2</sup>)</i>	<b>0,20</b>	0,13	0,19	0,18	0,17	0,21	0,73	1,38	0,51	1,24	1,19	0,37	0,26
BPi-1 (46 km <sup>2</sup> )		<b>0,04</b>	0,026	0,037	0,036	0,035	0,041	0,145	0,276	0,102	0,248	0,238	0,074	0,052
BPi-2 (39 km <sup>2</sup> )		<b>0,03</b>	0,019	0,028	0,027	0,026	0,031	0,109	0,207	0,076	0,186	0,178	0,056	0,039
BPi-3 (113 km <sup>2</sup> )		<b>0,115</b>	0,07	0,11	0,10	0,10	0,12	0,42	0,79	0,29	0,71	0,68	0,21	0,15
BPi-4 (20 km <sup>2</sup> )		<b>0,015</b>	0,010	0,014	0,013	0,013	0,015	0,054	0,104	0,038	0,093	0,089	0,028	0,019
<b>Sub-bacias Pardo + Pardinho (3.446 km<sup>2</sup>)</b>	<b>1,00</b>	<b>5,41</b>	<b>7,16</b>	<b>5,04</b>	<b>4,92</b>	<b>6,62</b>	<b>10,85</b>	<b>22,92</b>	<b>15,37</b>	<b>16,9</b>	<b>22,48</b>	<b>10,18</b>	<b>5,03</b>	
<b>Bacia do Rio Pardo (3.636 km<sup>2</sup>)</b>	<b>1,055</b>	<b>5,71</b>	<b>7,55</b>	<b>5,32</b>	<b>5,19</b>	<b>6,98</b>	<b>11,45</b>	<b>24,18</b>	<b>16,22</b>	<b>17,83</b>	<b>23,72</b>	<b>10,74</b>	<b>5,31</b>	
<i>Baixo Pardo (190 km<sup>2</sup>)</i>		1,00	0,30	0,39	0,28	0,27	0,36	0,60	1,26	0,85	0,93	1,24	0,56	0,28
BPo-1 (106 km <sup>2</sup> )		<b>0,56</b>	0,17	0,22	0,16	0,15	0,20	0,33	0,71	0,47	0,52	0,69	0,31	0,16
BPo-2 (27 km <sup>2</sup> )		<b>0,14</b>	0,04	0,06	0,04	0,04	0,05	0,08	0,18	0,12	0,13	0,17	0,08	0,04
BPo-3 (33 km <sup>2</sup> )		<b>0,17</b>	0,05	0,07	0,05	0,05	0,06	0,10	0,21	0,14	0,16	0,21	0,10	0,05
BPo-4 (21 km <sup>2</sup> )		<b>0,11</b>	0,033	0,043	0,030	0,030	0,040	0,066	0,139	0,093	0,102	0,136	0,062	0,030
BPo-5 (3 km <sup>2</sup> )		<b>0,02</b>	0,006	0,008	0,006	0,005	0,007	0,012	0,025	0,017	0,019	0,025	0,011	0,006

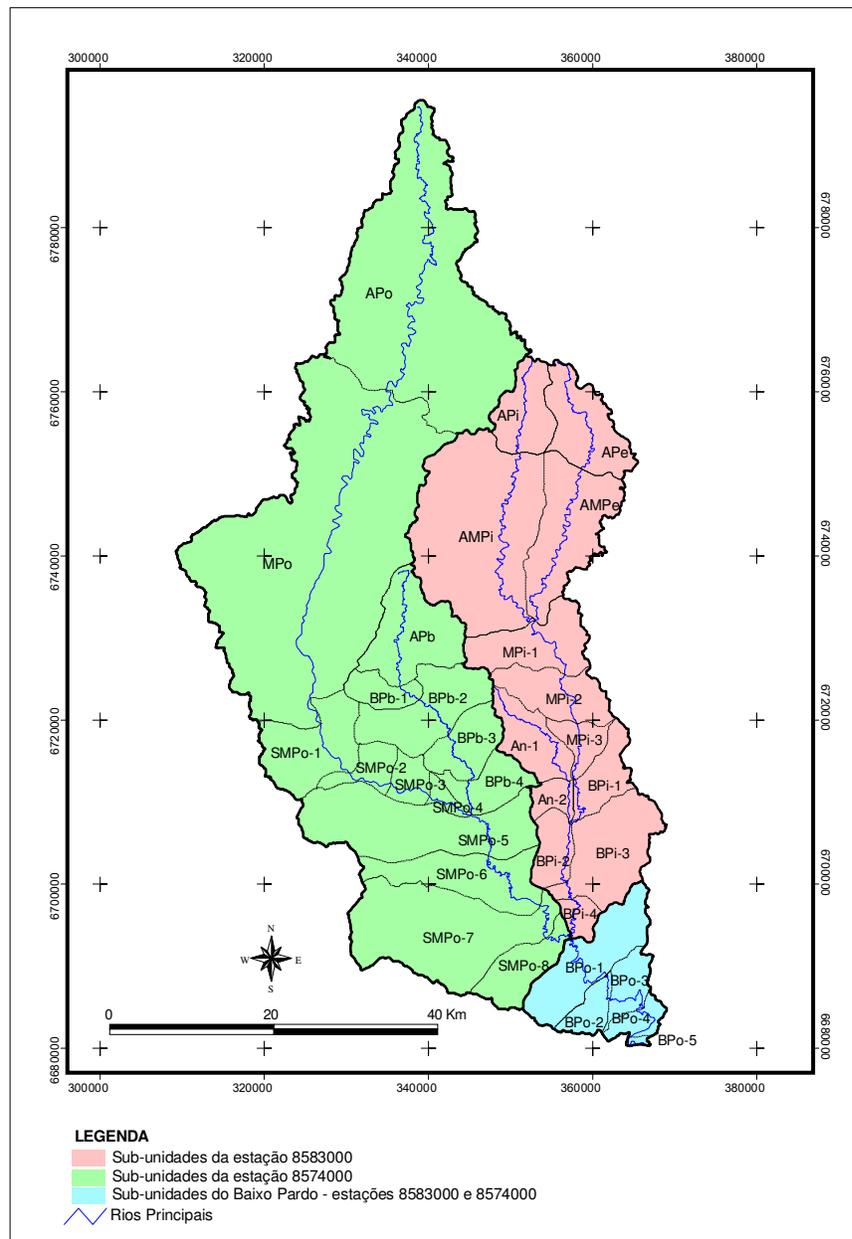


FIGURA 5.8: Sub-Unidades de Estudo e sua Participação nos Grandes Compartimentos  
(Fonte: Autor)

Os balanços hídricos futuros foram realizados por Unidade ou Sub-Unidade de Estudo. Conforme já comentado, a divisão das Unidades em Sub-Unidades só foi realizada naquelas em que existe atividade de irrigação de arroz. Nos períodos em que não ocorre a irrigação de arroz (março a setembro), o intervalo de análise utilizado foi de 30 dias (mensal). No período de irrigação (outubro a fevereiro), optou-se pelo intervalo decendial (10 dias). No entanto, as disponibilidades hídricas consideradas, mesmo em intervalos decendiais, foram as descargas com 90% de permanência de cada mês, por serem estas, as vazões outorgáveis na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, definidas no Plano Pardo (ECOPLAN, 2005b). Às

disponibilidades hídricas de cada Sub-Unidade também foram acrescidos, nos meses de irrigação, os volumes acumulados nos reservatórios.

Os consumos hídricos futuros foram estimados para cada usuário significativo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (abastecimento humano, industrial, dessedentação animal e irrigação de arroz) em intervalo mensal (no período em que não ocorre a irrigação na Bacia – março a setembro) ou decendial (período de irrigação – outubro a fevereiro). No caso da irrigação, utilizaram-se como consumo, os resultados da aplicação da metodologia descrita no Item 5.4, e apresentados no Item 6.4. Para os demais casos (abastecimentos humano e industrial e dessedentação animal), foram utilizados os dados do estudo de Ecoplan (2005b), que estimou os consumos hídricos futuros destes usuários nas projeções de 4 e 12 anos por Unidade de Estudo da Bacia do Rio Pardo (Anexo A4). Estes dados, no entanto, tiveram que ser estimados por Sub-Unidade (quando fosse o caso), o que foi feito a partir da redistribuição dos consumos utilizando o percentual de sua participação nas Unidades de Estudo (ponderação de áreas).

As demandas associadas ao uso de águas subterrâneas não foram computadas nos cálculos dos balanços, pois estes levam em consideração apenas a disponibilidade de água superficial e também porque as águas subterrâneas e seus usos são significativamente menores e ocorrem em pontos específicos e localizados da Bacia. Da mesma forma, os usos não consuntivos não foram considerados, pois estes não alteram a disponibilidade de água no tempo e no espaço.

No processo de confronto das disponibilidades *versus* consumos, os excessos nas Unidades/Sub-Unidades de montante foram acumulados nas de jusante, conforme o fluxograma apresentado na Figura 5.9. Esse fluxograma orienta-se conforme a ocorrência das afluições hídricas na Bacia, respeitando, assim, a rede hidrográfica existente.

Para elaboração dos balanços hídricos dos cenários futuros da Bacia foi elaborado um modelo de cálculo em uma planilha eletrônica do Excell, utilizando as Unidades/Sub-Unidades de Estudo como ‘macro-células’ e o intervalo de avaliação mensal (março a setembro) ou decendial (outubro – fevereiro). Da forma como foram estruturados, os balanços hídricos permitem identificar situações específicas, tanto no espaço (Unidades/Sub-Unidades de Estudo), quanto no tempo (ao longo do ano).

O modelo matemático criado realiza, basicamente, duas operações: balanço hídrico das disponibilidades *versus* consumos e transferência do resultado do balanço da macro-célula de montante para a de jusante (de acordo com o fluxograma da Figura 5.9). Na primeira operação, é efetuada a subtração entre disponibilidade e consumo considerando os valores definidos para cada Unidade/Sub-Unidade de Estudo. Na segunda operação, transfere-se para jusante o resultado do balanço hídrico. Esta transferência ocorre apenas nos casos de excesso hídrico, sendo que, no caso de ocorrência de déficit (demanda maior do que disponibilidade), a falta de água não é descontada da disponibilidade da Unidade/Sub-Unidade de jusante. Portanto, nestas situações, a transferência para jusante é zerada.

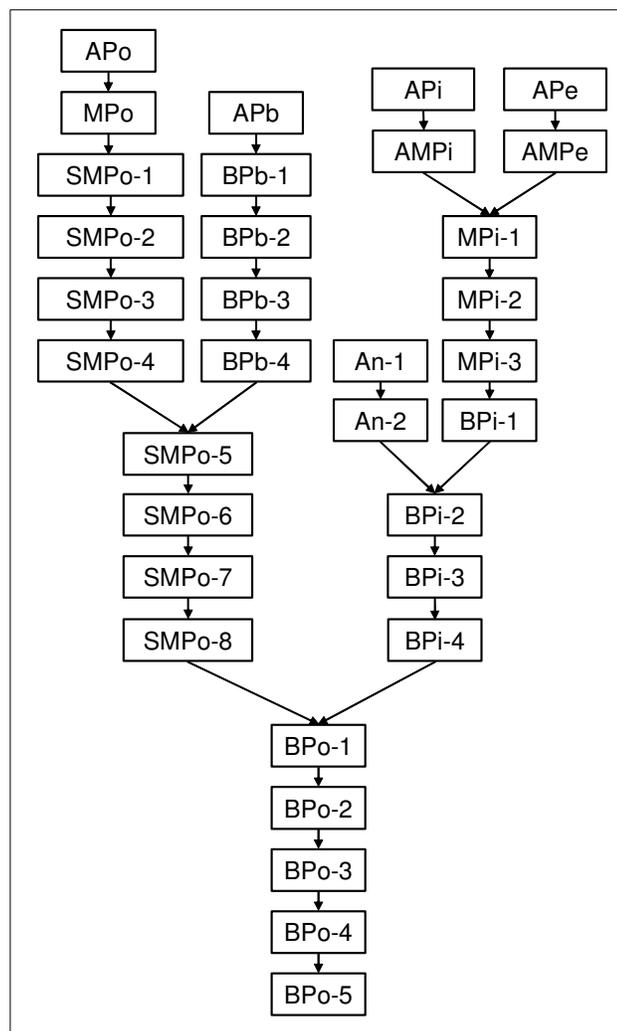


FIGURA 5.9: Fluxograma Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo  
(Fonte: Autor)

Nos balanços, as vazões de retorno são adicionadas às disponibilidades da própria Unidade/Sub-Unidade, assumindo-se, desta forma, que, no intervalo de tempo utilizado (seja ele mensal ou decendial), a parcela da demanda não efetivamente utilizada torna-se imediatamente disponível para utilização na mesma Unidade/Sub-Unidade.

Nas análises finais dos balanços, as vazões resultantes em cada Unidade/Sub-Unidade de Estudo foram avaliadas comparativamente às respectivas vazões remanescentes (vazões que devem permanecer nos cursos de água para a manutenção dos ecossistemas aquáticos – Tabela 5.20).

TABELA 5.20: Vazão Mínima Requerida para os Ambientes Aquáticos nos Exutórios das Unidades e Sub-Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Unidades	Vazões (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>											
	Q <sub>95%</sub> de verão					Q <sub>95%</sub> anual						Q <sub>95%</sub> de verão
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
APo	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,67
MPo	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	1,02
APb	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,14
BPb-1	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,040
BPb-2	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,13
BPb-3	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,074
BPb-4	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,061
SMPo-1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,13
SMPo-2	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,041
SMPo-3	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,034
SMPo-4	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,016
SMPo-5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,25
SMPo-6	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,13
SMPo-7	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,28
SMPo-8	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,075
BPo-1	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,14
BPo-2	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,035
BPo-3	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,043
BPo-4	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,027
BPo-5	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,005
APi	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,040
AMPi	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,18
APe	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,050
AMPe	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,080
MPi-1	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,051
MPi-2	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,041
MPi-3	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,017
An-1	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,037
An-2	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,012
BPi-1	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,027
BPi-2	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,023
BPi-3	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,067
BPi-4	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,012

1A vazão ecológica da Bacia do Rio Pardo foi definida em 2005 pelo Comitê Pardo, apoiado por técnicos da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e da área de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Definiu-se como vazão necessária a permanecer nos cursos de água nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio, a vazão com 95% de garantia de ocorrência nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro). Para os meses de junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro, a vazão mínima definida foi a de 95% de garantia de ocorrência durante todos os meses do ano.

## 6. RESULTADOS

Da mesma forma como foram apresentadas as metodologias, os resultados também serão mostrados de acordo com a seqüência definida para os objetivos específicos (Capítulo 2), iniciando-se pelos resultados relativos à estimativa das disponibilidades hídricas superficiais (Item 6.1) e finalizando com o balanço hídrico (Item 6.5).

### 6.1. Disponibilidade Hídrica Atual

A Figura 6.1 e a Tabela 6.1 apresentam a variação inter-anual e intra-anual das vazões estimadas pelo modelo e dos registros fluviométricos da Estação Passo Linha do Rio – código 8573000, no Rio Pardo, do período de janeiro de 1970 a março de 1980.

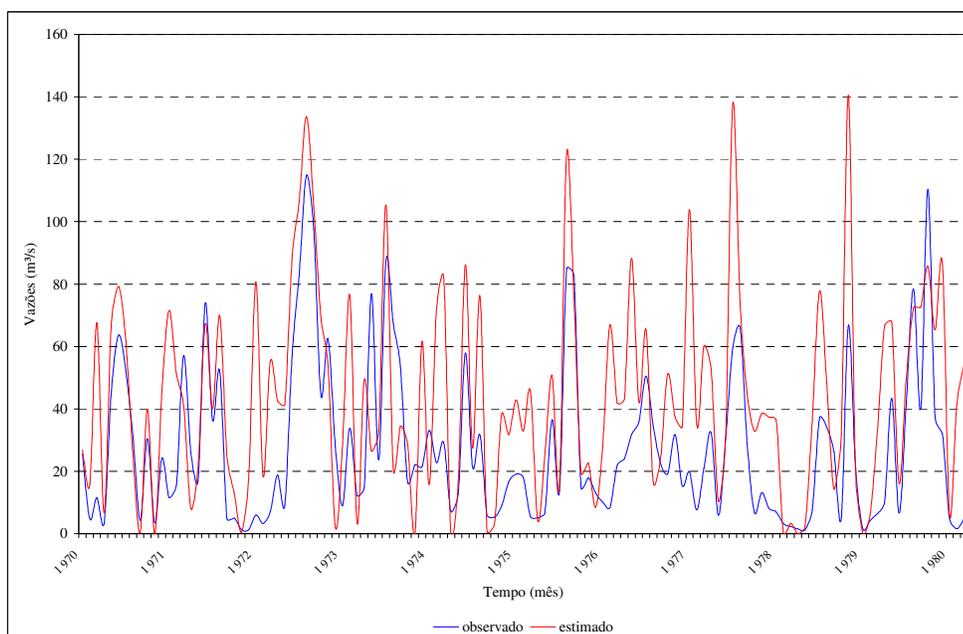


FIGURA 6.1: Hidrograma de Vazões Observadas e Calculadas no Rio Pardo (Sub-Bacia 8573000)

Observando o gráfico da Figura 6.1 é possível concluir que as vazões estimadas acompanham a tendência das vazões medidas, porém, não acompanham os valores absolutos registrados. Em geral, os valores estimados superam os valores reais em 59%, conforme mostra a análise estatística apresentada na Tabela 6.2.

TABELA 6.1: Vazões Observadas e Estimadas no Exutório da Sub-Bacia 8573000 – Rio Pardo (jan/1970 – mar/1980)

Ano	Valor	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
		Vazões (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )											
1970	Observado	26	5	12	3	46	64	52	31	4	30	4	24
	Estimado	27	16	68	7	68	79	62	25	0	40	0	45
1971	Observado	12	16	57	26	17	74	36	52	5	5	1	1
	Estimado	72	51	41	8	21	67	40	70	25	13	0	17
1972	Observado	6	3	7	19	9	57	83	115	97	44	62	28
	Estimado	81	18	55	43	41	88	107	134	105	69	54	2
1973	Observado	9	34	12	15	77	24	87	67	54	17	22	22
	Estimado	29	76	3	49	27	33	105	21	34	29	0	62
1974	Observado	33	23	29	7	13	58	21	32	6	5	9	17
	Estimado	16	72	82	0	17	86	27	76	1	3	38	32
1975	Observado	19	18	6	5	7	36	14	85	83	15	18	13
	Estimado	43	33	46	4	26	51	15	122	76	19	23	9
1976	Observado	10	8	22	24	32	36	50	35	23	19	32	15
	Estimado	28	67	42	43	88	42	65	17	24	51	37	34
1977	Observado	20	8	21	32	6	30	60	66	29	7	13	8
	Estimado	104	35	60	53	10	30	138	75	45	33	39	37
1978	Observado	7	3	2	2	1	8	37	34	26	5	67	21
	Estimado	36	0	3	0	2	37	78	48	14	32	140	20
1979	Observado	1	4	6	10	43	7	42	78	40	110	37	32
	Estimado	0	6	33	67	68	16	50	72	73	86	65	86
1980	Observado	5	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Estimado	6	41	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Os resultados da análise estatística da série completa estão sintetizados na Tabela 6.2.

TABELA 6.2: Indicadores Estatísticos para a Série Simulada (jan/1970-mar/1980)

Indicador	Varição do Indicador	Melhor Ajuste	Valor Calculado
EF (adimensional)	(-∞ a 1)	1	-0,30
R <sup>2</sup> (adimensional)	(0 a 1)	1	0,46
PE (%)	(-100 a ∞)	0	58,71
SE (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	(0 a ∞)	0	28,71
AD (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	(0 a ∞)	0	21,84

A análise estatística foi também realizada para estações secas e úmidas, separadamente, para analisar a eficiência do modelo na simulação de vazões máximas e mínimas. No caso das estações úmidas (vazões máximas), usaram-se os dados de junho a setembro. Para as vazões mínimas, os dados de dezembro a março. Os resultados são apresentados nos gráficos das Figuras 6.2 e 6.3 e nas Tabelas 6.3 e 6.4.

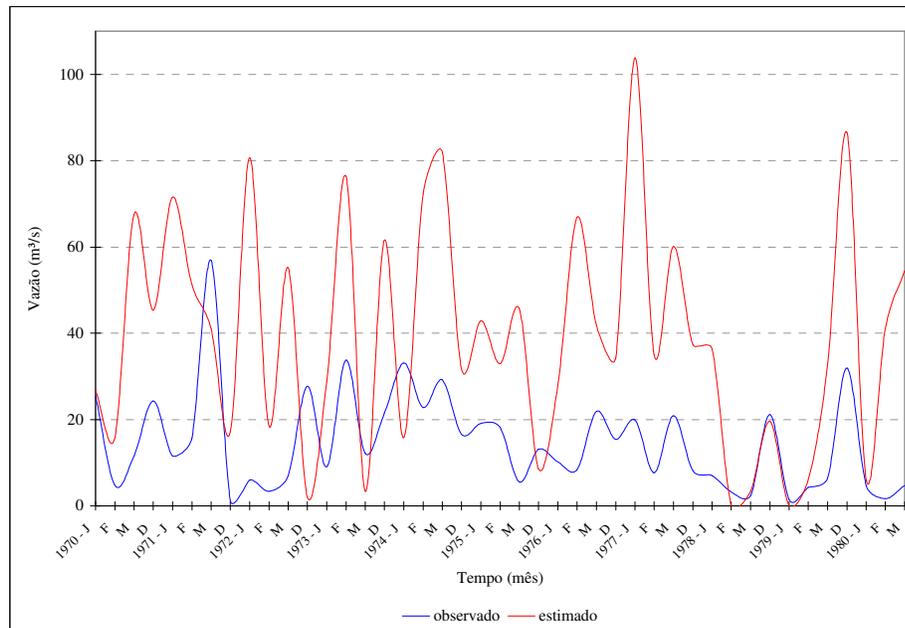


FIGURA 6.2: Hidrograma de Vazões Observadas e Calculadas no Exutório da Sub-Bacia 8573000, no Rio Pardo, nos Meses de Verão (Dezembro a Março)

TABELA 6.3: Indicadores Estatísticos para os Meses de Dezembro a Março (jan/1970-mar/1980)

Indicador	Varição do Indicador	Melhor Ajuste	Valor Calculado
EF (adimensional)	$(-\infty \text{ a } 1)$	1	-8,53
R <sup>2</sup> (adimensional)	$(0 \text{ a } 1)$	1	0,10
PE (%)	$(-100 \text{ a } \infty)$	0	167,54
SE ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	$(0 \text{ a } \infty)$	0	35,17
AD ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	$(0 \text{ a } \infty)$	0	28,25

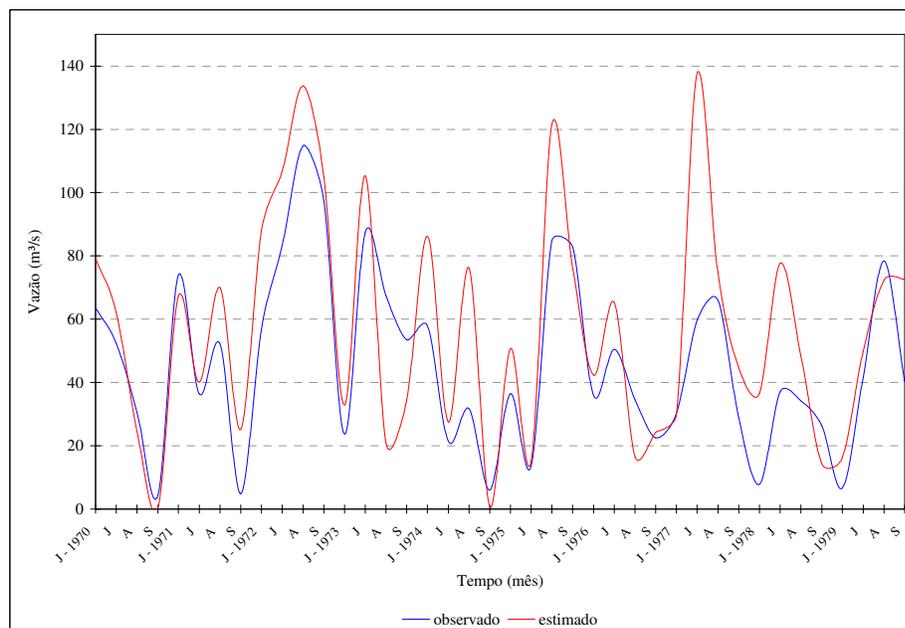


FIGURA 6.3: Hidrograma de Vazões Observadas e Calculadas no Exutório da Sub-Bacia 8573000, no Rio Pardo, nos Meses de Inverno (Junho a Setembro)

TABELA 6.4: Indicadores Estatísticos para os Meses de Junho a Setembro (jun/1970-set/1979)

Indicador	Varição do Indicador	Melhor Ajuste	Valor Calculado
EF (adimensional)	$(-\infty \text{ a } 1)$	1	0,28
R <sup>2</sup> (adimensional)	$(0 \text{ a } 1)$	1	0,66
PE (%)	$(-100 \text{ a } \infty)$	0	23,69
SE (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	$(0 \text{ a } \infty)$	0	23,21
AD (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	$(0 \text{ a } \infty)$	0	17,40

A avaliação da legitimidade do modelo também foi realizada a partir da análise da curva de permanência (Figuras 6.4 e 6.5 e Tabelas 6.5 e 6.6).

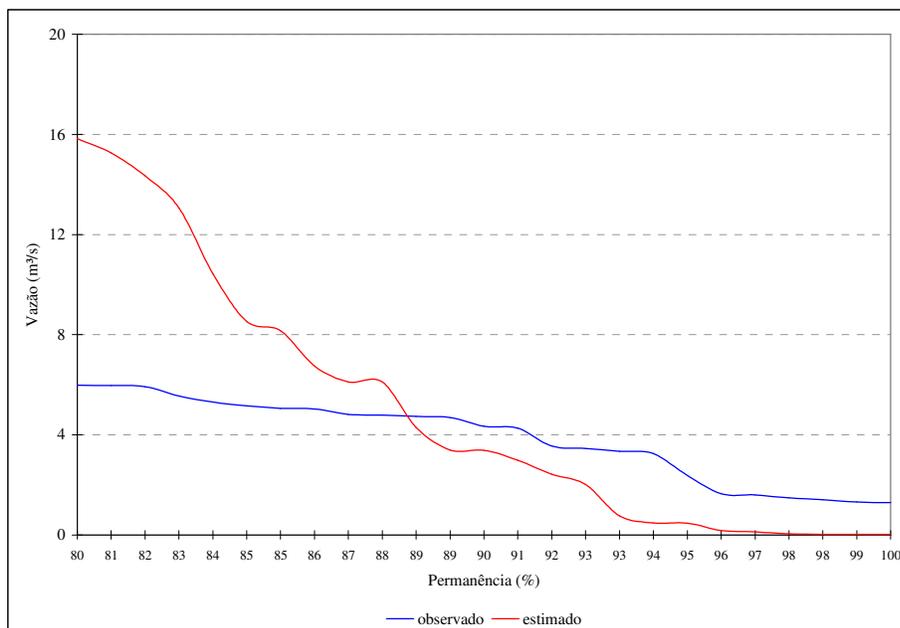


FIGURA 6.4: Hidrograma de Vazões Observadas e Calculadas no Exutório da Sub-Bacia 8573000, no Rio Pardo, para Permanências de 80 a 100% (Vazões Mínimas)

TABELA 6.5: Indicadores Estatísticos para as Maiores Permanências (jan/1970-mar/1980)

Indicador	Varição do Indicador	Melhor Ajuste	Valor Calculado
EF (adimensional)	$(-\infty \text{ a } 1)$	1	-5,26
R <sup>2</sup> (adimensional)	$(0 \text{ a } 1)$	1	0,76
PE (%)	$(-100 \text{ a } \infty)$	0	29,98
SE (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	$(0 \text{ a } \infty)$	0	4,01
AD (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	$(0 \text{ a } \infty)$	0	2,93

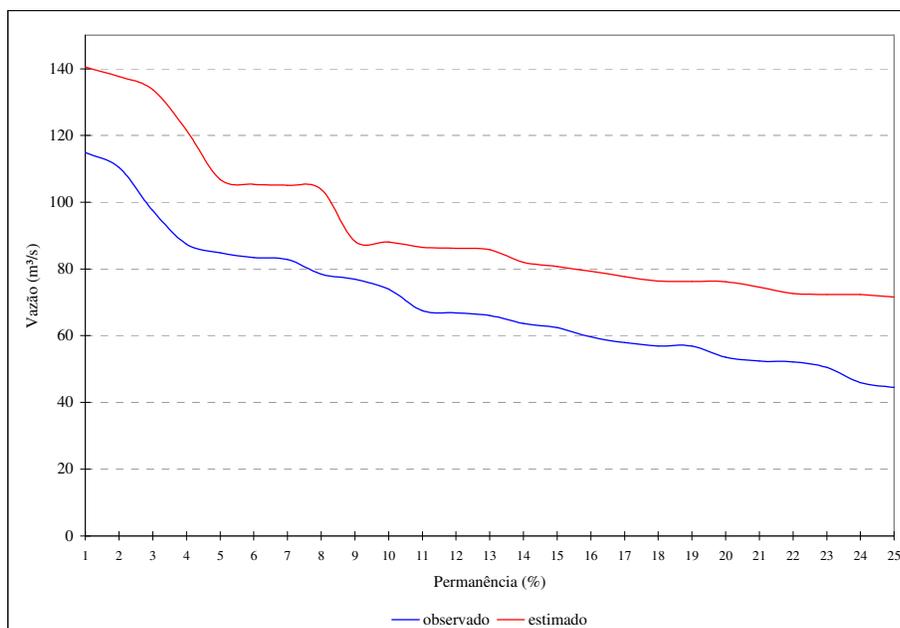


FIGURA 6.5: Hidrograma de Vazões Observadas e Calculadas no Exutório da Sub-Bacia 8573000, no Rio Pardo, para Permanências de 1 a 25% (Vazões Máximas)

TABELA 6.6: Indicadores Estatísticos para as Menores Permanências (jan/1970-mar/1980)

Indicador	Varição do Indicador	Melhor Ajuste	Valor Calculado
EF (adimensional)	$(-\infty \text{ a } 1)$	1	-0,50
R <sup>2</sup> (adimensional)	$(0 \text{ a } 1)$	1	0,95
PE (%)	$(-100 \text{ a } \infty)$	0	31,71
SE (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	$(0 \text{ a } \infty)$	0	22,78
AD (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	$(0 \text{ a } \infty)$	0	22,16

Com base nos dados apresentados pode-se realizar algumas inferências acerca do modelo adotado. Verifica-se, primeiramente, que ele ajusta-se melhor a vazões máximas, seguindo, de forma bastante fiel, a tendência dos dados medidos. No entanto, observa-se que as vazões calculadas são sempre maiores do que as vazões observadas (em média, 1,3 vezes as vazões medidas). Observa-se claramente que o modelo não se mostra adequado para vazões mínimas, superestimando os valores (em média, 4 vezes os valores medidos) e não acompanhando a tendência observada.

Os resultados apresentados nos gráficos anteriores, nos quais podem ser observadas as similaridades nas tendências medidas e observadas (especialmente no caso das vazões máximas), indicam que, com parâmetros mais bem definidos, o modelo seria capaz de reproduzir as vazões nos cursos de água. Os erros mais prováveis, seguramente, estão associados à capacidade de armazenamento de água dos solos ou à evapotranspiração, mais especificamente, aos coeficientes de cultivo.

Com relação à capacidade de armazenamento de água no solo, quanto mais elevado for este parâmetro, menos excesso hídrico será proporcionado, e conseqüentemente, menor vazão será escoada. Um dos erros que pode estar associado à sua estimativa está relacionado com a determinação da profundidade de exploração das raízes. Nesta determinação, podem ter ocorrido dois equívocos. Primeiro, a obtenção da profundidade de exploração foi feita mediante a reclassificação de uma imagem de satélite com a cobertura vegetal atual (ano de 2002). Neste caso, mudanças nos padrões de ocupação do solo devem ter ocorrido desde a época adotada na simulação (1970 – 1980) quando, provavelmente, os solos deviam ser menos explorados, e cobertos em maiores proporções, por vegetação natural, garantindo maiores taxas de infiltração de água e, desta forma, menores vazões nos leitos, com picos menos pronunciados, devido ao efeito do armazenamento (efeito esponja). Segundo, a própria estimativa da profundidade das raízes pode ter sido equivocada, uma vez que, para uma mesma vegetação, diversos valores de profundidade podem ser encontrados na literatura, que são devido às variações entre espécies, clima, e solo.

Além da profundidade do solo, pode ter ocorrido erro devido a generalização da curva de retenção, que não considerou a heterogeneidade espacial dos solos. A curva característica foi determinada para cada tipo de solo, tendo sido feitas três repetições para cada horizonte superficial (A e B) (ECOPLAN, 1997). Os pontos amostrais foram selecionados nas proximidades de perfis modais e/ou complementares dos levantamentos-referências, mas isso não garante que os demais locais, abrangidos por estes mesmos solos, tenham as mesmas características físicas. O manejo, a cobertura vegetal, entre inúmeros outros fatores, pode condicionar solos da mesma classe a terem diferentes umidades na capacidade de campo e no ponto de murchamento (limites utilizados para a determinação da capacidade de armazenamento de água no solo).

Ainda com relação à capacidade de armazenamento, vale lembrar que o modelo pressupõe um limite de armazenamento, dado entre a capacidade de campo e o ponto de murchamento, sendo que a água retida abaixo do ponto de murchamento é desconsiderada no armazenamento. Esta parcela, no entanto, deveria ser contabilizada, o que proporcionaria menos excesso hídrico. Soma-se a isso o fato de a umidade no ponto de murchamento ser bastante elevada, o que reduz ainda mais a capacidade de armazenamento (Tabela 5.3).

Com relação à evapotranspiração, erros podem ter sido gerados no momento da escolha dos coeficientes de cultivos. Procurou-se sempre optar por valores regionais, estimados sob as condições do clima do nosso Estado. No entanto, na falta de dados, recorreu-

se a valores determinados sob condições climáticas diferentes das nossas. A vegetação predominante na região em estudo (floresta nativa), na falta de dados concretos, foi caracterizada com um coeficiente bastante baixo (0,90), conforme estudos realizados recentemente na Argentina. Estudos a respeito da evapotranspiração de espécies florestais são escassos e, os que estão disponíveis, divergentes. Considerando as informações disponíveis, os valores do coeficiente de cultivo para espécies florestais podem variar de 0,9 a 2,0. Provavelmente o valor adotado esteja subestimado, até porque, pelo bom senso, parece não fazer sentido uma cobertura florestal transpirar menos do que a cultura de referência considerada.

Com relação à sazonalidade, os resultados indicam que o modelo superestima as vazões mínimas (normalmente verificadas nos meses de verão), sendo os valores, em média, 4 vezes maiores do que os medidos. Desta forma, acredita-se que a evapotranspiração esteja subestimada especialmente neste período. Como a evapotranspiração é a principal saída de água no sistema simulado, vazões menores seriam encontradas ajustando-se os coeficientes de cultivo.

Com relação à curva de permanência, observa-se que há bastante similaridade entre a tendência dos valores registrados e dos valores estimados para vazões com menores probabilidades de excedência (vazões máximas). Esta análise indica que, após o correto ajuste dos parâmetros, pode-se utilizar o modelo para fins de estimativa de vazões relacionadas a determinadas permanências. Ou seja, apesar de não haver um ajuste perfeito das vazões calculadas com a série observada, espera-se que, pelo menos, a curva de permanência estimada seja representativa da curva de permanência das vazões reais.

Aqui cabe ainda uma possível explicação para a não adequabilidade do modelo às vazões mínimas, além daquela que explica a superestimação dos valores. A falta de coincidência nos picos, em termos de vazão, pode ser explicada pelo fato de que, no verão, como a precipitação é geralmente menor do que no inverno, o escoamento dos rios é mantido, predominantemente, pelo escoamento de base, ou seja, aquele advindo do escoamento subsuperficial do solo. Este escoamento é bastante lento e alimenta o leito com uma descarga mais constante e sem picos pronunciados. Na simulação com o modelo, no entanto, o excedente hídrico (representado pela parcela da chuva não infiltrada no solo e pela parcela percolada) não é separado em escoamento de base, e todo o excesso é convertido em vazão, que chega à calha do rio num único volume e no mesmo instante. Sabe-se que, na prática, há um retardo na chegada do escoamento subsuperficial em relação ao superficial, razão pela

qual há maior uniformidade e suavização de picos quando o escoamento subsuperficial é predominante (verão). Cabe salientar que isso também é determinante para que as vazões mínimas registradas sejam maiores do que as vazões mínimas calculadas. Este comportamento (vazões observadas maiores do que vazões medidas), corroborando a teoria, foi verificado, justamente e unicamente, nas vazões cuja probabilidade de excedência fica acima de 90% (Figura 6.4).

## **6.2. Área Irrigada em Projeções Futuras**

### **6.2.1. Área Disponível e Apta para a Orizicultura Irrigada**

A Figura 6.6 apresenta o mapeamento das áreas aptas ao cultivo de arroz irrigado na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo e a Tabela 6.7, a área disponível por Unidade de Estudo. A espacialização foi feita a partir da análise dos fatores ambientais mais importantes no condicionamento da atividade, como declividade, solo, áreas de preservação e uso atual do solo, conforme explicado no Item 5.2.

De acordo com a Figura 6.6 e a Tabela 6.7 pode-se observar que existe uma grande área disponível para a orizicultura, concentrada, principalmente, na parte baixa da Bacia, junto às várzeas dos rios Pardo e Pardinho, cujos solos são predominantemente da classe dos Gleissolos e Planossolos, com declividades inferiores a 3%.

TABELA 6.7: Área Apta para Cultivo de Arroz Irrigado nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

UE <sup>1</sup>	Área (ha)
An	1.612
APb	69
BPb	10.883
BPi	7.011
BPo	4.234
MPi	1.070
MPo	849
SMPo	19.068
Total na Bacia	44.796

<sup>1</sup>As UE que não aparecem na Tabela não possuem terras com aptidão agrícola para cultivo de arroz irrigado.

A área total disponível na Bacia é de aproximadamente 45 mil hectares, o que representa 5,5 vezes a área total cultivada com arroz irrigado na safra 2003/2004. Uma observação importante é que 80% das lavouras de arroz da Bacia (safra 2003/2004) estão concentradas justamente nesta região, retratando boa adequabilidade do uso agrícola. Os restantes 20% estão sobre áreas classificadas como inaptas. Esta parcela incorretamente utilizada pode ser explicada pela grande quantidade de lavouras presentes às margens de

cursos de água, áreas que, por lei, são consideradas de preservação permanente (APP). Cerca de 7% da área de arroz total da Bacia estão incluídos nesta situação.

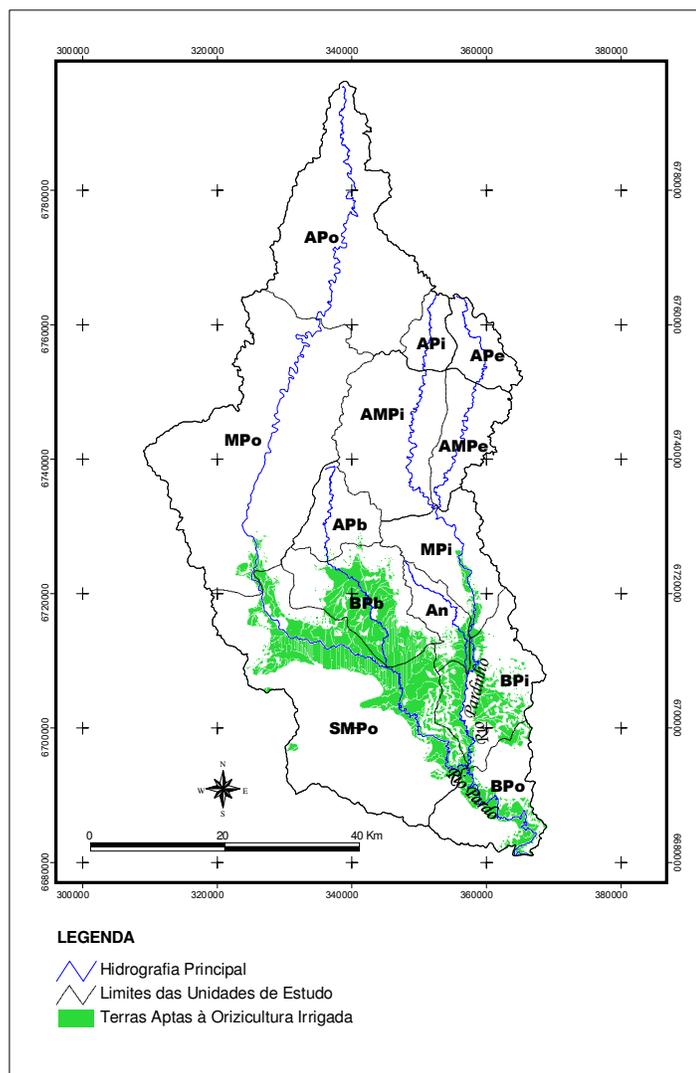


FIGURA 6.6: Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Aptidão das Terras para Cultivo de Arroz Irrigado (Fonte: Autor)

### 6.2.2. Projeções da Área Cultivada para 4 e 12 Anos

A projeção da área cultivada com arroz irrigado foi realizada sobre dados históricos de safras dos municípios que compõem a Bacia Hidrográfica, conforme apresentado no Item 5.2. A partir dos dados dos municípios e, considerando o percentual de participação da área orizícola de cada um na Bacia, foi ajustada uma equação a partir da qual foram estimadas as áreas cultivadas nos horizontes de 4 e 12 anos (safras 2008/2009 e 2016/2017, respectivamente). O gráfico pode ser visualizado na Figura 6.7. Ela indica o cultivo de 9.100

ha previstos para a safra 2008/2009 (projeção de 4 anos) e de 10.095 ha para a safra 2016/2017 (projeção de 12 anos).

A taxa de crescimento anual estimada entre a safra 2003/2004 e a safra 2008/2009 é de 1,9%, e entre a safra 2003/2004 e a safra projetada para 12 anos, de 1,5%. Estes números sugerem tendência de diminuição nas taxas de crescimento com o passar do tempo e, conseqüentemente, do estabelecimento de um patamar de área cultivada na Bacia.

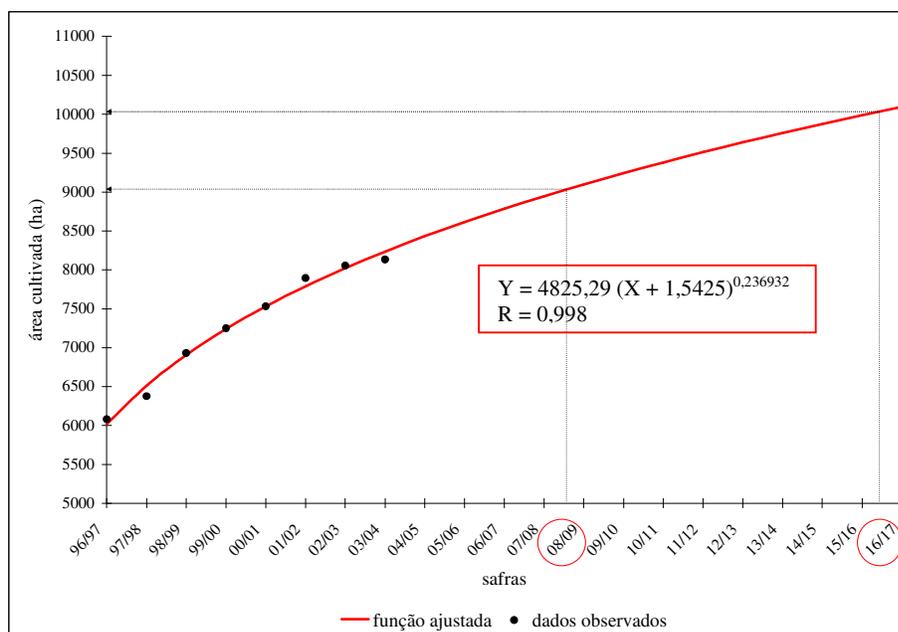


FIGURA 6.7: Evolução da Área Cultivada com Arroz Irrigado na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo entre o Período 1996/1997 e 2016/2017

A distribuição das áreas projetadas nas Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo foi feita ponderando-se percentualmente a participação dos municípios nas mesmas, o que pode ser verificado na Tabela 6.8 e na Figura 6.8.

TABELA 6.8: Projeção da Área Cultivada com Arroz Irrigado para 4 e 12 Anos nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

UE	Área orizícola projetada para 4 anos (safra 2008/2009) – ha	Área orizícola projetada para 12 anos (safra 2016/2017) –ha	Área máxima disponível (ha)
An	199	221	1.612
APb	6	6	69
BPb	689	764	10.883
BPi	950	1.054	7.011
BPo	1.413	1.568	4.234
MPi	152	168	1.070
MPo	99	110	849
SMPo	5.592	6.203	19.068
Total	9.100	10.095	44.796

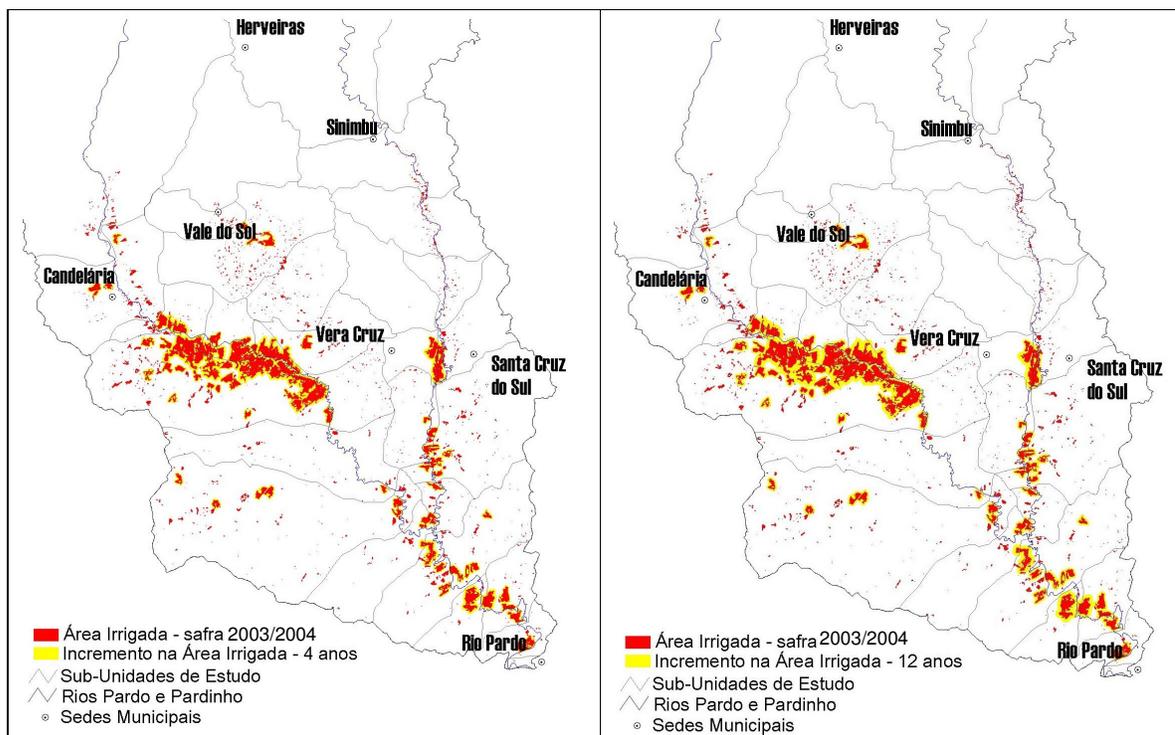


FIGURA 6.8: Incremento na Área Cultivada com Arroz Irrigado na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo nas Projeções de 4 e 12 Anos

### 6.3. Cenários Futuros de Demanda Hídrica para Irrigação

Nas áreas orizícolas projetadas na Bacia do Rio Pardo para os horizontes de 4 e 12 anos que correspondem, respectivamente, às safras de 2008/2009 e 2016/2017, foram estabelecidos dois cenários de demanda hídrica. Estes cenários são caracterizados por diferentes combinações tecnológicas relacionadas com o manejo das lavouras de arroz. A descrição detalhada da metodologia de formulação dos cenários foi descrita no Item 5.3. O cenário atual (2003/2004) da Bacia do Rio Pardo, com relação à distribuição dos sistemas de produção de arroz irrigado, pode ser conferido na Tabela 5.9.

#### 6.3.1. Tendencial

As distribuições percentuais dos sistemas de produção na área total cultivada nas safras de 2008/2009 (4 anos) e de 2016/2017 (12 anos) podem ser conferidas nas Tabelas 6.9 e 6.10.

TABELA 6.9: Participação dos Sistemas de Produção nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Cenário Tendencial – 4 Anos (safra 2008/2009)

UE	Área Total Cultivada (ha)	Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo inundado (ha)			Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo seco (ha)			Áreas não sistematizadas e semeadura em solo seco (ha)		
		Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo
An	199	51,7	31,0	20,7	14,9	9,0	6,0	32,8	19,7	13,1
APb	6	1,6	0,9	0,6	0,6	0,4	0,2	0,8	0,5	0,3
BPb	689	179,1	107,5	71,7	51,7	31,0	20,7	113,7	68,2	45,5
BPi	950	294,5	176,7	117,8	99,8	59,9	39,9	80,8	48,5	32,3
BPo	1.413	282,6	169,6	113,0	91,8	55,1	36,7	332,1	199,2	132,8
MPi	152	47,1	28,3	18,8	16,0	9,6	6,4	12,9	7,8	5,2
MPo	99	16,8	10,1	6,7	8,9	5,3	3,6	23,8	14,3	9,5
SMPo	5.592	950,6	570,4	380,3	503,3	302,0	201,3	1342,1	805,2	536,8
Bacia	9.100	1.824,1	1.094,5	729,7	786,9	472,2	314,8	1.938,9	1.163,4	775,6
Bacia - %	100	20,0	12,0	8,0	8,6	5,2	3,5	21,4	12,8	8,5
			40,0			17,3			42,7	

TABELA 6.10: Participação dos Sistemas de Produção nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Cenário Tendencial – 12 Anos (safra 2016/2017)

UE	Área Total Cultivada (ha)	Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo inundado (ha)			Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo seco (ha)			Áreas não sistematizadas e semeadura em solo seco (ha)		
		Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo
An	221	35,4	28,3	7,1	43,1	34,5	8,6	32,0	25,6	6,4
APb	6	1,1	0,8	0,2	1,2	1,0	0,2	0,7	0,6	0,1
BPb	764	129,9	103,9	26,0	141,3	113,1	28,3	110,8	88,6	22,2
BPi	1.054	216,1	172,9	43,2	237,2	189,7	47,4	73,8	59,0	14,8
BPo	1.568	203,8	163,1	40,8	266,6	213,2	53,3	313,6	250,9	62,7
MPi	168	34,4	27,6	6,9	37,8	30,2	7,6	11,8	9,4	2,4
MPo	110	13,2	10,6	2,6	19,8	15,8	4,0	22,0	17,6	4,4
SMPo	6.203	713,3	570,7	142,7	1.116,5	893,2	223,3	1.271,6	1.017,3	254,3
Bacia	10.094	1.347,2	1.077,7	269,4	1.863,5	1.490,8	372,7	1.836,3	1.469,0	367,3
Bacia - %	100	13,3	10,6	2,7	18,5	14,8	3,7	18,2	14,6	3,6
			26,6			37,0			36,4	

### 6.3.2. Otimista

As Tabelas 6.11 e 6.12 apresentam os percentuais de participação dos sistemas de produção no cenário Otimista nas projeções de 4 e 12 anos.

TABELA 6.11: Participação dos Sistemas de Produção nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Cenário Otimista – 4 Anos (safra 2008/2009)

UE	Área Total Cultivada (ha)	Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo inundado (ha)			Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo seco (ha)			Áreas não sistematizadas e semeadura em solo seco (ha)		
		Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo
An	199	103,5	0,0	0,0	37,8	0,0	0,0	57,7	0,0	0,0
APb	6	3,1	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0
BPb	689	358,3	0,0	0,0	124,0	0,0	0,0	206,7	0,0	0,0
BPi	950	589,0	0,0	0,0	218,5	0,0	0,0	142,5	0,0	0,0
BPo	1.413	565,2	0,0	0,0	254,3	0,0	0,0	593,5	0,0	0,0
MPi	152	94,2	0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	22,8	0,0	0,0
MPo	99	31,7	0,0	0,0	24,8	0,0	0,0	42,6	0,0	0,0
SMPo	5.592	1.901,3	0,0	0,0	1.286,2	0,0	0,0	2.404,6	0,0	0,0
Bacia	9.100	3.646,3	0,0	0,0	1.982,0	0,0	0,0	3.471,9	0,0	0,0
Bacia - %	100	40,1	0,0	0,0	21,7	0,0	0,0	38,2	0,0	0,0
			40,1			21,7			38,2	

TABELA 6.12: Participação dos Sistemas de Produção nas Unidades de Estudo (UE) da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Cenário Otimista – 12 Anos (safra 2016/2017)

UE	Área Total Cultivada (ha)	Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo inundado (ha)			Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo seco (ha)			Áreas não sistematizadas e semeadura em solo seco (ha)		
		Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo	Precoce	Médio	Longo
An	221	77,3	0,0	0,0	101,7	0,0	0,0	42,0	0,0	0,0
APb	6	2,1	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,96	0,0	0,0
BPb	764	267,4	0,0	0,0	351,4	0,0	0,0	145,2	0,0	0,0
BPi	1.054	432,1	0,0	0,0	516,5	0,0	0,0	105,4	0,0	0,0
BPo	1.568	407,7	0,0	0,0	737,0	0,0	0,0	423,4	0,0	0,0
MPi	168	68,9	0,0	0,0	84,0	0,0	0,0	15,1	0,0	0,0
MPo	110	25,3	0,0	0,0	53,9	0,0	0,0	30,8	0,0	0,0
SMPo	6.203	1.426,7	0,0	0,0	3.163,5	0,0	0,0	1.612,8	0,0	0,0
Bacia	10.094	2.707,5	0,0	0,0	5.010,9	0,0	0,0	2.375,6	0,0	0,0
Bacia - %	100	26,8	0,0	0,0	49,6	0,0	0,0	23,6	0,0	0,0
			26,8			49,6			23,6	

A Tabela 6.13 apresenta, resumidamente, a composição percentual dos diferentes cenários na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo com relação aos sistemas de produção.

TABELA 6.13: Quadro-Resumo dos Cenários Estabelecidos na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Projeção	Cenário	Ciclo	Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo inundado (%)	Áreas sistematizadas em nível e semeadura em solo seco (%)	Áreas não sistematizadas e semeadura em solo seco (%)
Atual (2003/2004)	Atual	Precoce	9,9	0,9	9,2
		Médio	14,8	1,4	13,8
		Longo	24,7	2,3	23,0
4 anos (2008/2009)	Tendencial	Precoce	20,0	8,6	21,4
		Médio	12,0	5,2	12,8
		Longo	8,0	3,5	8,5
12 anos (2016/2017)	Otimista	Precoce	40,1	21,7	38,2
		Precoce	13,3	18,5	18,2
		Médio	10,6	14,8	14,6
	Tendencial	Longo	2,7	3,7	3,6
		Otimista	Precoce	26,8	49,6

#### 6.4. Demanda Hídrica dos Cenários Atual e Futuros

A metodologia para estimativa das demandas hídricas para irrigação de arroz consta no Item 5.4.6. No presente item serão apresentados os resultados estimados relativos a cada componente da demanda (evapotranspiração, saturação do perfil do solo, lâmina superficial e fluxo lateral). Ao final, é apresentada uma análise integrada dos resultados.

Para permitir identificar dentro de cada Unidade de Estudo da Bacia do Rio Pardo as regiões mais críticas com relação à utilização de água para irrigação de arroz, as oito Unidades da Bacia em que se verifica a presença da atividade orizícola, foram subdivididas em Sub-Unidades de Estudo, conforme descrito no Item 5.4 e apresentado na Figura 5.7. Assim, os resultados relativos a cada componente da demanda hídrica para irrigação de arroz foram avaliados em 33 compartimentos da Bacia. As vazões decendiais de cada Sub-Unidade

de Estudo necessárias para atender a cada um dos componentes estudados são apresentadas nos Anexos (A5 a A9), sendo, a seguir, apresentados apenas os resultados globais da Bacia do Rio Pardo.

#### 6.4.1. Evapotranspiração

Na Tabela 6.14 são mostrados os volumes totais demandados para suprir as perdas por evapotranspiração em cada cenário, por decêndio e para a safra. No Anexo A5 são apresentadas as vazões necessárias para atender à demanda evapotranspirativa das lavouras de arroz de cada Sub-Unidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, por decêndio, nos cinco cenários. São apresentados apenas os resultados relativos às Sub-Unidades em que existe cultivo de arroz irrigado. As Unidades de Estudo APo, AMPe, AMPi, APe e APi e a Sub-Unidade An-1 não são apresentadas.

TABELA 6.14: Volumes Decendiais e Totais (hm<sup>3</sup>) Necessários para Suprir as Perdas por Evapotranspiração na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções

Cenário - Projeção	Decêndios												Safra
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01	
	Volumes (hm <sup>3</sup> )												
Atual	0,95	2,49	3,94	4,70	4,61	4,50	7,67	7,88	4,16	4,42	4,77	4,54	54,63
Tendencial – 4 anos	0,33	0,33	3,32	5,08	4,98	4,85	8,31	8,52	4,49	4,77	5,16	4,91	55,05
Otimista – 4 anos	0,00	0,00	1,90	5,08	4,98	4,84	8,31	8,52	4,49	4,77	5,16	4,91	52,94
Tendencial – 12 anos	0,12	0,94	3,31	5,64	5,52	5,33	9,29	9,50	4,97	5,31	5,74	5,47	61,14
Otimista – 12 anos	0,00	0,00	1,41	5,64	5,52	5,33	9,29	9,50	4,97	5,31	5,74	5,47	58,15

Dentro das mesmas projeções, entre os cenários, verifica-se que a demanda evapotranspirativa é nula nos primeiros decêndios dos cenários otimistas, devido ao ciclo precoce das cultivares, o qual condiciona o início da evapotranspiração a partir de novembro. Do segundo decêndio de novembro em diante, em ambos os cenários (Tendencial e Otimista), as demandas para suprir a evapotranspiração são exatamente iguais dentro da mesma projeção (4 e 12 anos).

#### 6.4.2. Saturação do Perfil do Solo

A Tabela 6.15 apresenta uma síntese, comparando as demandas relativas à saturação do solo em todos os cenários e projeções. No Anexo A6 são apresentadas as demandas hídricas decendiais relativas a este componente de cada Sub-Unidade da Bacia do Rio Pardo. Ressalta-se que esta demanda ocorre apenas no início da safra e, portanto, apenas os valores relativos aos primeiros decêndios são apresentados.

TABELA 6.15: Volumes Decendiais e Totais (hm<sup>3</sup>) Necessários para Suprir as Demandas para Saturação do Perfil do Solo em Todos os Cenários e Projeções

Cenário - Projeção	Decêndios			Safra
	out/02	out/03	nov/01	
	Volumes (hm <sup>3</sup> )			
Atual	0,949	0,902	0,447	2,297
Tendencial – 4 anos	0,681	1,217	1,072	2,970
Otimista – 4 anos	0,000	0,000	2,854	2,854
Tendencial – 12 anos	0,382	2,022	1,667	4,071
Otimista – 12 anos	0,000	0,000	3,921	3,921

Verifica-se que a demanda para a saturação do perfil dos solos ocorre do início do segundo decêndio de outubro até o final do primeiro decêndio de novembro nos cenários Atual e Tendencial, devido à participação, nestes cenários, de cultivares com duração de ciclo diferenciado (precoce, médio e longo), que determinam épocas de semeadura diferentes e, conseqüentemente, de entrada de água para saturação do solo. Pelo contrário, nos cenários otimistas, esta demanda fica concentrada no primeiro decêndio de novembro, porque apenas um tipo de cultivar foi considerado nestes cenários (precoce), determinando um único período de semeadura e de entrada de água para saturação.

#### 6.4.3. Lâmina Superficial

A seguir, na Tabela 6.16, são apresentados os volumes decendiais necessários para a formação da lâmina superficial das lavouras de arroz na Bacia do Rio Pardo, nos cinco cenários. O Anexo A7 apresenta as vazões relativas a este componente para cada Sub-Unidade de Estudo.

TABELA 6.16: Volumes Decendiais e Totais (hm<sup>3</sup>) Necessários para a Formação da Lâmina Superficial na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções

Cenário - Projeção	Decêndios					Safra
	out/01	out/02	out/03	nov/01	nov/02	
	Volumes (hm <sup>3</sup> )					
Atual	1,042	1,876	3,599	1,968	0,975	9,461
Tendencial – 4 anos	0,365	0,985	2,689	2,776	2,798	9,613
Otimista – 4 anos	0,000	0,000	1,820	2,185	5,355	9,360
Tendencial – 12 anos	0,133	0,694	1,975	3,455	3,348	9,605
Otimista – 12 anos	0,000	0,000	1,351	1,623	5,858	8,833

A mesma explicação dada anteriormente sobre a saturação do solo é válida também para a lâmina de água superficial com relação a sua distribuição no tempo. Nos cenários Atual e Tendencial observa-se que esta demanda fica distribuída entre os decêndios iniciais e, no Otimista, em apenas dois decêndios.

#### 6.4.4. Fluxo Lateral

A Tabela 6.17 compara os volumes totais decendiais demandados nos diferentes cenários e projeções para o suprimento das perdas por fluxo lateral. O Anexo A8 apresenta

estes volumes discretizados por Sub-Unidade de Estudo na forma de demanda específica (vazão).

TABELA 6.17: Volumes Decendiais e Totais (hm<sup>3</sup>) Necessários para Suprir as Perdas por Fluxo Lateral na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções

Cenário - Projeção	Decêndios											Saфра	
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03		fev/01
	Volumes (hm <sup>3</sup> )												
Atual	0,011	0,057	0,468	0,717	0,874	0,874	0,874	0,874	0,874	0,874	0,874	0,874	8,245
Tendencial – 4 anos	0,004	0,026	0,214	0,489	0,887	0,887	0,887	0,887	0,887	0,887	0,887	0,887	7,827
Otimista – 4 anos	0,000	0,000	0,020	0,088	0,804	0,804	0,804	0,804	0,804	0,804	0,804	0,804	6,541
Tendencial – 12 anos	0,001	0,016	0,129	0,474	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	7,478
Otimista – 12 anos	0,000	0,000	0,015	0,083	0,591	0,591	0,591	0,591	0,591	0,591	0,591	0,591	4,827

Dentro das mesmas projeções, entre os cenários, verifica-se que a demanda para suprir as perdas de água por fluxo lateral é nula nos primeiros decêndios dos cenários otimistas, devido ao ciclo precoce das cultivares, o qual condiciona o início destas perdas com certa defasagem em relação aos cenários Atual e Tendencial, que possuem cultivares com três diferentes durações de ciclo, e conseqüentemente com três diferentes períodos de entrada de água. A partir do terceiro decêndio de novembro as diferenças verificadas entre os cenários (Tendencial e Otimista) dentro das mesmas projeções se atribuem à sistematização, que proporciona gradiente hidráulico menor, resultando em menores demandas nos cenários otimistas.

#### 6.4.5. Análise Integrada das Demandas

As diferentes combinações de sistemas de produção (forma de adequação do terreno, duração de ciclo da cultivar e condição inicial de umidade dos solos) distribuídas na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, cujas características edafo-climáticas também são variadas, determinam diferentes demandas de água para os cenários estabelecidos. Desta forma, a análise integrada das demandas totais na Bacia se torna conveniente, procurando-se sempre que possível, identificar a (s) variável (eis) que assume (m) maior relevância na determinação destas diferenças nas demandas.

A Tabela 6.18 apresenta os volumes totais demandados para irrigação de arroz na Bacia, por decêndio e para a safra, nos cenários estabelecidos. A Tabela 6.19, por sua vez, apresenta para cada cenário e projeção os percentuais relativos a cada componente da demanda. A Tabela 6.20 mostra os volumes específicos demandados, representados pela relação entre o volume total e a área cultivada, em cada cenário e projeção, para cada componente.

TABELA 6.18: Volumes Decendiais Totais (hm<sup>3</sup>) Demandados para Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções

Cenário - Projeção	Decêndios													Safr
	Out/01	ou/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01	
	Volumes (hm <sup>3</sup> )													
Atual	1,04	3,78	7,05	6,82	6,39	5,49	5,38	8,55	8,75	5,03	5,29	5,65	5,41	74,63
Tendencial – 4 anos	0,36	2,00	4,26	7,39	8,36	5,87	5,73	9,20	9,41	5,37	5,66	6,05	5,80	75,46
Otimista – 4 anos	0,00	0,00	1,82	6,95	10,52	5,78	5,65	9,11	9,32	5,29	5,58	5,96	5,71	71,69
Tendencial – 12 anos	0,13	1,20	4,95	8,56	9,46	6,38	6,18	10,15	10,36	5,83	6,16	6,60	6,33	82,30
Otimista – 12 anos	0,00	0,00	1,35	6,97	11,58	6,11	5,92	9,87	10,09	5,56	5,90	6,33	6,06	75,73

TABELA 6.19: Volumes Totais Demandados por Componente da Demanda para Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções e Sua Participação Percentual

Cenário - Projeção	Evapo-transpiração (hm <sup>3</sup> )	Evapo-transpiração (%)	Saturação do Solo (hm <sup>3</sup> )	Saturação do Solo (%)	Lâmina Superficial (hm <sup>3</sup> )	Lâmina Superficial (%)	Fluxo Lateral (hm <sup>3</sup> )	Fluxo Lateral (%)
Atual	54,63	73,20%	2,30	3,08%	9,46	12,68%	8,24	11,05%
Tendencial – 4 anos	55,05	72,96%	2,97	3,94%	9,61	12,74%	7,83	10,37%
Otimista – 4 anos	52,94	73,84%	2,85	3,98%	9,36	13,06%	6,54	9,12%
Tendencial – 12 anos	61,14	74,29%	4,07	4,95%	9,60	11,67%	7,48	9,09%
Otimista – 12 anos	58,15	76,78%	3,92	5,18%	8,83	11,66%	4,83	6,37%

TABELA 6.20: Volumes Totais Demandados por Unidade de Área de cada Componente da Demanda para a Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções

Cenário - Projeção	Evapo-transpiração (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Saturação do Solo (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Lâmina Superficial (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Fluxo Lateral (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Total (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )
Atual	6.479,7	272,8	1.122,0	977,3	8.851,9
Tendencial – 4 anos	6.049,5	326,4	1.056,0	860,4	8.292,3
Otimista – 4 anos	5.817,6	313,2	1.028,6	718,7	7.878,0
Tendencial – 12 anos	6.057,1	403,2	951,1	741,0	8.152,4
Otimista – 12 anos	5.760,8	388,3	874,8	478,5	7.502,5

### Evapotranspiração

O principal componente da demanda total, em todos os cenários e projeções, é a evapotranspiração (consumo propriamente dito do arroz), cuja percentagem varia de 73,0 a 78,0% do valor total demandado. Dentro de cada projeção (4 e 12 anos), verifica-se que a demanda total para suprir a evapotranspiração é menor nos cenários otimistas (5.818 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.safra<sup>-1</sup> na projeção de 4 anos e 5.761 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.safra<sup>-1</sup> na de 12 anos), em virtude da utilização de cultivares de ciclo precoce (ciclo mais curto). Na projeção de 12 anos, verifica-se que o percentual correspondente à evapotranspiração é maior, sendo de 74,3% no cenário Tendencial e 76,8% no Otimista. Este fato confirma a melhoria na eficiência da irrigação, ou seja, o valor de demanda mais próximo do valor de consumo, dada pelas reduções dos demais componentes da demanda total.

### Saturação do Solo

Os volumes de água demandados para saturação do solo variam de 273 (cenário Atual) a 403 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.safra<sup>-1</sup> (cenário Tendencial – 12 anos). Em todos os cenários e projeções verifica-se aumento da demanda para saturação do perfil do solo em relação ao cenário Atual,

o que é atribuído à diminuição gradativa dos sistemas de semeadura em solo inundado. A demanda para saturação do solo é a menos representativa da demanda total, variando de 2,30% (cenário Atual) a 4,07% (cenário Tendencial – 12 anos).

#### *Lâmina Superficial*

A demanda para formação da lâmina de água superficial diminui consideravelmente do cenário Atual para os horizontes de 4 e 12 anos, especialmente nos cenários otimistas, retratando os benefícios diretos da sistematização das lavouras. Verificam-se valores demandados por unidade de área cultivada variando de  $875 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{safra}^{-1}$  (cenário Otimista – 12 anos) a  $1.122 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{safra}^{-1}$  (cenário Atual). Em termos de participação percentual, este componente varia de 8,83% (cenário Otimista – 12 anos) a 9,61% (Tendencial – 4 anos) da demanda total.

#### *Fluxo Lateral*

As demandas para suprir as perdas pelo fluxo hídrico lateral variam de 4,8% (cenário Otimista – 12 anos) a 8,2% (cenário Atual) das demandas totais. Nas duas projeções do cenário Otimista (4 e 12 anos), o percentual de participação deste componente é baixo, o que é explicado pela menor altura da lâmina superficial resultante da sistematização, que proporciona menor gradiente hidráulico e, conseqüentemente, menor fluxo, e também pelo menor período de irrigação devido à utilização de cultivares de ciclo menor. Em termos de volume, as variações ocorrem de  $478 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{safra}^{-1}$  (cenário Otimista – 12 anos) a  $977 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{safra}^{-1}$  (cenário Atual).

#### *Demanda Total*

A demanda total da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo para irrigação de arroz é da ordem de  $74,6 \text{ hm}^3$  (cenário Atual). Num horizonte de 4 anos (safra 2008/2009), cuja área de cultivo tende a aumentar 8,0% em relação à atual, espera-se que a demanda total atinja valores da ordem de  $75,5 \text{ hm}^3$ , representando aumento de 1,2%. No cenário Otimista, no entanto, e dentro deste mesmo horizonte, poder-se-ia esperar uma demanda total mais baixa que a atual, da ordem de  $71,7 \text{ hm}^3$  (diminuição de 3,9% em relação à demanda atual). Num horizonte de 12 anos (safra 2016/2017), com área 19,7% maior que a atual, espera-se que a demanda atinja um total de  $82,3 \text{ hm}^3$ , representando um aumento de 10% na demanda, em relação à demanda atual. Neste mesmo horizonte e, em uma expectativa otimista, pode-se chegar a uma demanda total da ordem de  $75,7 \text{ hm}^3$  (1,5% a mais do que a atual).

A sistematização das lavouras seria a maior responsável pela diminuição do consumo de água nos cenários otimistas. Para confirmar isso, basta observar que a demanda de água no cenário Otimista – 12 anos é 1,5% maior do que no cenário Atual, e a área cultivada, por sua vez, é 20% maior.

Avaliando-se o montante demandado através da relação volume total/área cultivada, verifica-se que o cenário Atual é responsável pelos maiores volumes ( $8.852 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{safra}^{-1}$ ), seguido do Tendencial – 4 anos ( $8.292 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{safra}^{-1}$ ), Tendencial – 12 anos ( $8.152 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{safra}^{-1}$ ), Otimista – 4 anos ( $7.878 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{safra}^{-1}$ ) e Otimista – 12 anos ( $7.502 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{safra}^{-1}$ ). Os resultados mostram que, em uma evolução natural (representado pelo cenário Tendencial), são esperadas reduções nos volumes específicos (volumes totais demandados/área total cultivada) para irrigação de arroz na Bacia do Rio Pardo, dadas pelas alterações nos padrões de uso e manejo do solo (aumento de áreas sistematizadas e utilização de cultivares de ciclo mais curto). Os resultados obtidos nas projeções do cenário Otimista evidenciam, ainda, que existe a possibilidade deste volume ser ainda menor. Neste contexto, pode-se inferir que mais área poderá ser cultivada com o passar dos anos, mantendo-se a mesma demanda total que se tem atualmente (safra 2003/2004). Assim, pela tendência de crescimento que se observa na Bacia e, considerando que os padrões de uso e manejo das lavouras realmente aconteçam da forma como foi exposto nesta dissertação, num horizonte de 4 anos a Bacia do Rio Pardo pode estar cultivando mais terras e consumindo o mesmo volume que nos dias atuais. No entanto, a partir deste horizonte (acima de 4 anos), a demanda total ultrapassa a demanda atual, mas a taxas de crescimento inferiores do que a taxa de crescimento da área cultivada. Estes resultados estão evidenciados na Tabela 6.21.

TABELA 6.21: Taxas de Crescimento/Decaimento dos Volumes Demandados para Irrigação de Arroz e da Área Cultivada nos Cenários Futuros da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Relação ao Cenário Atual

Cenário - Projeção	Área Cultivada Total (ha)	Demanda Total ( $\text{hm}^3$ )	Taxa de Crescimento/Decaimento da Área Cultivada (ao ano) com Relação ao Cenário Atual	Taxa de Crescimento/Decaimento da Demanda (ao ano) com Relação ao Cenário Atual
Atual	8.431	74,6	-	-
Tendencial – 4 Anos	9.100	75,5	1,93%	0,28%
Otimista – 4 Anos	9.100	71,7	1,93%	-1,00%
Tendencial – 12 Anos	10.094	82,3	1,51%	0,82%
Otimista – 12 Anos	10.094	75,7	1,51%	0,12%

Salienta-se que as demandas específicas calculadas nesta dissertação variam de cerca de  $7.500$  a  $8.800 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{safra}^{-1}$ , o que, parece, num primeiro momento, muito baixas, frente aos volumes apresentados em estudos clássicos, especialmente de dimensionamento de sistemas de irrigação. No entanto, estudos mais recentes, como os de Weber (2000), Marcolin & Macedo (2001) e Machado et al. (2006), têm demonstrado cada vez mais que é possível

que se utilizem volumes desta magnitude nas lavouras de arroz, embora os volumes solicitados pelos irrigantes no momento da outorga sejam, geralmente, muito maiores. Este fato, segundo Muller & Dewes (2005), decorre, em primeiro lugar, da necessidade de se suprir as perdas de água no sistema de irrigação e, em segundo, da insegurança do produtor em ter o recurso hídrico garantido no momento da irrigação, o que o faz solicitar volume maior do que aquele que ele realmente vai alocar em sua lavoura. Acrescenta-se a isso o fato de a água bruta ainda não ser onerada, sendo objeto apenas de outorga. O Departamento de Recursos Hídricos, da Secretaria de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, chega a receber pedidos de até  $17.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{safr}^{-1}$ . Devido a isso, o departamento estabeleceu o limite de  $14.000 \text{ m}^3$  de água por hectare de arroz. Muller & Dewes (2005) lembram que são poucos os irrigantes que solicitam menos do que o limite, pois querem ter o recurso garantido para desenvolvimento de sua atividade.

As Figuras 6.9 a 6.11 apresentam, na safra, a variação temporal das demandas para irrigação de arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo nos cenários estabelecidos.

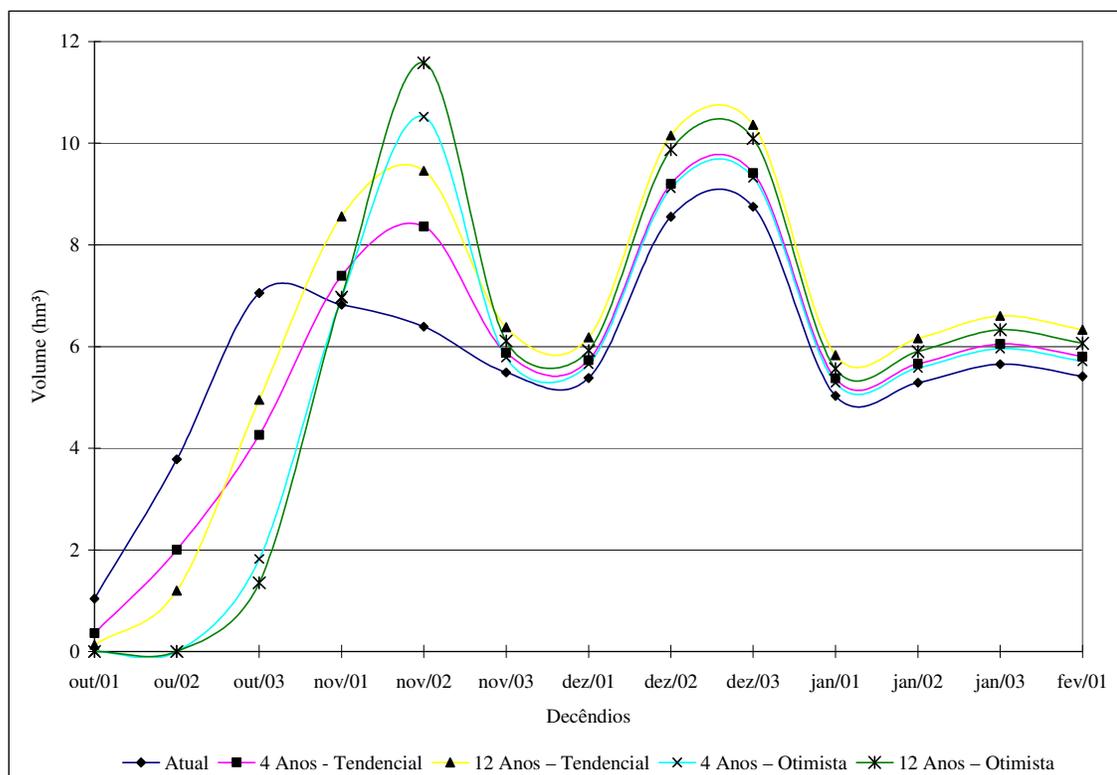


FIGURA 6.9: Variação Temporal por Decêndio das Demandas Hídricas para Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo em Todos os Cenários e Projeções

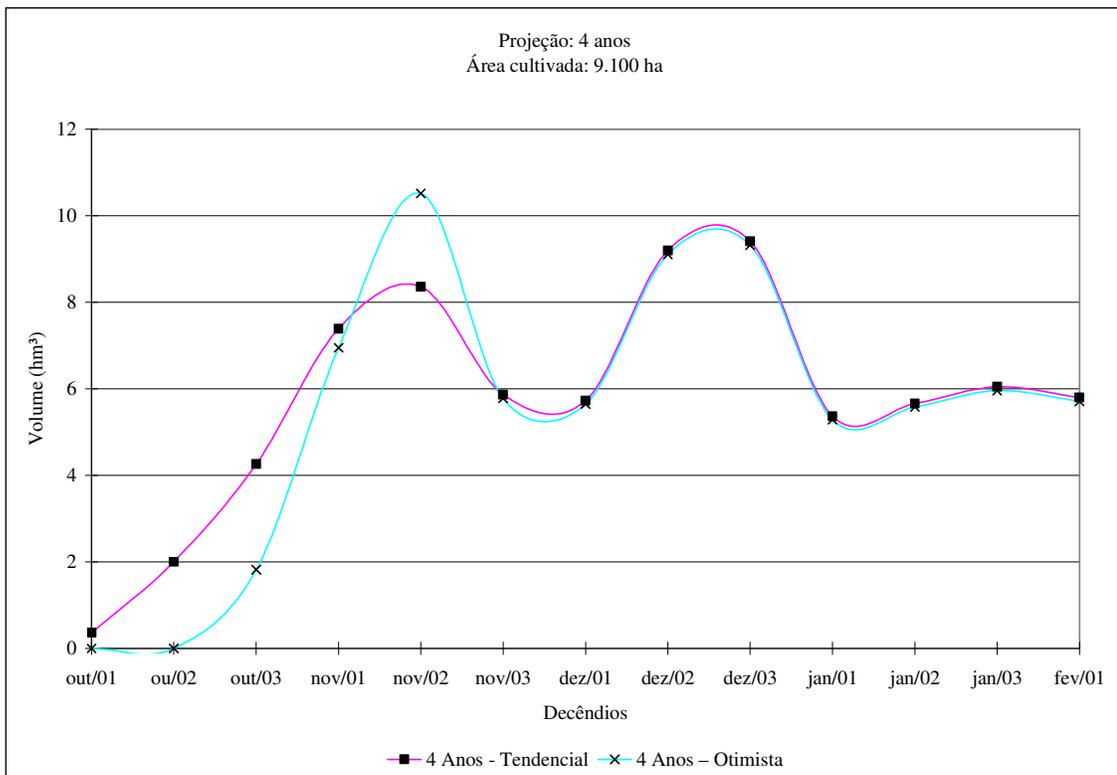


FIGURA 6.10: Variação Temporal por Decêndio das Demandas Hídricas para Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Projeção de 4 Anos

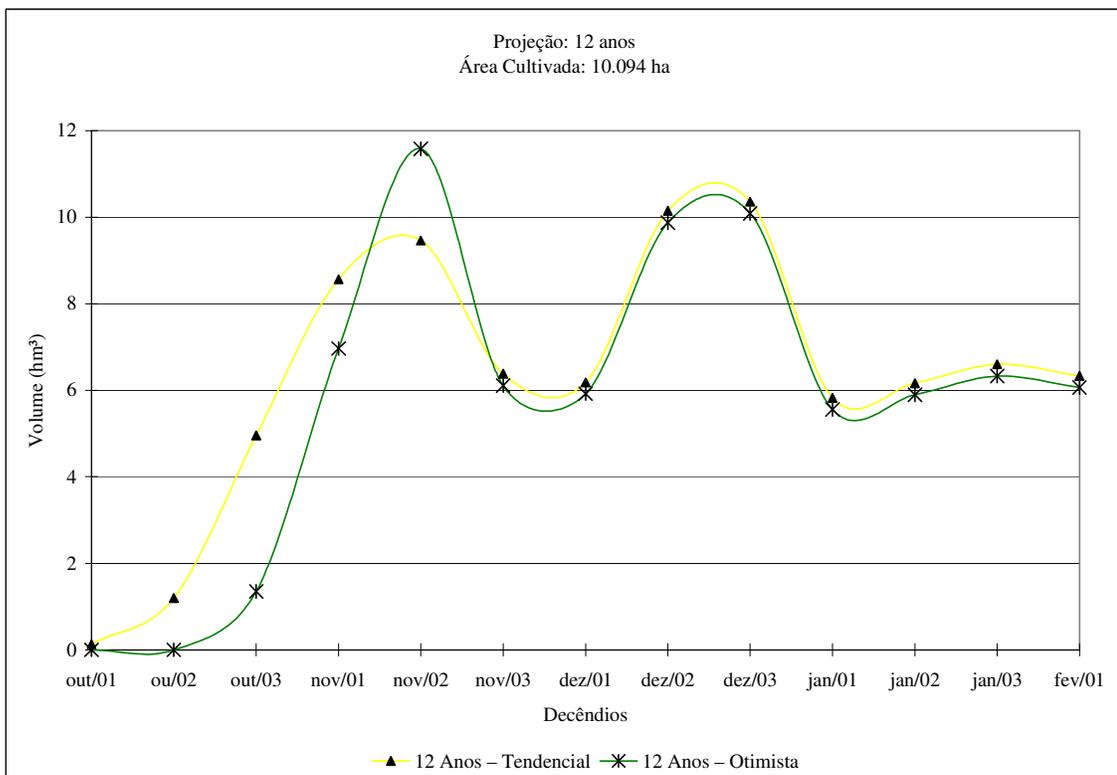


FIGURA 6.11: Variação Temporal por Decêndio das Demandas Hídricas para Irrigação de Arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Projeção de 12 Anos

Através das Figuras 6.10 e 6.11, que permitem que se faça a comparação entre os dois cenários (Otimista e Tendencial) dentro das mesmas projeções (4 anos e 12 anos), pode-se observar que existem diferenças evidenciadas entre cenários, especialmente nos seis primeiros decêndios da safra, em ambas as projeções. A partir deste período, as demandas dos dois cenários em ambas as projeções tornam-se muito próximas, o que é explicado pelo predomínio da demanda para suprir a evapotranspiração, que é igual em ambos os cenários. As pequenas diferenças que se observam a partir do primeiro decêndio de dezembro se devem ao fluxo lateral, que é menor no cenário Otimista devido a menor altura da lâmina superficial que condiciona gradiente hidráulico mais baixo.

A demanda mais elevada no cenário Tendencial, nos primeiros decêndios, em relação ao Otimista, explica-se pelo predomínio, naquele cenário, da demanda evapotranspirativa (no cenário Tendencial existem cultivares de ciclo longo, que são semeadas mais cedo), da lâmina superficial (a formação da lâmina começa mais cedo também), da saturação do perfil e do fluxo lateral. No mês de novembro, no entanto, ocorre no cenário Otimista uma concentração das demandas, dada pela saturação do perfil e formação da lâmina, o que explica seu maior valor com relação ao Tendencial (pico). Em ambos os cenários, verificam-se menores demandas no último decêndio de novembro, época em que as demandas iniciais de água já terminaram (para qualquer ciclo) e que a demanda evapotranspirativa ainda é baixa. Os picos de demanda ocorrem durante o mês de dezembro e início de janeiro, devido, especialmente à evapotranspiração.

O comportamento das demandas, tanto na projeção de 4 quanto na de 12 anos, é muito semelhante. As principais diferenças entre as projeções decorrem do total demandado, sendo maior na projeção de 12 anos, devido à maior área cultivada, e da diferença mais acentuada entre os cenários (Tendencial e Otimista), que é maior na projeção de 12 anos.

Com relação ao cenário Atual (Figura 6.9), em todos os cenários e projeções pode-se notar pequeno decréscimo na demanda no mês de outubro. Isso é verificado porque a tendência é de redução de uso de cultivares de ciclo longo, cuja semeadura ocorre mais cedo do que as demais, o que implica em antecipação das demandas hídricas.

No Anexo A9 podem ser conferidas as vazões totais demandadas por decêndio para irrigação de arroz nas Sub-Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, em todos os cenários estabelecidos. Estas vazões apresentadas foram utilizadas na confecção dos balanços hídricos (item seguinte). Neste caso, é interessante que se faça um comentário sobre a vazão de retorno da irrigação de arroz. Da maneira como a demanda para irrigação foi

estimada neste estudo, os únicos componentes que compõem a demanda total para a irrigação são a evapotranspiração, a saturação do solo, a lâmina superficial e o fluxo lateral. Diante disto, entende-se que a evapotranspiração é consumida, pois não retorna aos mananciais hídricos, constituindo-se em uma vazão de consumo; a saturação do solo permanece constante, sendo drenada e evaporada apenas após a drenagem no final da safra (vazão de consumo); a lâmina superficial se transforma em vazão de retorno apenas no final da safra (ao ser drenada) e o fluxo lateral é lento suficientemente para não ser considerado como disponível à jusante de onde ele ocorre. Por tudo isso, achou-se conveniente não considerar nenhuma vazão de retorno nos balanços hídricos, relacionada com a demanda para irrigação do arroz.

É importante destacar que nos cálculos não foram computadas as perdas por infiltração nos canais de condução e nem outras perdas de água no sistema (transbordamento sobre taipas, por exemplo). Estas perdas podem atingir de 2 a 6 mm.dia<sup>-1</sup> (Righes, 2006), representando volumes de 2.000 a 6.000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.safra<sup>-1</sup>. No entanto, considerando a evolução das tecnologias e o aumento da conscientização dos produtores acerca da necessidade de racionalização do uso da água, é possível e esperado que haja investimentos em melhorias nos sistemas de irrigação por inundação, minimizando as perdas oriundas do mal dimensionamento e do manejo inadequado.

As perdas por evaporação nos canais de irrigação não são significativas, principalmente em regiões onde os canais de irrigação apresentam pequena largura e extensão, como é o caso da Bacia do Rio Pardo. Em geral, os modelos matemáticos para cálculo de demandas hídricas para irrigação não incluem, em suas medições e simulações, as perdas nos canais que ligam o ponto de captação à área irrigada (LOUZADA, 2004).

A Tabela 6.22 apresenta as vazões de consumo<sup>1</sup> para as demais categorias de usos consuntivos da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, representadas pela população urbana e rural, dessedentação e higienização de animais e indústria nos cenários atuais e nos cenários futuros. A metodologia empregada em sua estimativa está apresentada no Anexo A4.

---

<sup>1</sup> Vazão de consumo = vazão demandada subtraída da vazão de retorno.

TABELA 6.22: Consumos Hídricos para os Demais Usos Consuntivos nas Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Cenário	UE	Vazão Consumida <sup>1,2</sup> (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )											
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Atual	AMPe	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
	AMPi	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
	An	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
	APb	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
	APe	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
	APi	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	APo	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
	BPb	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
	BPI	0,081	0,081	0,081	0,078	0,078	0,074	0,074	0,074	0,074	0,078	0,078	0,081
	BPO	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
	MPi	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
	MPo	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
	SMPo	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,029	0,029	0,029	0,029	0,030	0,030	0,030
	Bacia	0,210	0,210	0,210	0,207	0,207	0,202	0,202	0,202	0,202	0,207	0,207	0,210
4 anos	AMPe	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
	AMPi	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
	An	0,007	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007	0,009	0,008	0,007
	APb	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
	APe	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
	APi	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	APo	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	BPb	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
	BPI	0,085	0,087	0,087	0,083	0,083	0,080	0,080	0,080	0,080	0,082	0,082	0,085
	BPO	0,009	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,009
	MPi	0,011	0,009	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009	0,011
	MPo	0,027	0,025	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,026	0,027	0,027
	SMPo	0,031	0,032	0,032	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031
	Bacia	0,224	0,223	0,225	0,220	0,220	0,216	0,216	0,216	0,216	0,219	0,218	0,224
12 anos	AMPe	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
	AMPi	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
	An	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
	APb	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
	APe	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
	APi	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	APo	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
	BPb	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
	BPI	0,102	0,100	0,094	0,090	0,090	0,087	0,087	0,087	0,087	0,090	0,099	0,102
	BPO	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
	MPi	0,012	0,012	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,011	0,014	0,015
	MPo	0,029	0,027	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,030	0,029
	SMPo	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,033	0,033	0,033	0,033	0,034	0,034	0,034
	Bacia	0,258	0,254	0,248	0,244	0,244	0,240	0,240	0,240	0,240	0,245	0,258	0,261

(Fonte: adaptado de ECOPLAN, 2005b)

A Tabela 6.23 mostra a expressividade da irrigação de arroz nos meses de verão na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo frente aos demais usuários de água. De novembro a janeiro, a demanda para irrigação de arroz, em todos os cenários e projeções representa mais de 95% da demanda total. Nos cenários Atual e Tendencial, no mês de outubro, a demanda também é significativa, representando cerca de 90% da demanda total. No cenário Otimista, no entanto, observa-se que este percentual, neste mês, cai para cerca de 70%, o que ocorre devido à utilização de cultivares de ciclo precoce que são semeadas mais tardiamente. Em fevereiro, em todos os cenários e projeções, a demanda para irrigação gira em torno de 91% do total.

TABELA 6.23: Participação da Irrigação de Arroz nos Consumos Hídricos Mensais da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Cenário - Projeção	Usuário	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Atual	Outros usos (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21
	Irrigação de arroz (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	5,96	2,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,43	7,21	8,47
	Total (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	6,17	2,45	0,21	0,21	0,21	0,2	0,2	0,2	0,2	4,64	7,42	8,68
	Irrigação de arroz (%)	96,6	91,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,5	97,2	97,6
Tendencial – 4 Anos	Outros usos (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
	Irrigação de arroz (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	6,38	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,47	8,34	9,09
	Total (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	6,60	2,62	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	2,69	8,56	9,31
	Irrigação de arroz (%)	96,7	91,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	91,8	97,4	97,6
Tendencial – 12 Anos	Outros usos (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,26	0,26
	Irrigação de arroz (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	6,94	2,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	9,42	9,96
	Total (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	7,20	2,87	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	2,59	9,68	10,22
	Irrigação de arroz (%)	96,4	91,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,7	97,3	97,5
Otimista – 4 Anos	Outros usos (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
	Irrigação de arroz (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	6,28	2,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	8,97	8,99
	Total (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	6,50	2,58	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,9	9,19	9,21
	Irrigação de arroz (%)	96,6	91,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,6	97,6	97,6
Otimista – 12 Anos	Outros usos (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,26	0,26
	Irrigação de arroz (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	6,64	2,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	9,51	9,66
	Total (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	6,90	2,76	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,74	9,77	9,92
	Irrigação de arroz (%)	96,2	90,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,6	97,3	97,4

A sazonalidade das demandas verificadas ao longo do ano na Bacia, e acentuada no período de irrigação, também ocorre com a disponibilidade hídrica superficial, porém, seguindo comportamento oposto. No inverno, época em que as demandas são relativamente baixas, verifica-se grande disponibilidade hídrica nos cursos de água, resultado do regime de precipitação pluvial elevado e da baixa evapotranspiração. No verão, ao contrário, a disponibilidade hídrica superficial é baixa e as demandas são elevadas, resultando em conflitos e disputas entre usuários pela água disponível em muitos locais. Este fato será evidenciado no item seguinte, quando as disponibilidades hídricas serão confrontadas com as demandas.

É importante destacar que a quantidade de água necessária para a manutenção dos ecossistemas aquáticos e associados, não obstante sua relevância, não foi considerada como um uso consuntivo para fins de cálculo dos balanços hídricos quantitativos, tema do próximo item. Porém, foi incorporada nos resultados através de sua comparação com os resultados dos balanços.

### 6.5. Balanço Hídrico nos Cenários Atual e Futuros

Os resultados dos balanços hídricos são apresentados para a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, como um todo, e para as Sub-Unidades de Estudo. Vale lembrar as seguintes considerações feitas com relação aos balanços:

- Adotaram-se, como disponibilidade hídrica, as vazões mensais com 90% de garantia de excedência ( $Q_{90\%}$  - vazão outorgável da Bacia);
- As disponibilidades foram confrontadas com as vazões de consumo. A vazão de retorno, considerada apenas para o abastecimento humano, dessedentação de animais e uso industrial, foi considerada sem defasagem temporal e espacial;
- Os excessos hídricos das Sub-Unidades de montante foram acumulados nas de jusante, conforme o fluxograma apresentado na Figura 5.9 e
- Nas análises finais dos balanços, as vazões resultantes foram avaliadas comparativamente às vazões mínimas (Tabela 5.20).

As Figuras 6.12 a 6.16 apresentam os balanços hídricos decendiais na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo nos cinco cenários estabelecidos durante os meses de irrigação de arroz.

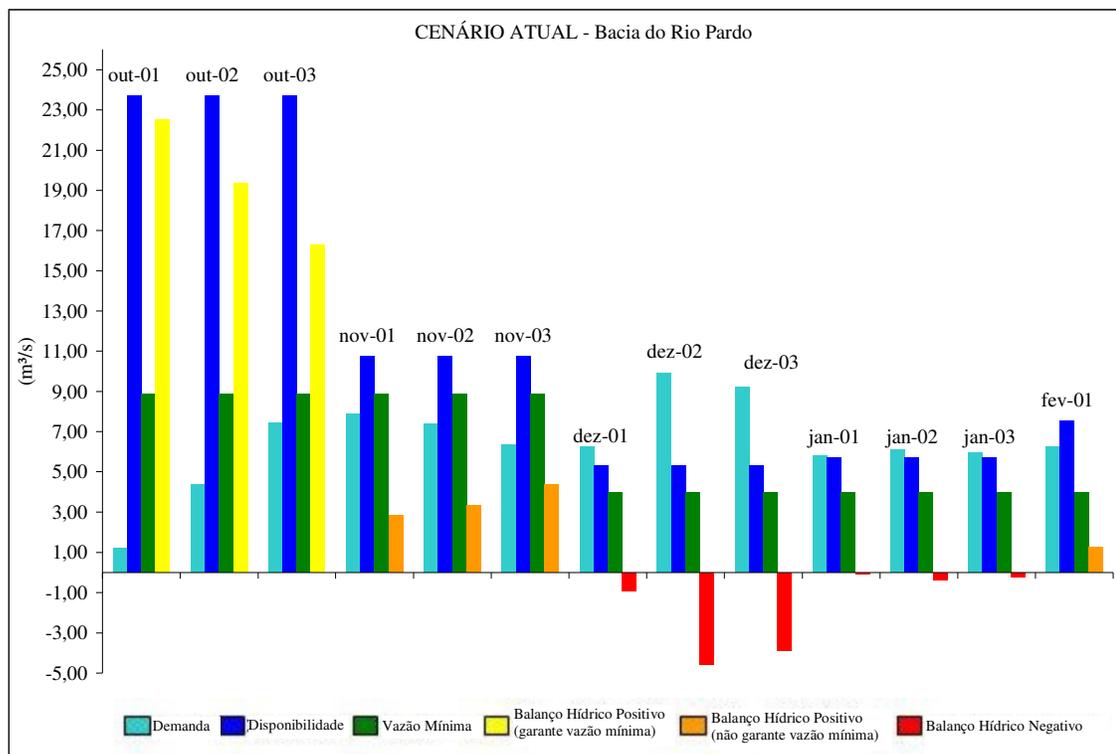


FIGURA 6.12: Balanço Hídrico Decendial na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

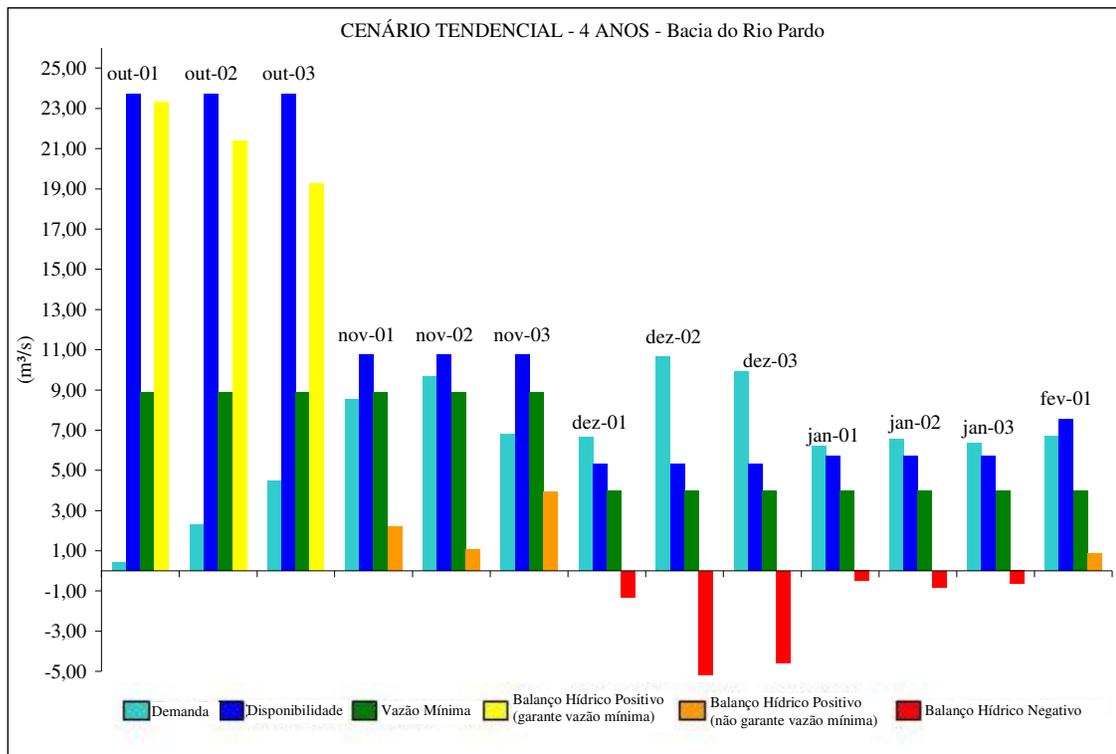


FIGURA 6.13: Balanço Hídrico Decenal na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

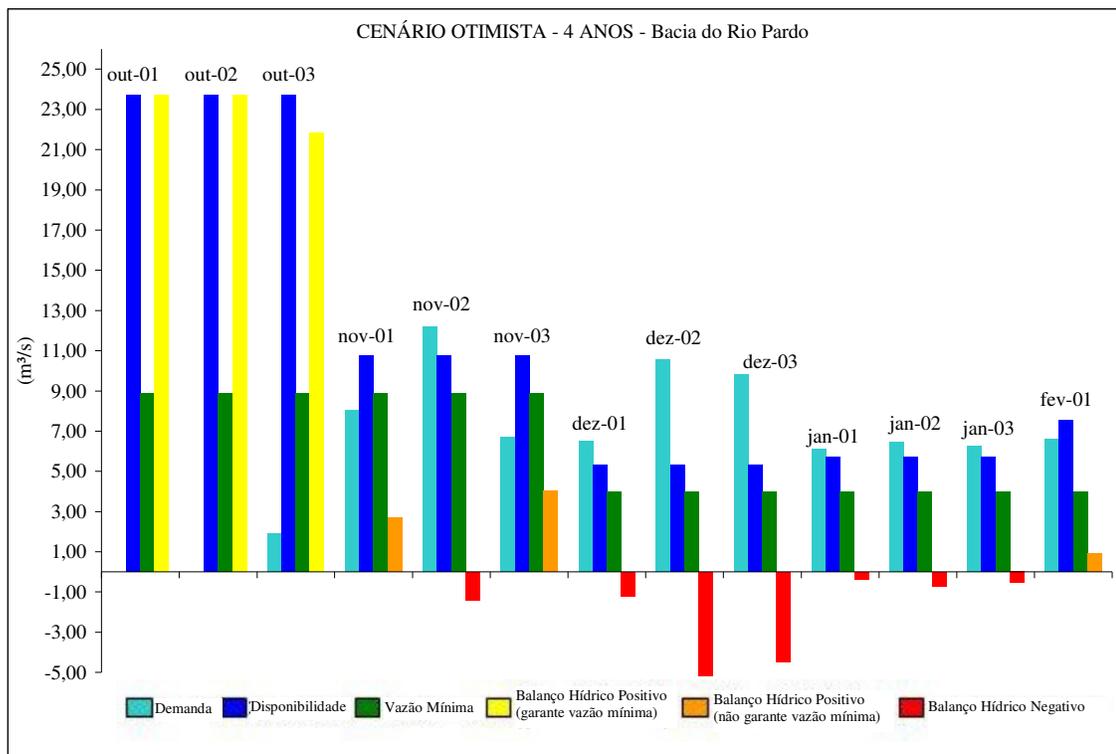


FIGURA 6.14: Balanço Hídrico Decenal na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

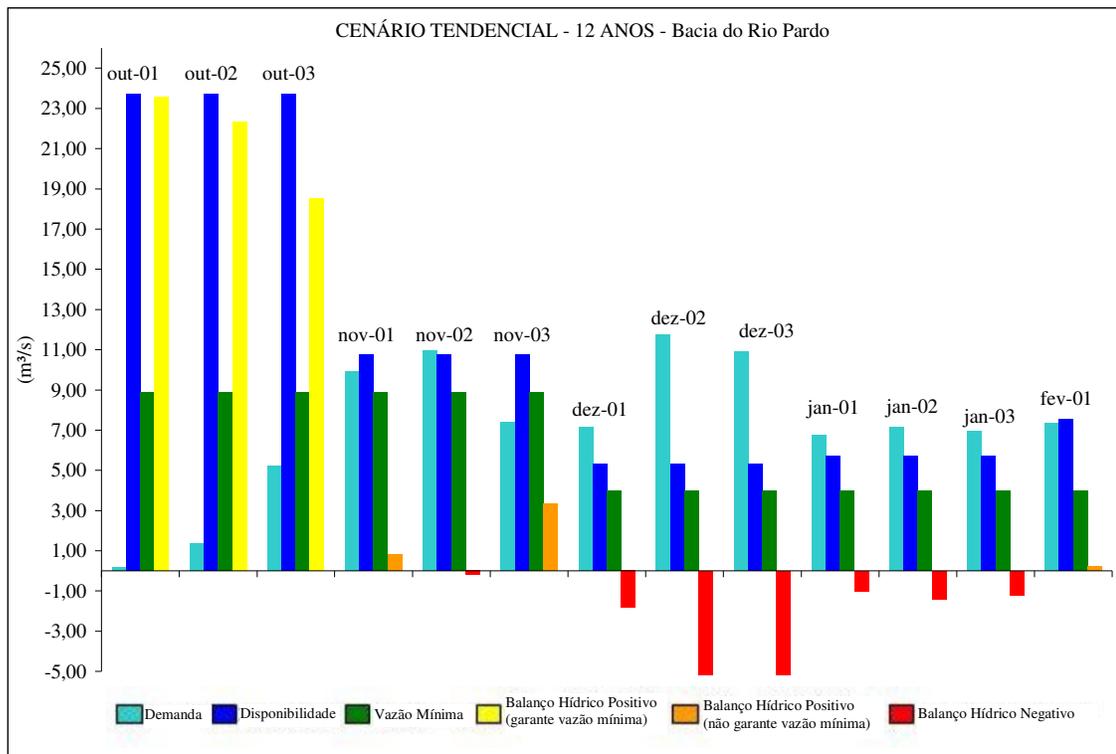


FIGURA 6.15: Balanço Hídrico Decenal na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

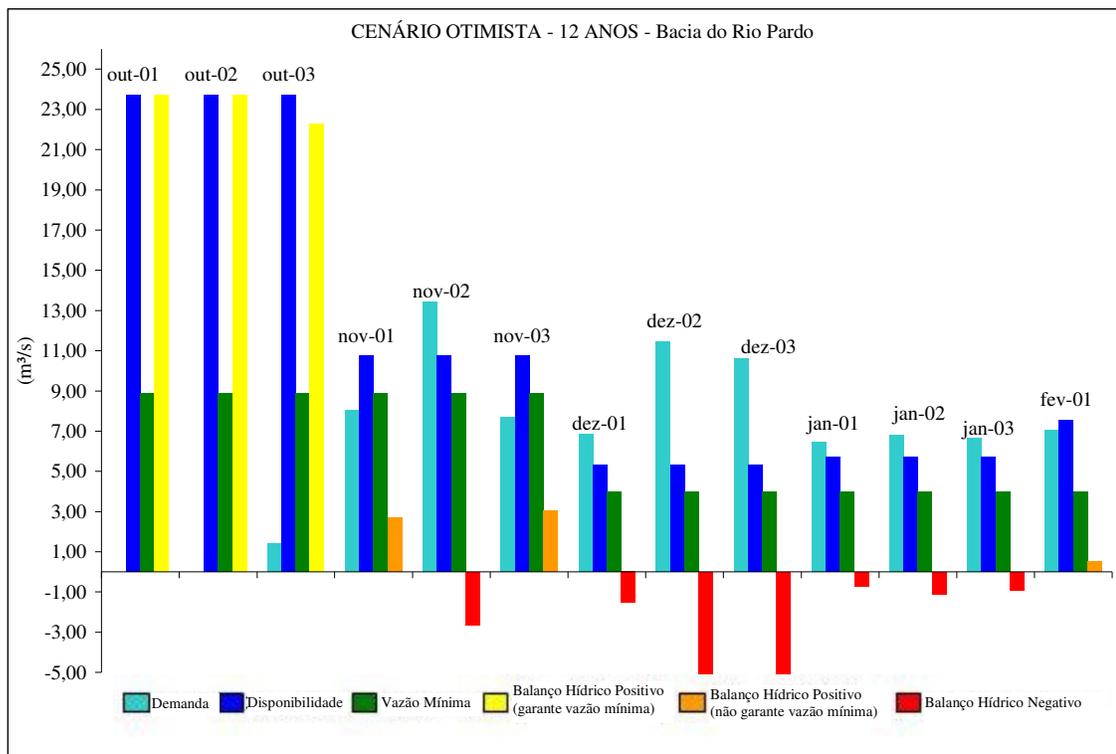


FIGURA 6.16: Balanço Hídrico Decenal na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

Verifica-se a ocorrência persistente de déficits hídricos em todos os cenários e projeções da Bacia do Rio Pardo, concentrados, especialmente, nos meses de dezembro e janeiro, período em que coincide a alta demanda hídrica e a baixa disponibilidade.

Em outubro, a disponibilidade hídrica é suficiente para atender as demandas consuntivas e garantir a vazão mínima a ser mantida nos cursos de água em todos os cenários e projeções. Em novembro, nos cenários Atual e Tendência – 4 Anos, as disponibilidades hídricas atendem às demandas, porém, sem garantir a integridade da vazão mínima a ser garantida. Nos cenários otimistas e no cenário Tendencial -12 Anos, no segundo decêndio deste mês (novembro), o balanço hídrico é negativo, o que pode ser explicado pelo maior percentual de cultivares de arroz de ciclo precoce, cuja semeadura concentra-se no mesmo período, concentrando também as demandas iniciais de água para as lavouras (saturação do solo e lâmina superficial).

Em geral, os déficits são menores no cenários Atual e, dentro das mesmas projeções futuras (4 e 12 anos), nos cenários otimistas.

Os balanços hídricos na forma gráfica para as Sub-Unidades de Estudo constam no Anexo A10, onde são apresentados os balanços apenas para aquelas Sub-Unidades que apresentaram déficit hídrico em pelo menos um decêndio durante os meses de irrigação e em pelo menos um cenário. Em todos os cenários e projeções não foram verificados déficits hídricos nas seguintes Sub-Unidades orizícolas: MPo, SMPo-1, SMPo-2, SMPo-3, SMPo-4, SMPo-8, BPo-5, BPi-1, BPi-2, An-1, MPi-1, MPi-2, MPi-3, BPb-1, BPb-3 e APb.

Nos itens a seguir são realizados alguns comentários a respeito dos balanços hídricos nas Sub-Unidades com déficits, onde o seguinte julgamento foi tido como base:

- a) Situação de excesso hídrico: quando a oferta hídrica atende a 100% dos usos consuntivos e a vazão remanescente é superior à mínima necessária a ser garantida nos cursos de água;
- b) Situação de déficit hídrico ambiental: quando a oferta hídrica atende a 100% dos usos consuntivos, porém a vazão remanescente é inferior à mínima necessária para ser garantida;

- c) Situação de déficit hídrico operacional: a oferta hídrica é suficiente para atender parte dos usos consuntivos e o déficit é de até 20% do total demandado. Não há vazão remanescente nos leitos e
- d) Situação de déficit hídrico severo: a oferta hídrica é suficiente para atender parte dos usos consuntivos e o déficit é superior a 20% do total demandado. Não há vazão remanescente nos leitos.

#### *Sub-Médio Pardo – SMPo-5*

A Sub-Unidade SMPo-5 é a que apresenta a maior área irrigada da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. No cenário Atual, a Sub-Unidade cultiva cerca de 2.705 ha de arroz irrigado. Na projeção de 4 anos, 3.025 ha; e na de 12 anos, 3.155 ha. A Sub-Unidade apresenta déficit hídrico severo (déficit superior a 20% da demanda) em todos os cenários e projeções nos dois últimos decêndios de dezembro.

No cenário Atual, o déficit no segundo decêndio de dezembro é de  $0,88 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Esta vazão é suficiente para a irrigação de 760 ha de arroz (considerando a demanda específica deste cenário). Considerando a necessidade de manutenção da vazão mínima, o déficit atual aumenta para  $1,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , representando escassez hídrica para 975 ha de arroz (36% do total cultivado).

Em termos gerais, contata-se que o déficit é maior nos cenários tendenciais, comparando-se as mesmas projeções. Percentualmente, no cenário Atual, o déficit de dezembro (dois últimos decêndios) é de cerca de 25% da demanda. No cenário Tendencial – 4 anos é de 33%, e no Otimista, de 31%. Na projeção de 12 anos, este percentual é de 35% no Tendencial, e de 31% no Otimista.

Avaliando-se a situação mais crítica, representada pelo segundo decêndio de dezembro, no cenário Tendencial – 12 anos, contata-se um déficit de  $1,37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , o que representa um prejuízo para uma área de 1.220 ha (38% do previsto). Considerando, ainda, a necessidade de se manter a vazão mínima, o déficit deste cenário aumenta para  $1,62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , prejudicando o cultivo de 1.440 ha (46% do previsto).

#### *Sub-Médio Pardo – SMPo-6*

A Sub-Unidade SMPo-6 possui cerca de 110 ha cultivados no cenário Atual, 186 ha na projeção de 4 anos e 254 na de 12 anos. A situação atual é de déficit hídrico ambiental nos

dois últimos decêndios de dezembro. Nas projeções futuras, em todos os cenários, a situação passa para déficit hídrico operacional, com déficits inferiores a 20% da demanda. s

#### *Sub-Médio Pardo – SMPo-7*

A Sub-Unidade SMPo-7 cultiva, atualmente (safra 2003/2004), cerca de 430 ha de arroz irrigado. A situação atual é de déficit hídrico operacional no segundo decêndio de dezembro, e de déficit hídrico ambiental no terceiro decêndio. Nos cenários da projeção de 4 anos, quando se prevê o cultivo de 462 ha, a situação, nos dois últimos decêndios de dezembro passa para déficit hídrico operacional. Já na projeção de 12 anos, a situação, tanto no cenário Tendencial como no Otimista, passa para déficit severo, com deficiência hídrica superior a 20% da demanda total. Os déficits chegam a  $0,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , e elevam-se para  $0,92 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , considerando a necessidade de manutenção da vazão mínima.

#### *Baixo Plumbs – BPb-2*

A Sub-Unidade BPb-2 mantém, atualmente (safra 2003/2004), o cultivo de 315 ha de arroz irrigado. No cenário Atual, a situação é de déficit hídrico ambiental nos dois últimos decêndios de dezembro. Na projeção de 4 anos é previsto o cultivo de 350 ha, condicionando a manutenção da situação atual deficitária (déficit ambiental) tanto no cenário Tendencial como no Otimista. Na projeção de 12 anos, no entanto, quando se prevê o cultivo de 395 ha, a situação passa para déficit operacional. Na projeção de 12 anos também ocorrem déficits ambientais no primeiro decêndio de dezembro.

#### *Baixo Plumbs – BPb-4*

A Sub-Unidade BPb-4 apresenta situação de déficit hídrico severo (déficit superior a 20% da demanda) em todos os cenários e projeções, nos dois últimos decêndios de dezembro. A situação é pior no cenário Tendencial – 12 anos, quando é previsto o cultivo de 225 ha, chegando a faltar 70% do total demandado. A deficiência neste cenário, para o segundo decêndio de dezembro é de  $0,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  e, considerando a necessidade de manutenção da vazão mínima, de  $0,22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Verifica-se a ocorrência de déficit hídrico ambiental também no primeiro decêndio de dezembro, nos dois cenários da projeção de 12 anos.

#### *Baixo Pardinho – BPi-3*

A Sub-Unidade BPi-3, localizada na vertente do Rio Pardinho (principal afluente do Rio Pardo) possui 380 ha irrigados. A situação atual é de déficit hídrico ambiental (a vazão remanescente não é suficiente para atender à demanda ecológica). Esta condição ocorre nos dois últimos decêndios de janeiro.

Na projeção de 4 anos, onde se espera o cultivo de 403 ha, a condição é de déficit operacional nos dois últimos decêndios de janeiro, quando ocorrem déficits de ordem menor do que 20% da demanda, em ambos os cenários (Tendencial e Otimista). Nos dois cenários também se constata déficit ambiental no primeiro decêndio de janeiro.

Na projeção de 12 anos, onde a área plantada com arroz irrigado é de cerca de 410 ha, ocorrem, no cenário Tendencial, déficits severos (maior do que 20% da demanda) no segundo decêndio de janeiro, e operacionais no terceiro decêndio deste mês, e também no segundo decêndio de dezembro. Nesta mesma projeção, porém no cenário Otimista, a situação é de déficit operacional nos dois últimos decêndios de janeiro e no segundo decêndio de dezembro. Em ambos os cenários da projeção de 12 anos, ocorre déficit ambiental no primeiro decêndio de janeiro.

#### *Baixo Pardinho – BPi-4*

Também localizada na vertente do Rio Pardinho, esta Sub-Unidade, cultivando 113 ha, passa por situação de déficit severo no segundo decêndio de janeiro, e ambiental no terceiro decêndio deste mês.

Na projeção de 4 anos, tanto no cenário Tendencial como no Otimista, a situação dos dois últimos decêndios de janeiro é de déficit severo, o que também ocorre no segundo decêndio de dezembro. Verifica-se também a ocorrência de déficit ambiental no primeiro decêndio de janeiro.

O cenário Tendencial da projeção de 12 anos apresenta situação de déficit severo nos três decêndios de janeiro e nos dois últimos decêndios de dezembro. No Otimista, a situação é semelhante, ocorrendo, no entanto déficit operacional (ao invés de severo) no último decêndio de dezembro. Nesta projeção espera-se o cultivo de 163 ha.

#### *Andréas – An-2*

A Sub-Unidade An-2 apresenta déficits hídricos severos nos três decêndios de janeiro, no primeiro decêndio de fevereiro e nos dois últimos decêndios de dezembro. Além disso, constata-se déficits operacionais no segundo decêndio de fevereiro, primeiro decêndio de novembro e primeiro decêndio de dezembro. Os déficits atuais chegam a  $0,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (segundo decêndio de dezembro).

Na projeção de 4 anos, no cenário Tendencial, os déficits aumentam. Contata-se déficit severo em todos os decêndios dos meses de irrigação, com exceção de outubro e do terceiro decêndio de novembro. Neste último o déficit é operacional. No cenário Otimista desta mesma projeção, no entanto, o déficit do primeiro decêndio de novembro passa para operacional e os déficits do segundo decêndio de novembro aumentam. Nos demais meses, apesar de ocorrerem déficits severos (acima de 20% da demanda), os valores são menores do que no cenário Tendencial.

Assim como no cenário Tendencial – 4 anos, na projeção de 12 anos ocorrem déficits severos em todos os meses de irrigação, com exceção do terceiro decêndio de novembro, no cenário Tendencial. Porém, com relação àquele cenário, os déficits, neste caso, são maiores. Na projeção de 12 anos, cenário Otimista, o déficit do primeiro decêndio de novembro passa para operacional, seguindo o mesmo comportamento da projeção de 4 anos. Também há déficits elevados no segundo decêndio de novembro.

#### *Baixo Pardo – BPo-1*

A Sub-Unidade BPo-1 cultiva cerca de 580 ha no cenário Atual. A situação é de déficit severo no segundo decêndio de dezembro, chegando a  $0,28 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  (sem considerar a vazão ecológica). Este déficit supriria a irrigação de 215 ha no cenário Atual. Considerando a necessidade de manutenção da vazão mínima, este déficit passa para  $0,42 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ .

Na projeção de 4 anos, no cenário Tendencial, o déficit é severo nos dois últimos decêndios de dezembro, chegando a  $0,42 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ , o que supriria a necessidade de 325 ha, ou seja, 49% do total esperado. No cenário Otimista, os déficits dos dois últimos decêndios de dezembro também são severos, chegando a  $0,41 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ , o que irrigaria 315 ha deste cenário.

Na projeção de 12 anos, no cenário Tendencial, os déficits também são severos nos dois últimos decêndios de dezembro, chegando a  $0,46 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ , o que supriria 360 ha (52% do total esperado). No Otimista, o déficit deste decêndio é de  $0,45 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ , necessários para irrigar 355 ha (51% do total).

#### *Baixo Pardo – BPo-2*

A Sub-Unidade BPo-2 possui cerca de 250 ha cultivados atualmente (safra 2003/2004), 258 ha na projeção de 4 anos e 260 ha na projeção de 12 anos. A situação é de

déficit hídrico severo nos dois últimos decêndios de dezembro, em todos os cenários e projeções.

#### *Baixo Pardo – BPo-3*

A Sub-Unidade BPo-3 cultiva 332, 347 e 422 ha, no cenário Atual, na projeção de 4 anos e na projeção de 12 anos, respectivamente. A situação é de déficit hídrico severo nos dois últimos decêndios de dezembro, em todos os cenários e projeções. O prejuízo destes déficits chega a 275 ha, no cenário Tendencial – 12 anos.

#### *Baixo Pardo – BPo-4*

A Sub-Unidade BPo-4 possui cerca de 145 ha cultivados atualmente (safra 2003/2004) e nas projeções de 4 anos, e 205 ha na projeção de 12 anos. A situação é de déficit hídrico severo nos dois últimos decêndios de dezembro, em todos os cenários e projeções.

#### *Análise Integrada dos Balanços Hídricos*

A situação atual da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo indica que cerca de 20% da área total irrigada sofre com a escassez hídrica ao se considerar a disponibilidade com 90% de probabilidade de permanência. Nesta condição de oferta hídrica, dos aproximados 8.400 ha irrigados atualmente (safra 2003/2004), cerca de 1.600 ha são afetados pela falta de água em pelo menos um decêndio do período mais crítico para a cultura do arroz, que se concentra, especialmente, nos meses de dezembro e janeiro. No horizonte de 4 anos, seguindo a tendência de crescimento da área cultivada e de utilização dos sistemas de produção, o déficit passaria para uma situação mais severa, onde mais de 20% da área irrigada sofreria com a falta de água. Neste caso, esperar-se-ia que dos 9.100 ha irrigados, 2.200 ha (24% do total) sofreriam com o déficit. Numa perspectiva otimista, em que se pressupõe aumento de áreas sistematizadas e uso de cultivares de ciclo mais curto, o déficit cairia para 2.100 ha, mantendo, no entanto, a criticidade do cenário Tendencial. Em uma projeção mais distante (horizonte de 12 anos), quando se esperaria o cultivo de cerca de 10.090 ha, o déficit passaria para 3.200 ha (32% do total cultivado). Numa perspectiva otimista, o déficit cairia para 2.900 ha, representando 29% do total.

A Tabela 6.24 apresenta em termos de área prejudicada pelos déficits hídricos uma síntese dos resultados dos balanços hídricos de todas as Sub-Unidades. Os maiores déficits, em todos os cenários, ocorrem nos meses de dezembro e janeiro, e, principalmente, nas Sub-Unidades SMPo-5, SMPo-7, An-2, BPo-1 e BPo-3 que detêm juntas mais da metade da área

total cultivada da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. Pode-se constatar que não ocorrem déficits hídricos nos meses de outubro. Os déficits de novembro e fevereiro ocorrem apenas nas Sub-Unidades An-2 e BPb-2.

Na maior parte dos casos os déficits são severos, embora quantitativamente, em algumas situações, não sejam tão significantes (considerando toda a Bacia Hidrográfica) pois prejudicam poucos hectares cultivados.

Em geral, observa-se que os déficits nas Sub-Unidades da vertente do Rio Pardo se concentram em dezembro e as do Pardinho, em janeiro. A situação pode ser atribuída à baixa disponibilidade hídrica destas duas vertentes nestes meses associada à alta demanda hídrica para a irrigação. A vazão específica com 90% de permanência do mês de dezembro, para a vertente do Pardo, é de  $1,6 \text{ L.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ . Em janeiro, esta disponibilidade aumenta para  $2,0 \text{ L.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ . Já no Pardinho, a vazão específica com 90% de permanência de dezembro é de  $1,2 \text{ L.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  e a de janeiro, de apenas  $0,58 \text{ L.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ . Assim, as vazões mínimas são, em geral, menores na vertente do Pardinho, especialmente em janeiro, explicando, em parte, as diferenças nos balanços hídricos.

As Figuras 6.17 a 6.21 permitem identificar, dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, as regiões mais prejudicadas pelos déficits hídricos em todos os cenários e projeções, no tocante à orizicultura irrigada.

Tabela 6.24: Área Cultivada Prejudicada por Déficits Hídricos nas Sub-Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo nos Decêndios de Irrigação dos Cenários Atual e Futuros

Vertente	Sub- Unidade	Cenário	Área Cultivada (ha)	Área não atendida em cada decêndio (ha) <sup>1</sup>													
				nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01				
Pardinho	BPi-3	Atual	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tendencial - 4 Anos	403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	19	0	0	0
		Otimista - 4 Anos	403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	7	0	0	0
		Tendencial - 12 Anos	410	0	0	0	0	0	22	0	0	0	115	94	0	0	0
		Otimista - 12 Anos	410	0	0	0	0	0	9	0	0	0	97	80	0	0	0
	BPi-4	Atual	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	5	0	0	0
		Tendencial - 4 Anos	113	0	0	0	0	0	39	0	0	0	82	81	0	0	0
		Otimista - 4 Anos	113	0	0	0	0	0	33	0	0	0	82	81	0	0	0
		Tendencial - 12 Anos	163	0	0	0	0	0	140	40	124	133	132	132	0	0	0
		Otimista - 12 Anos	163	0	0	0	0	0	139	27	98	132	132	132	0	0	0
	An-2	Atual	185	36	29	0	31	112	103	119	127	125	104	104	0	0	0
		Tendencial - 4 Anos	199	64	68	13	44	127	118	134	142	140	118	118	0	0	0
Otimista - 4 Anos		199	46	94	9	39	126	118	132	140	139	117	117	0	0	0	
Tendencial - 12 Anos		221	80	96	32	63	149	140	157	164	163	141	141	0	0	0	
Otimista - 12 Anos		221	38	119	26	56	148	139	154	162	161	138	138	0	0	0	
Pardo	SMPo-5	Atual	2.705	0	0	0	0	762	598	0	0	0	0	0	0	0	
		Tendencial - 4 Anos	3.024	0	0	0	0	1.066	904	0	0	0	0	0	0	0	
		Otimista - 4 Anos	3.024	0	0	0	0	1.020	859	0	0	0	0	0	0	0	
		Tendencial - 12 Anos	3.153	0	0	0	0	1.215	1.057	0	0	0	0	0	0	0	
		Otimista - 12 Anos	3.153	0	0	0	0	1.064	907	0	0	0	0	0	0	0	
	SMPo-6	Atual	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tendencial - 4 Anos	186	0	0	0	0	40	23	0	0	0	0	0	0	0	
		Otimista - 4 Anos	186	0	0	0	0	38	21	0	0	0	0	0	0	0	
		Tendencial - 12 Anos	254	0	0	0	0	39	21	0	0	0	0	0	0	0	
		Otimista - 12 Anos	254	0	0	0	0	34	16	0	0	0	0	0	0	0	
	SMPo-7	Atual	430	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Tendencial - 4 Anos	462	0	0	0	0	85	41	0	0	0	0	0	0	0	
Otimista - 4 Anos		462	0	0	0	0	80	36	0	0	0	0	0	0	0		
Tendencial - 12 Anos		792	0	0	0	0	481	436	0	0	0	0	0	0	0		
Otimista - 12 Anos		792	0	0	0	0	470	422	0	0	0	0	0	0	0		
BPb-2	Atual	314	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Tendencial - 4 Anos	349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Otimista - 4 Anos	349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Tendencial - 12 Anos	396	0	0	0	0	43	16	0	0	0	0	0	0	0		
	Otimista - 12 Anos	396	0	0	0	0	37	9	0	0	0	0	0	0	0		
BPb-4	Atual	205	0	0	0	0	70	42	0	0	0	0	0	0	0		
	Tendencial - 4 Anos	215	0	0	0	0	125	95	0	0	0	0	0	0	0		
	Otimista - 4 Anos	215	0	0	0	0	124	94	0	0	0	0	0	0	0		
	Tendencial - 12 Anos	223	0	0	0	0	157	153	0	0	0	0	0	0	0		
	Otimista - 12 Anos	223	0	0	0	0	155	149	0	0	0	0	0	0	0		
Pardo + Pardinho	BPo-1	Atual	579	0	0	0	0	217	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Tendencial - 4 Anos	661	0	0	0	0	324	187	0	0	0	0	0	0		
		Otimista - 4 Anos	661	0	0	0	0	321	176	0	0	0	0	0	0		
		Tendencial - 12 Anos	679	0	0	0	0	359	304	0	0	0	0	0	0		
		Otimista - 12 Anos	679	0	0	0	0	353	297	0	0	0	0	0	0		
	BPo-2	Atual	251	0	0	0	0	136	120	0	0	0	0	0	0		
		Tendencial - 4 Anos	258	0	0	0	0	143	128	0	0	0	0	0	0		
		Otimista - 4 Anos	258	0	0	0	0	142	127	0	0	0	0	0	0		
		Tendencial - 12 Anos	260	0	0	0	0	144	129	0	0	0	0	0	0		
		Otimista - 12 Anos	260	0	0	0	0	142	128	0	0	0	0	0	0		
	BPo-3	Atual	332	0	0	0	0	186	167	0	0	0	0	0	0		
		Tendencial - 4 Anos	347	0	0	0	0	201	182	0	0	0	0	0	0		
Otimista - 4 Anos		347	0	0	0	0	200	181	0	0	0	0	0	0			
Tendencial - 12 Anos		422	0	0	0	0	275	256	0	0	0	0	0	0			
Otimista - 12 Anos		422	0	0	0	0	273	254	0	0	0	0	0	0			
BPo-4	Atual	144	0	0	0	0	75	66	0	0	0	0	0	0			
	Tendencial - 4 Anos	144	0	0	0	0	75	66	0	0	0	0	0	0			
	Otimista - 4 Anos	144	0	0	0	0	74	65	0	0	0	0	0	0			
	Tendencial - 12 Anos	205	0	0	0	0	192	180	0	0	0	0	0	0			
	Otimista - 12 Anos	205	0	0	0	0	135	126	0	0	0	0	0	0			

Legenda:



Déficit hídrico ambiental: quando a oferta hídrica atende a 100% dos usos consuntivos, porém a vazão remanescente é inferior à mínima necessária de ser garantida  
Déficit hídrico operacional: a oferta hídrica é suficiente para atender uma parte dos usos consuntivos e o déficit é de até 20% do total demandado. Não há vazão remanescente nos leitos  
Déficit hídrico severo: a oferta hídrica é suficiente para atender uma parte dos usos consuntivos e o déficit é superior a 20% do total demandado. Não há vazão remanescente nos leitos.

<sup>1</sup> Sem considerar a necessidade de manutenção da vazão mínima

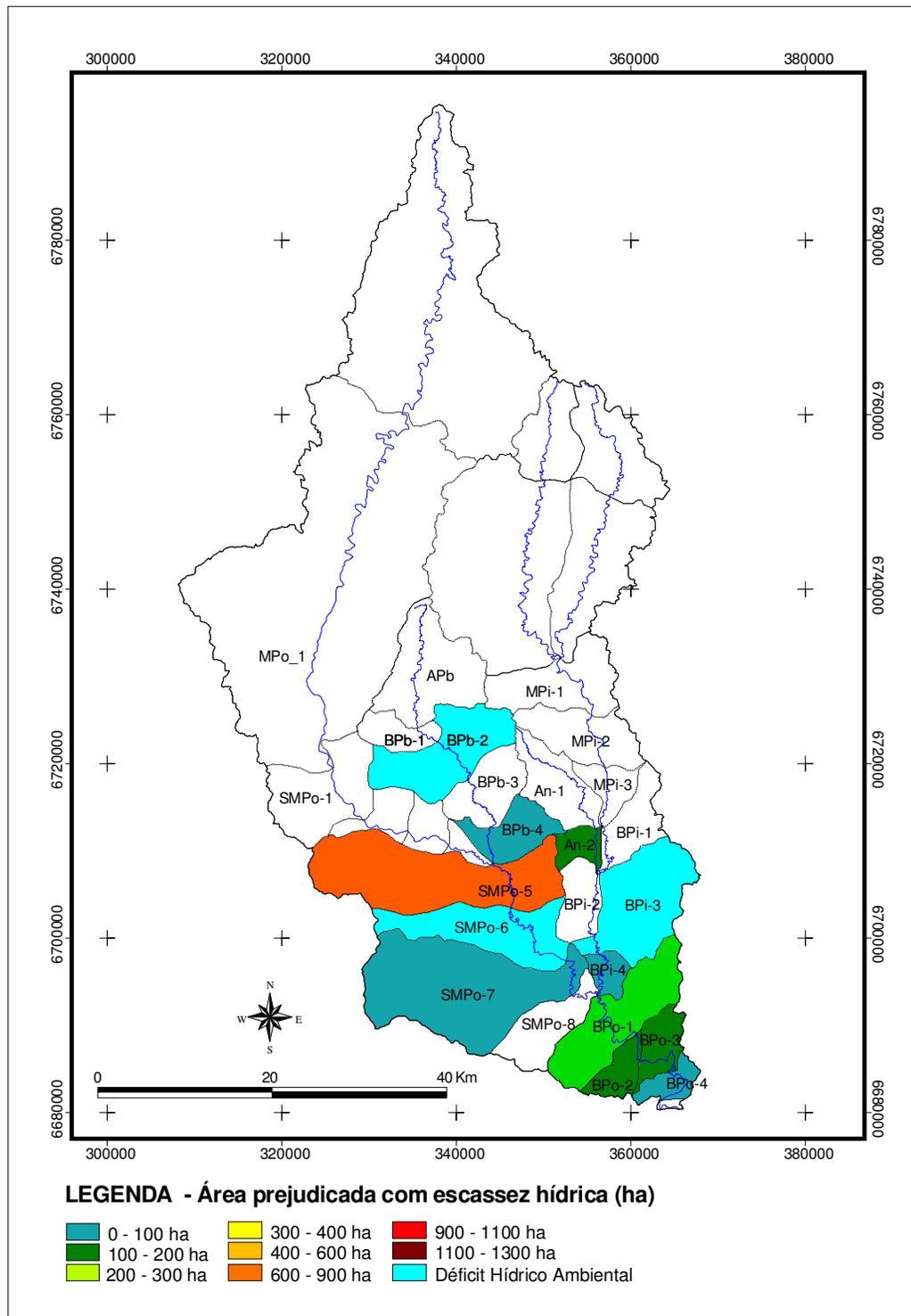


FIGURA 6.17: Hectares Cultivados com Arroz Irrigado Afetados por Déficit Hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Atual (2003/2004)  
(Fonte: Autor)

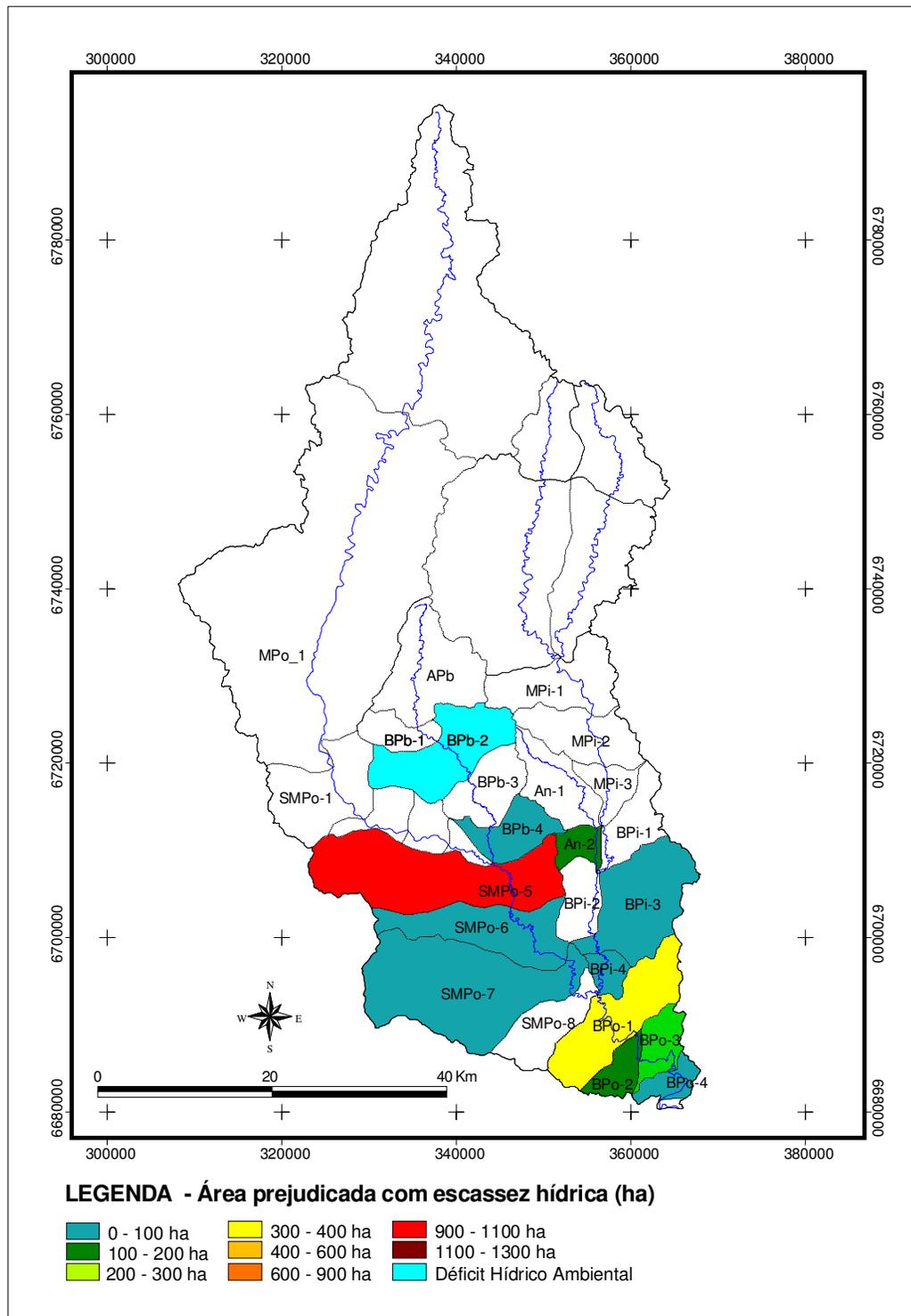


FIGURA 6.18: Hectares Cultivados com Arroz Irrigado Afetados por Déficit Hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 4 Anos (2008/2009)  
(Fonte: Autor)

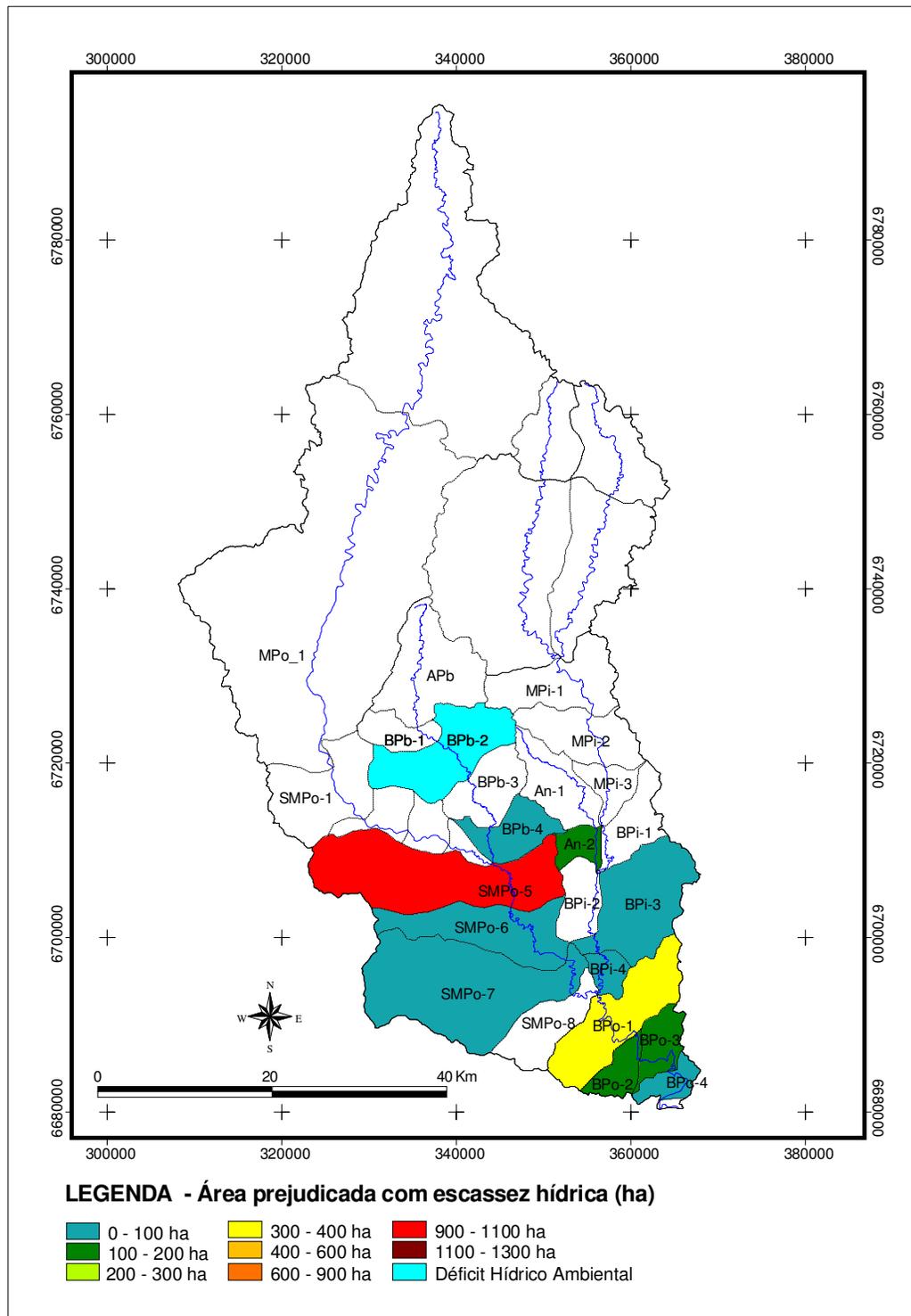


FIGURA 6.19: Hectares Cultivados com Arroz Irrigado Afetados por Déficit Hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Otimista – 4 Anos (2008/2009)  
(Fonte: Autor)

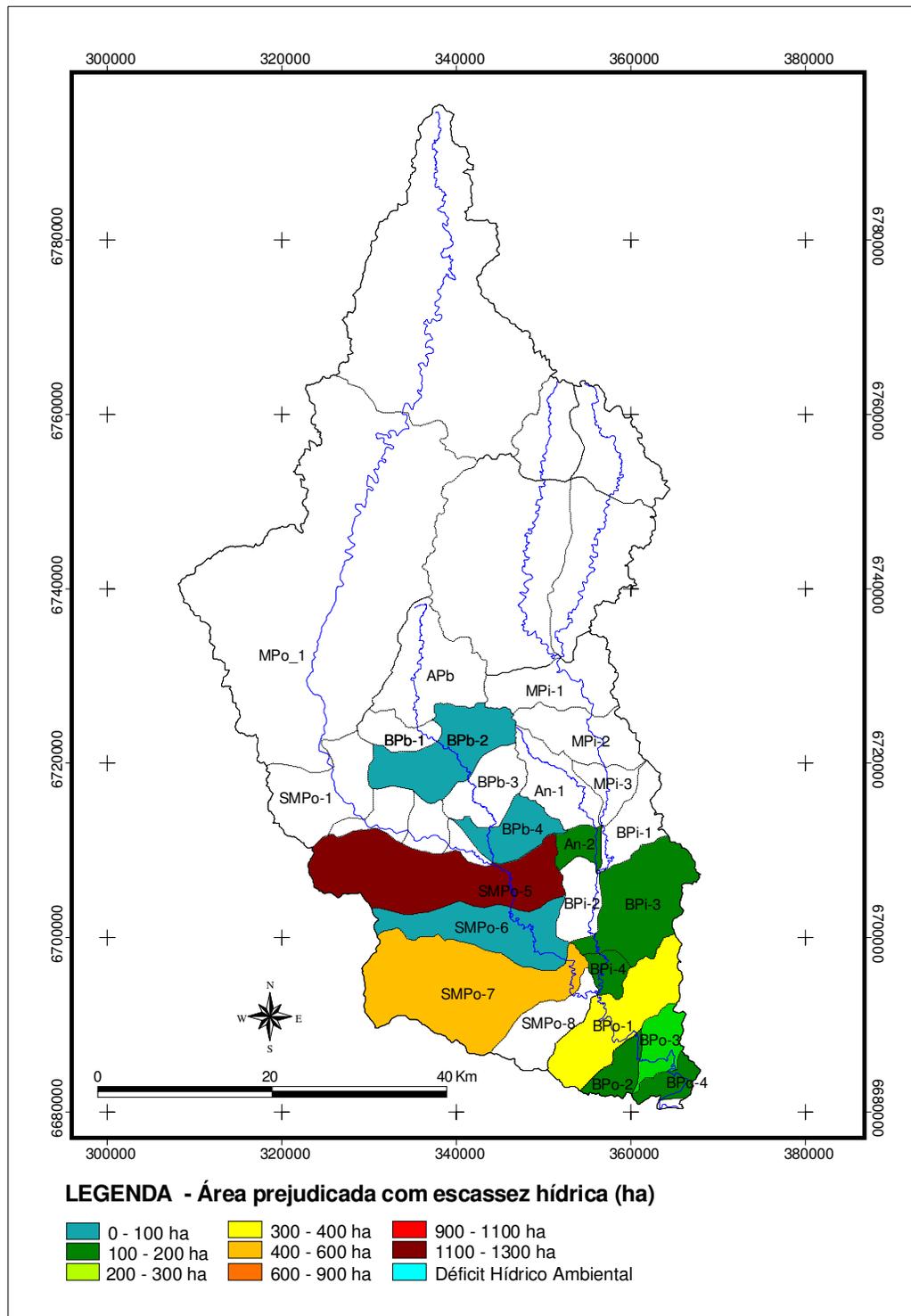


FIGURA 6.20: Hectares Cultivados com Arroz Irrigado Afetados por Déficit Hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 12 Anos (2016/2117)  
(Fonte: Autor)

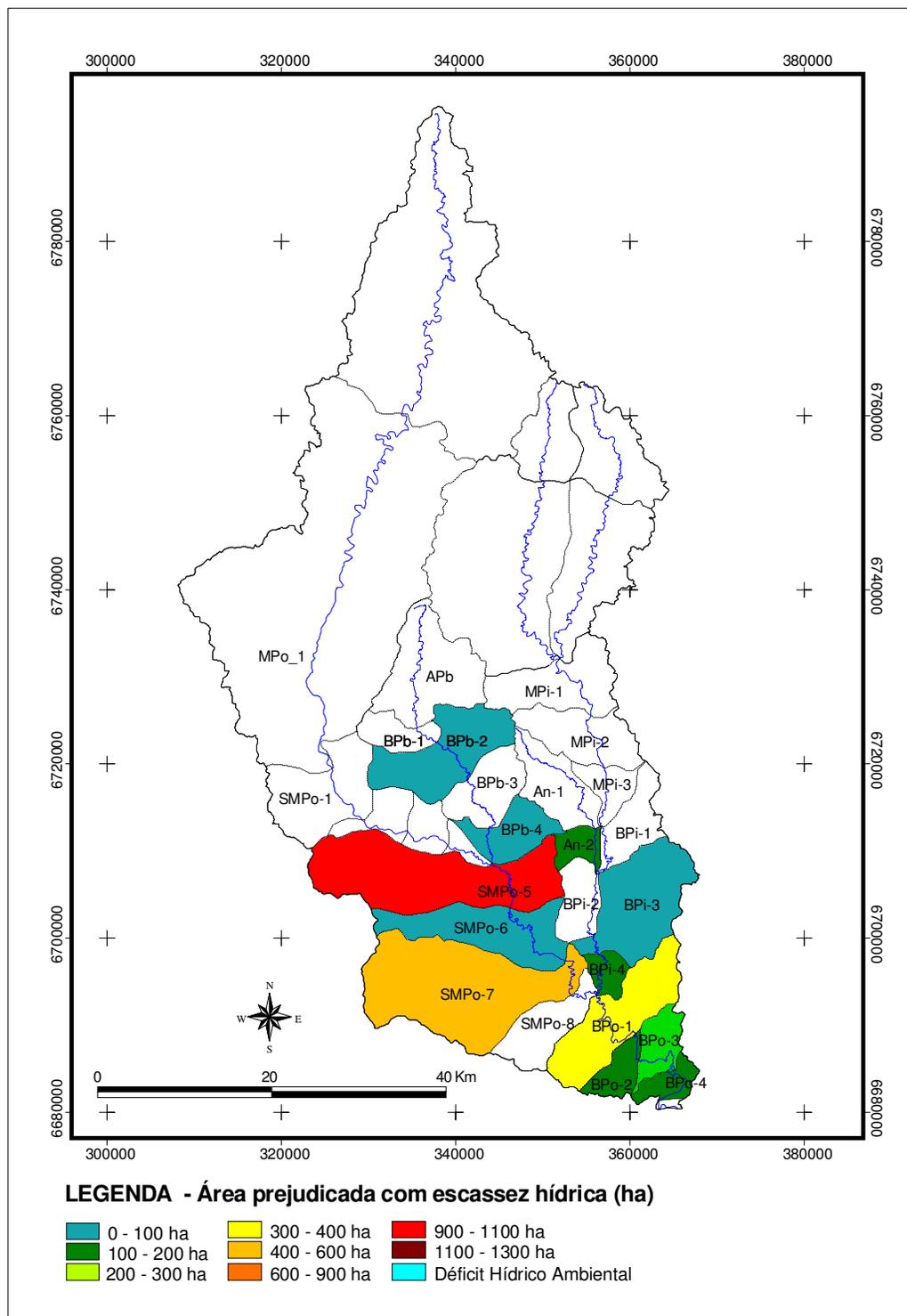


FIGURA 6.21: Hectares Cultivados com Arroz Irrigado Afetados por Déficit Hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Otimista – 12 Anos (2016/2017)  
(Fonte: Autor)

Através das figuras percebe-se que, no cenário Atual e nos dois cenários da projeção de 4 anos, os déficits mais amenos ocorrem nas seguintes Sub-Unidades: BPb-2, BPb-4, BPI-3, BPI-4, SMPo-6, SMPo-7 e BPo-4, com deficiências hídricas para até 100 ha cultivados, sendo estas as Sub-Unidades menos afetadas pelos déficits. É importante lembrar que, além destas, também as Sub-Unidades MPo, SMPo-1, SMPo-2, SMPo-3, SMPo-4, SMPo-8, BPo-5, BPI-1, BPI-2, An-1, MPi-1, MPi-2, MPi-3, BPb-1, BPb-3 e APb não apresentam déficits hídricos. Nestes três cenários, situação intermediária pode ser atribuída às Sub-Unidades BPo-1, BPo-2, BPo-3 e An-2. Entre estas, a An-2 apresenta déficits severos durante toda a safra. Esta Sub-Unidade, pertencente à vertente do Rio Pardinho, possui disponibilidade hídrica bastante baixa, especialmente devido à pequena área de drenagem.

Na projeção de 12 anos, no cenário Tendencial, os déficits amenos ocorrem apenas nas Sub-Unidades BPb-2, BPb-4 e SMPo-6. Em situação intermediária, com 100 a 500 ha afetados, estão as Sub-Unidades An-2, BPI-3, BPI-4, BPo-1, BPo-2, BPo-3, BPo-4 e SMPo-7. Nesta mesma projeção, porém no cenário Otimista, as situações são semelhantes, com exceção da Sub-Unidade BPI-3, que passa para uma situação mais amena.

Em todos os cenários e projeções, a Sub-Unidade SMPo-5 apresenta a maior área prejudicada, chegando a 1.220 ha afetados no cenário Tendencial – 12 anos (sem considerar a vazão ecológica).

## 7. CONCLUSÕES

Os estudos realizados nesta dissertação envolveram a análise de um modelo hidrometeorológico, testado para aquisição de descargas hídricas na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, e a avaliação da situação hídrica quantitativa da mesma Bacia em diferentes cenários, com ênfase na agricultura irrigada, representada pela orizicultura.

Com relação ao modelo hidrometeorológico testado para aquisição de descargas hídricas, podem ser feitas as seguintes conclusões:

- a) O modelo, da forma como foi aplicado, não se mostra adequado para a reprodução de vazões reais; no entanto, o ajuste de alguns parâmetros, como aqueles que caracterizam a capacidade de armazenamento de água dos solos e a evapotranspiração, pode proporcionar melhorias nas estimativas;
- b) A metodologia apresentada pode ser utilizada para comparação de cenários com diferentes usos e cobertura de solos, na medida em que possibilita estimar a alteração esperada (em termos relativos) nos escoamentos superficiais devido às alterações de uso do solo.

Com relação à avaliação da situação hídrica quantitativa da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, os estudos realizados consideraram dois cenários futuros relacionados com os padrões de uso e manejo das lavouras orizícolas da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Tendencial e Otimista – abrangendo dois horizontes temporais – 4 e 12 anos. O cenário Tendencial mantém os padrões históricos de uso e manejo das lavouras verificados atualmente. O cenário Otimista, diferentemente, incorpora melhorias nas práticas agrícolas, mediante aumento do nível tecnológico empregado, que resultam em menor demanda específica de água para as lavouras. Os resultados, em síntese, indicaram uma tendência de melhoria na eficiência de uso da água na orizicultura na Bacia do Rio Pardo, com aumento de área cultivada e diminuição de demanda hídrica por unidade de área produtiva. Esse quadro pode ser ainda mais proeminente se as estratégias do Projeto 10 surtirem efeito na região, o que ficou evidenciado através dos cenários otimistas estabelecidos.

Tomando como disponibilidade hídrica as vazões com 90% de probabilidade de excedência e a água armazenada (açudagem), os resultados dos balanços hídricos permitiram realizar as seguintes conclusões:

- a) A situação atual da Bacia Hidrográfica é crítica, com déficits hídricos constatados nos meses de verão (especialmente em dezembro) na porção médio-baixa, onde se concentra a atividade orizícola e outras ações humanas, como o abastecimento humano, a indústria e a criação de animais. Os balanços hídricos atuais demonstram que, mesmo com reservação de água (açudagem), existe grande probabilidade de ocorrência de deficiências hídricas nos meses de irrigação.
- b) Os cenários futuros, embora com demandas específicas menores, garantidas pelo aumento da eficiência de utilização da água, apresentam déficits hídricos superiores ao cenário Atual. Este fato indica que, nesta situação de disponibilidade hídrica ( $Q_{90\%}$  + açudagem), a diminuição das demandas não é suficiente para confortar as situações hídricas futuras, sendo a área total irrigada a principal condicionante dos déficits hídricos (o aumento da área cultivada é mais significativo do que a diminuição das demandas específicas);
- c) Dentro das mesmas projeções futuras, no entanto, verifica-se claramente que os déficits absolutos diminuem do cenário Tendencial para o Otimista, o que demonstra os benefícios da diminuição das demandas específicas na Bacia Hidrográfica, comprovando que melhorias nos sistemas de produção podem promover reduções nas demandas hídricas, e conseqüentemente, dos déficits hídricos;
- d) No cenário Atual constata-se déficits hídricos severos (superiores a 20% da demanda) nas Sub-Unidades: BPI-4 (janeiro), An-2 (dezembro, janeiro e fevereiro), SMPo-5 (dezembro), BPb-4 (dezembro), BPO-1 (dezembro), BPO-2 (dezembro), BPO-3 (dezembro) e BPO-4 (dezembro). Quantitativamente, os déficits são maiores na Sub-Unidade SMPo-5, seguida da BPO-1.
- e) Na projeção de curto prazo (4 anos), de acordo com o cenário Tendencial, os déficits aumentam com relação ao cenário Atual, e as seguintes Sub-Unidades pioram sua situação com relação à situação atual: BPI-4 (dezembro e janeiro), An-2 (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro) e SMPo-6 (dezembro).
- f) Na projeção de 4 anos, no cenário Otimista, com 8% a mais de área cultivada com relação à atual, os déficits são muito próximos daqueles verificados atualmente (embora um pouco maiores) e bem menores do que os verificados no cenário Tendencial da projeção de 4 Anos. As Sub-Unidades com déficit hídrico severo são as mesmas do cenário Atual.

- g) Na projeção de médio prazo (12 anos), no cenário Tendencial, as seguintes Sub-Unidades pioram sua situação com relação ao cenário Tendencial – 4 Anos: BPI-3 (janeiro) e SMPo-7 (dezembro). A situação das Sub-Unidades no cenário Otimista – 12 Anos melhora com relação ao cenário Tendencial – 12 Anos em termos quantitativos, ficando próximo dos déficits do cenário Tendencial – 4 Anos.
- h) Em termos quantitativos, os piores déficits, atualmente, são encontrados especialmente nas Sub-Unidades da vertente do Pardo, mais especificamente nas Sub-Unidades SMPo-5 (localizada a montante da afluência do Rio Pardinho), BPO-1, BPO-2 e BPO-3 (localizadas a jusante da afluência do Rio Pardinho). Na Sub-Bacia do Pardinho, a pior situação é do Arroio Andréas (An-2), onde os déficits constatados ocorrem com frequência maior do que em qualquer outra Sub-Unidade da Bacia estudada; no entanto, este é um caso localizado pois não possui influência de áreas à montante, podendo ter seu problema resolvido pontualmente, através de racionalização de uso (com melhorias nos sistemas de produção) ou de reservação (através de obras estruturais de barramento).
- i) Analisando os cenários futuros com relação ao Atual, verifica-se que o aumento da área cultivada na Bacia ocorre a taxas mais elevadas do que o aumento dos déficits hídricos sendo as taxas de aumento dos déficits hídricos, dentro de uma mesma projeção, menores nos cenários otimistas;
- j) Estabelecendo o abastecimento humano, a dessedentação animal e a indústria como usuários prioritários diante da irrigação, a disponibilidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo supriria todas as demandas daqueles segmentos, garantindo, ainda, a vazão mínima necessária para a manutenção dos ambientes aquáticos. Isso mostra que, nas Sub-Unidades em que existe irrigação de arroz e em que se constatam déficits hídricos, as deficiências podem ser atribuídas à orizicultura, pois ela, por si só, independente de haver outros usuários de água, condiciona a esta situação.

Com isso, pode-se inferir que:

- a) Não é possível manter o ritmo de crescimento espacial (histórico) da lavoura orizícola da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo sem que haja acréscimos significativos nas demandas hídricas, mesmo com as mudanças previstas nos padrões de uso e manejo do solo das lavouras. A situação mais próxima da atual ocorre na configuração do

cenário Otimista – 4 anos, mas, mesmo assim, seus déficits são maiores do que os constatados atualmente.

- b) É possível diminuir a demanda específica das lavouras de arroz irrigado. A principal estratégia para isto é a sistematização das lavouras. Além de permitir o melhor aproveitamento da água, provavelmente a sistematização, por facilitar os demais componentes do manejo de uma lavoura de arroz, é a chave do aumento de produtividade, possibilitando a manutenção da área atualmente cultivada e, ao mesmo tempo, garantindo o aumento da produção total, demandada pelo crescimento populacional.
- c) A utilização de cultivares de arroz de ciclo precoce em detrimento de cultivares de ciclo longo reduz a demanda hídrica total na safra, mas não modifica as demandas de dezembro e janeiro, período mais crítico em termos de disponibilidade hídrica.
- d) A racionalização do uso da água nas Unidades de montante, acompanhada da limitação do aumento de área cultivada, especialmente nas Unidades BPb, SMPo, BPi e An, garantiriam aumento de vazões para as Sub-Unidades do Baixo Pardo (BPo), o que minimizaria os problemas de deficiência hídrica.
- e) Para as Sub-Unidades mais críticas, a implantação de medidas de cunho estrutural, como a reservação de água, é a medida mais apropriada, visto que a racionalização do uso, através de melhorias na eficiência de uso da água, por si só não é suficiente para diminuir os problemas de falta de água.

## 8. RECOMENDAÇÕES

Com relação ao modelo hidrometeorológico aplicado neste trabalho, algumas recomendações podem ser listadas para que sua aplicação em estudos posteriores:

- a) Sugere-se, pelos motivos explicados no Item 6.1 que, para a geração de vazões, sejam realizadas algumas alterações nas equações do algoritmo do modelo. Entre as sugestões está a de que o cálculo da capacidade máxima de armazenamento seja feito desconsiderando-se o limite dado pelo ponto de murchamento, sendo realizado simplesmente pela multiplicação da capacidade de campo pela profundidade dos solos. Sugere-se também a inclusão de um armazenamento mínimo ( $S_{\min}$ ). Assim, no intervalo de tempo em que a evapotranspiração for maior do que a precipitação (Figura 5.2) o armazenamento será o maior valor dado entre a Equação 5.2 (equação que simula o decaimento do armazenamento) e o  $S_{\min}$ . O  $S_{\min}$  seria definido pelo ponto de murcha permanente.
- b) Recomenda-se ainda que a profundidade dos solos considerada seja a profundidade dos horizontes superficiais e não a profundidade de exploração das raízes. No entanto, se o objetivo for estimar a disponibilidade hídrica nos solos para a vegetação, a profundidade de exploração do solo pelas culturas deve ser considerada.
- c) Propõe-se também a utilização de um coeficiente de cultivo ( $k_c$ ) mais elevado para a cobertura florestal.

Com relação ao modelo utilizado na estimativa da demanda hídrica para a irrigação de arroz, sugere-se a consideração da variável precipitação pluvial, que seria considerada como uma entrada de água no balanço sugerido.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro do contexto deste estudo, pode-se afirmar que há previsão de problemas futuros e potencialidade de desenvolvimento de conflitos na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, especialmente na porção médio-baixa, onde se concentram os principais usuários de água. Estes potenciais conflitos podem ser intensificados, sem dúvida, pelo crescente aumento da demanda para irrigação de arroz.

O problema já se verifica no cenário atual, não sendo evidenciado apenas na Bacia do Rio Pardo. As demais regiões orizícolas do Estado do Rio Grande do Sul também enfrentam o problema da escassez hídrica que, na maior parte dos casos, são substancialmente piores do que aquele verificado na bacia hidrográfica em estudo.

A verdade é que, uma vez que a demanda por alimentos é crescente, devido ao aumento populacional, faz-se necessário encontrar uma forma de se produzir mais, porém, sem implicar em aumentos significativos na utilização da água, especialmente para não comprometer os demais usuários, como o abastecimento humano – estabelecido como a categoria prioritária pela legislação vigente.

Diante disso, o dilema atual relativo ao crescente uso da água para produzir alimentos é o seguinte: a) alocar a água da agricultura irrigada para atender às crescentes demandas (urbanas, especialmente) e b) aumentar a produção de alimentos, ajustando a produção demandada à água disponível.

O Art. 18 do Decreto Estadual nº 37.033, de 21 de novembro de 1996, que regulamenta a outorga do direito de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul menciona que “os recursos hídricos serão utilizados prioritariamente no abastecimento das populações, ficando a hierarquia dos demais usos estabelecida nos planos de bacia hidrográfica”. Diante disto, atividades como a agricultura e a indústria devem se adequar à água disponível, através de medidas que garantam a disponibilidade do insumo e que, ao mesmo tempo, permitam manter ou aumentar a sua produção, mantendo a viabilidade do seu negócio, sem comprometer as demais categorias.

Dispõem-se, desta forma, de duas alternativas para restringir os potenciais conflitos pelo uso da água: racionalização do uso ou aumento das disponibilidades hídricas.

No caso da agricultura irrigada, a racionalização do uso da água provavelmente esteja vinculada à substituição ou abandono dos sistemas de irrigação de baixa eficiência ou à

adoção de práticas que promovam aumento da eficiência dos sistemas já implantados, que não possam ser substituídos. Nessa transformação, surgem, com maior vantagem, os sistemas de maior facilidade de controle da água (como os de aspersão e gotejamento) e, no caso da inundação, sistemas que elevam a uniformidade de aplicação de água, os quais, além de permitir melhor manejo e maior controle sobre seu uso, podem aumentar a produtividade e reduzir os custos de operação e de manutenção, aumentando a competitividade dos produtos pela redução do consumo de energia e das perdas de água.

De fato, a irrigação por inundação utilizada na orizicultura apresenta um índice de eficiência muito baixo, o que significa que grande parte da água aplicada não é, efetivamente, consumida pela lavoura através do processo de evapotranspiração. Em termos gerais, o consumo de uma lavoura de arroz (evapotranspiração) é cerca de 60% da demanda total. Porém, dependendo do sistema de produção, este percentual pode sofrer variações. Certamente, sempre existirão excessos em um sistema de irrigação, especialmente por inundação, e principalmente porque o manejo fitossanitário exige que se mantenha uma lâmina hídrica superficial. No entanto, é perfeitamente viável que estes excessos sejam diminuídos, garantindo a aproximação de demanda e consumo, e o aumento do índice de eficiência do sistema.

Nos países asiáticos, maiores produtores mundiais de arroz irrigado, são usados cerca de 5.000 litros de água para produzir 1 kg de arroz (IRRI, 1995 apud MACEDO, 2005). Diante desses valores, pode-se afirmar que a lavoura arrozeira do sul do Brasil apresenta uma boa eficiência de uso de água, pois, com a média atual de produtividade do Estado, se utiliza cerca de 2.000 litros de água para a produção de 1 kg de arroz. Se for possível manter a produtividade atual das lavouras e, ao mesmo tempo, diminuir a aplicação de água, poder-se-ia chegar à utilização de 1.300 litros por quilo de arroz produzido, evidenciando a maior eficiência do uso da água. Com os pacotes tecnológicos atualmente disponíveis que, quando bem utilizados e manejados, permitem a obtenção de rendimentos da ordem de 8 a 9 t.ha<sup>-1</sup>, conforme preconiza o Projeto 10 (IRGA, 2004b), seria possível, ainda, atingir o índice de 900 litros por quilo de arroz produzido. Desta forma, então, se chegaria à maximização dos dois conceitos conhecidos de eficiência de utilização da água: o que diz respeito à produção de grãos por quantidade de água utilizada, e o que relaciona a água aplicada nas lavouras com a necessidade hídrica da cultura (evapotranspiração).

As informações de pesquisa nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina apontam práticas adequadas de manejo da água e da cultura que permitem reduzir o impacto

ambiental causado pelo cultivo do arroz irrigado, incluindo o consumo excessivo de água e, ao mesmo tempo, aumentar a produtividade, a competitividade nos mercados nacional e internacional e a sustentabilidade da lavoura de arroz. Entre estas estratégias estão a) a sistematização das lavouras, que permite manter menor altura e maior uniformidade da lâmina de água e diminuir o gradiente hidráulico, que é determinante das perdas por fluxo lateral e percolação além de facilitar as demais operações de manejo das lavouras, possibilitando a manifestação do potencial produtivo dos materiais genéticos utilizados e b) o uso de cultivares de ciclo mais curto e de alta produtividade as quais, por possuírem ciclo menor, exigem menor período de irrigação e, conseqüentemente, menor volume, ao mesmo tempo em que garantem alta produtividade. A pesquisa tem disponibilizado cultivares altamente produtivas, com alta eficiência de uso da água (produção de grãos por volume consumido);

Além destas estratégias, outras alternativas para racionalização do uso da água na orizicultura podem ser mencionadas para garantir baixos volumes demandados, como aqueles estimados nesta dissertação:

- a) reforço de taipas para evitar arrombamentos e perdas de água desnecessárias;
- b) supressão da irrigação alguns dias antes da colheita, para diminuir a demanda hídrica na fase final da safra, na medida em que a lâmina da água de irrigação vai evaporando pouco a pouco, dispensando a drenagem;
- c) otimização do dimensionamento das estações de bombeamento, para evitar desperdícios através da minimização de perda de carga nas tubulações, redução de perdas de carga localizadas, seleção correta do conjunto moto-bomba e eliminação de vazamentos;
- d) impermeabilização dos canais de derivação e
- e) otimização da derivação da água dos canais secundários, através de uso de mecanismos automáticos de controle da distribuição de água.

Ainda pode-se citar:

- a) aperfeiçoamento das operações no sistema de irrigação para fornecimento da água programada;
- b) reciclagem da água de drenos e trechos finais;

- c) aproveitamento da água das precipitações pluviais, com desligamento de bombas durante a sua ocorrência e
- d) desenvolvimento metodológico para monitoramento e avaliação de desempenho agrohidrológico, envolvendo o desempenho global de áreas irrigadas.

Do ponto de vista de aumento de disponibilidade, algumas estratégias e tecnologias diferenciadas são necessárias, enfocando tanto ações que agem diretamente na disponibilidade hídrica, quanto as adotadas em escala regional que, indiretamente, contribuem para o aumento de vazões.

Em termos de ações localizadas para promover o aumento das disponibilidades hídricas em cursos de água comprometidos, pode-se lançar mão da regularização de vazões. A regularização da vazão de um rio significa armazenar o excesso de água no período chuvoso e de baixas demandas para compensar deficiências nos períodos de estiagem. A acumulação é feita em reservatórios formados pelas barragens implantadas nos cursos de água. Num futuro não muito distante, se as medidas mais habituais (reservatórios) não forem suficientes, será necessário, ainda, promover transposição de água de outras bacias hidrográficas através de obras de altos custos e, provavelmente, de alto impacto ambiental. Na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, há plenas condições de resolução dos potenciais problemas com base em obras localizadas para regularização, de baixo impacto financeiro e ambiental para a região. A porção média da Bacia é formada por cursos de água encaixados, onde estruturas de barramento poderiam ser construídas a custos razoáveis, acumulando a quantidade de água necessária.

No pior cenário (Tendencial – 12 Anos), os volumes reservados adicionais para suprir os déficits (considerando o volume reservado atualmente) deveriam somar cerca 6 hm<sup>3</sup> (6 milhões de m<sup>3</sup>), o que pode ser representado por seis barragens acumulando cada uma 1 hm<sup>3</sup>. Esses volumes eliminariam os déficits nos períodos de estiagem (dezembro, principalmente). Atualmente, a Bacia dispõe de capacidade de armazenamento de cerca de 30 hm<sup>3</sup>. O próprio Comitê Pardo, ao hierarquizar os principais problemas da Bacia em 2006 no Plano Pardo, apontou a disponibilidade hídrica como o principal deles, sugerindo intervenções através de obras estruturais para minimizar os problemas ocasionados pela falta de água. Então, pressupõe-se que a reservação de água é fundamental para garantir a necessidade dos orizicultores e demais usuários de água e para assegurar a disponibilidade para as demandas dos cenários futuros.

Algumas idéias preconizadas em outras bacias hidrográficas do Estado incluem a associação de irrigantes para construção de barragens coletivas e um calendário com previsão de inundação para otimizar o manejo da água, tendo como vantagens, a facilitação na obtenção do licenciamento e a diminuição dos custos por irrigante.

Além de obras estruturais, como os barramentos, algumas práticas em escala regional relacionadas com manejo do solo podem aumentar as disponibilidades hídricas. O manejo do solo a montante da porção onde se concentram as maiores demandas hídricas, na Bacia do Rio Pardo, pode ajudar a promover aumento nas vazões mínimas. A porção médio-alta da Bacia é utilizada intensivamente com sistemas de produção de culturas anuais, representadas, basicamente, pelos cultivos de fumo e milho, causadores de degradação dos solos, potencializada pela fragibilidade natural dos mesmos. Este fato intensifica as enxurradas, diminuindo a capacidade de infiltração de água nos solos e, conseqüentemente, reduzindo o escoamento de base, que é aquele que garante vazão nos cursos de água em épocas de baixos índices pluviométricos. Técnicas de manejo de solos nestas áreas, que se situam a montante da zona orizícola, que promovam o aumento da capacidade de infiltração, poderiam garantir aumento do escoamento de base, incrementando as vazões mínimas. Assim, pode-se elencar as seguintes práticas:

- a) desenvolvimento e/ou adaptação de técnicas de contenção do escoamento superficial da água da precipitação pluvial para recarga do lençol freático como, por exemplo, o terraceamento;
- b) recuperação da vegetação para aportar mais matéria orgânica e promover o aumento da capacidade de infiltração dos solos;
- c) identificação e análise de zonas preferenciais de recarga de aquíferos, com vistas à conservação da quantidade de água e à sustentação e/ou incremento da sua infiltração;
- d) incentivo à adoção da técnica de plantio direto, com incorporação da palhada após as colheitas, possibilitando a formação de camada protetora, que reduz as perdas de água por evaporação e aumenta o armazenamento na zona radicular. Além disso, esta estratégia de cultivo diminui a compactação dos solos e as doses necessárias de agroquímicos, não comprometendo a qualidade dos mananciais hídricos e

- e) manejo integrado de recursos naturais em nível regional, que busque adequar a interveniência antrópica às características biofísicas da bacia hidrográfica, como o ordenamento do uso/ocupação da paisagem, observadas as aptidões de cada segmento e suas distribuições espaciais.

Dando suporte a todas as alternativas de racionalização de uso e aumento das disponibilidades hídricas citadas, não se pode esquecer de mencionar os instrumentos legais (outorga, cobrança, licenciamento ambiental e planos de bacia) previstos pelas Legislações Federal e Estadual para disciplinar o uso dos recursos naturais, especialmente dos recursos hídricos. A política de recursos hídricos prevê que estes instrumentos sejam utilizados como medidas eficazes de incentivo e de disciplinamento das decisões a serem tomadas em uma bacia hidrográfica, resolvendo grande parte dos problemas ocasionados pelo uso intensivo da água. O aspecto da gestão de recursos hídricos merece especial atenção na busca de soluções para os cenários descritos. Para alcançar os objetivos de racionalização de uso e aumento de disponibilidades hídricas, a gestão dos recursos deverá estar apropriadamente focada nas prioridades identificadas.

A legislação vigente exige que a população defina os critérios de outorga que definem a quantidade de água que poderá ser utilizada em determinado curso de água, através do seu estabelecimento nos Planos de Bacia. Na Bacia do Rio dos Sinos (RS), por exemplo, diminuiu-se 20% a área total irrigada para adequar a vazão demandada à vazão outorgável. Neste sentido, pode-se dizer que as Bacias Hidrográficas que possuem Planos de Bacia são privilegiadas frente àquelas sem tal instrumento.

No caso da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, os balanços hídricos quantitativos já demonstram uma situação de desequilíbrio no cenário atual, indicando que não há possibilidades maiores de expansão de lavouras irrigadas face à restrição de disponibilidade hídrica. Com o desenvolvimento do Plano, ao se conhecer a distribuição espacial e temporal das demandas e disponibilidades hídricas, existe subsídio para que se proíba novos empreendimentos irrigados, através da não concessão de outorga e licenciamento, ou se aumente a disponibilidade hídrica, através de obras estruturais e de manejo do solo. Esta última medida implicaria na expansão natural da área cultivada com arroz irrigado na Bacia e, a primeira, incentivaria a adoção de práticas para aumentar a eficiência de uso da água.

Atualmente, cabem ao Estado, através do Departamento de Recursos Hídricos (DRH/SEMA), as decisões sobre outorga de direito de uso da água e, através da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), o licenciamento de empreendimentos. Na falta de

Planos de Bacia e, conseqüentemente, de critérios de outorga e de licenciamento, estes órgãos ficam impossibilitados de tomar decisões cabíveis às bacias hidrográficas, muitas vezes acarretando em liberar recursos além daquilo que realmente se dispõe. Acrescente-se a isso a falta de informações hidrológicas da maior parte dos cursos de água do Estado, de capacidade de monitoramento e de fiscalização por parte dos órgãos licenciador e outorgante, a ocorrência de barramentos e de captações ilegais, que reduzem a água para aqueles que têm outorga, e intensificam ainda mais os problemas de alocação da água.

Atualmente, o DRH chega a receber pedidos de outorga de até 17 mil m<sup>3</sup> por hectare, por safra de arroz. Sem informações a respeito da disponibilidade hídrica (a vazão outorgável deve ser definida pelos Planos de Bacia) e sem capacidade de fiscalizar e de monitorar a utilização da água, o Departamento não tem como proibir a licença de utilização de água. Neste aspecto, o Rio Grande do Sul precisa, necessariamente, avançar na implementação de um sistema de informações sobre recursos hídricos, desenvolver os Planos de Bacia para que sejam definidos os critérios de outorga, e aperfeiçoar as formas de monitoramento e de fiscalização do uso da água. Com relação a este último, vale salientar que, à medida que os agricultores disponham de técnicas e de instrumentos para monitorar o uso da água, mais viável se torna na prática a racionalização do seu uso agrícola. Por outro lado, de acordo com os produtores rurais, para tornar a legislação procedente, os órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento e pela outorga devem conhecer a tecnologia vigente adotada na agricultura para tomada de decisões relativas aos instrumentos de outorga e licenciamento, dando prioridade para empreendimentos que estejam adequados ao processo produtivo, conforme estabelecido nas Leis.

A legislação do Estado do Rio Grande do Sul, através do Art. 18 do Decreto Estadual nº 37.033, de 21 de novembro de 1996, menciona que “Dentro de uma categoria de usuários, terá preferência para a outorga de direitos de uso de águas o usuário que comprovar maior eficiência e economia na sua utilização mediante tecnologias apropriadas, eliminação de perdas e desperdícios e outras condições a serem firmadas nos planos de bacia hidrográfica. [...]”. Da mesma forma, o licenciamento ambiental prioriza empreendimentos que garantam economia de água em seu sistema. O Art. 5º da Resolução do CONAMA diz que, no caso do licenciamento, “terão sempre prioridade os projetos que incorporem equipamentos e métodos de irrigação mais eficientes, em relação ao menor consumo de água e de energia”.

Além da outorga, do licenciamento e dos Planos de Bacia, ainda se pode falar em um instrumento legal previsto, porém, ainda um pouco longe de ser implementado. A Política

Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97) baseia-se nos fundamentos de que a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, passível, pois, de ser cobrado. Neste sentido, a legislação prevê como medida de racionamento e disciplinamento, que a água seja cobrada na sua forma bruta, o que também deve ser definido e caracterizado nos Planos de Bacia. No entanto, mesmo com a implementação dos Planos, ainda não há regulamentação no Rio Grande do Sul sobre este instrumento de gestão, de modo que não é possível definir ainda diretrizes para as bacias hidrográficas sem que se saiba qual modelo de cobrança será aplicado. A implementação da cobrança poderia exercer papel importante na concretização dos cenários otimistas estabelecidos neste estudo, na medida em que a água passaria a representar um custo adicional para a produção, estimulando o investimento generalizado em práticas de manejo mais produtivas e que resultem em consumo de água, contribuindo para redução do risco de ocorrência de conflitos de uso.

Apesar disso, ainda se questiona muito a eficácia de tal instrumento de planejamento na gestão dos recursos hídricos, especialmente pela falta de informação hidrológica, pela dificuldade de fiscalização e de monitoramento, pela ausência dos Planos de Bacia (especialmente do Plano Estadual) e das agências de região hidrográfica instituídas por lei e responsáveis pela arrecadação das tarifas.

Recentemente, em uma avaliação do que está sendo feito ou do que deveria estar sendo feito para solução dos problemas relacionados com os recursos hídricos, o Comitê Pardo mencionou que os eventuais conflitos de quantidade, representados pela desarmonia entre a irrigação e o abastecimento, não são percebidos como passíveis de resolução eficaz pelo dispositivo da cobrança, disponibilizado por uma legislação ainda pouco conhecida. Os moradores e, principalmente, os produtores da Bacia, acreditam que ainda existam outras formas de solucionar os problemas de falta de água, como a reservação dos recursos hídricos.

Trabalho realizado por Alvim & Carraro (2006) sobre a disposição dos usuários a pagar pela água na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo demonstram que, entre vários cenários estabelecidos, determinados por diferentes tarifas a serem cobradas, apenas tarifas excessivamente baixas não comprometeriam a atividade orizícola da região. O estudo sinalizou que os usuários que utilizam água para irrigação não iriam aceitar um preço relativamente mais elevado pelo uso da água. Caso isto ocorresse, haveria o risco dos irrigantes migrarem para atividades que exigissem menores demandas por água ou se deslocarem para outras regiões, onde o insumo tivesse custo menor.

Em síntese, a realidade indica que os recursos hídricos vêm se constituindo no fator limitante para o desenvolvimento mundial, sendo que muitas regiões do mundo já sofrem graves conseqüências decorrentes de sua escassez. A irrigação, que é a principal usuária destes recursos, tem cada vez mais sido vista como causadora e potencializadora dos conflitos relacionados com a água no mundo. Está certo que não se deve deixar de avaliar esta questão com ênfase nas novas exigências de consumo e de mercado que vêm surgindo, as quais preconizam produtos oriundos de sistemas de produção ecologicamente corretos. No caso do arroz irrigado, exemplo claro disso é a Produção Integrada de Arroz (PIA) que se constitui em um conjunto de medidas de manejo ecologicamente adequadas que, quando utilizado, garante um certificado de qualidade, agregando valor ao produto e garantindo maior aceitação pelo mercado consumidor. Em um futuro próximo, países importadores de arroz exigirão este tipo de certificado que comprove que a produção utiliza sistema com menor consumo de água nas lavouras. Este fato é incentivador da adoção de tecnologias, como a sistematização de lavouras e o uso racional da água.

Diante disso, não há como negar que um novo modelo de evolução dos sistemas produtivos está em desenvolvimento, destacando-se que, para que os produtores se mantenham competitivos, estes deverão se adaptar a esta nova realidade, valorizando todos os elementos dentro dos ecossistemas e não apenas aqueles que propiciem lucros imediatos.

Também os estudos na área ambiental devem ter continuidade. Incentivos financeiros devem ser buscados para realização de trabalhos conjuntos entre instituições de ensino, pesquisa e indústria, com objetivo de abastecer um banco de dados e disponibilizar informações que permitam avaliar com segurança os riscos ambientais das atividades que envolvem a cultura do arroz irrigado.

Ainda, é fundamental articular o fortalecimento de uma rede de pesquisa e de transferência de tecnologia em captação, conservação, melhoria de qualidade e de racionalização do uso da água na agricultura, através de parcerias, visando a revitalização dos cursos de água, o aumento da eficiência no uso da água na agricultura e a qualidade ambiental. Além disso, as informações geradas pela pesquisa devem fundamentar programas de educação ambiental para conscientização de técnicos, produtores rurais e da comunidade urbana sobre a importância sócio-econômica da cultura do arroz irrigado e sobre a racionalização do uso e manejo da água, a fim de garantir a disponibilidade desse recurso e a sustentabilidade da lavoura de arroz no Estado do Rio Grande do Sul.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). **HidroWeb**: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acesso em: 31 maio 2004.

ALLEY, W. On the Treatment of Evapotranspiration, Soil Moisture Accounting, and Aquifer Recharge in Monthly Water Balance Models. **Water Resources Research**, v. 20, n. 8, 1137-1149, 1984.

ALVIM, A. M; CARRARO, A. Cobrança pelo Uso da Água na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Pardo: perspectivas e impactos econômicos sobre os usuários. **Revista Redes**. Santa Cruz do Sul, v. 11, p. no prelo, 2006.

ANDRADE, J. F. R & RABUSKI, G. **Tendências nos Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado nos Municípios que Compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo**. Rio Pardo: Núcleo de Assistência Técnica do Instituto Rio-Grandense do Arroz, 16 de maio de 2005. (Informação Pessoal).

ARGENTINA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. **Proyecto Forestal**: Una Bibliografía de Experiencias e Investigaciones del Proyecto Forestal de Desarrollo – 1996-2004. Buenos Aires: 2004. Disponível em < <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/> > Acesso em: 07/10/2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14144**: Elaboração de Projetos de Drenagem Subterrânea para Fins Agrícolas. Disponível em < <http://www.manualdepericias.com.br/abnt/todasabnt18.asp> > Acesso em: 09/11/2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS (ABRH). **Boletim Informativo 25**. ABRH: 1986.

ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL (AFUBRA). **Revista Expoagro**: Revista de Agronegócios da Expoagro AFUBRA 2006. Santa Cruz do Sul: AFUBRA, 2006.

BEISDORF, M.T.; MOTA, F.S. Evapotranspiração do Arroz Irrigado em Pelotas, Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.28, n.11, p.1329-1334, 1976.

BELTRAME, L.F. S.; GONDIM, L. A. P. Estudos Hidrológicos do Consumo de Água em Lavoura de Arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.35, n.333, p. 22-28, 1982.

BELTRAME, L. S. & LOUZADA, J. A. Water Use Rationalization in Rice Irrigation by Flooding. In: International Seminar on Efficient Water Use, 1991, Cidade do México. **Anais...** Cidade do México, 1991. p. 337 – 345.

BELTRAME, L.; LOUZADA, J.A.; LANNA, A.E.; CAUDURO, F.A.; DA ROSA, S.M.; DE MIRANDA, T.L. Evapotranspiração Potencial no Rio Grande do Sul. **Recursos Hídricos**. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1994, n. 31, 49 p.

BELTRAME, L. F. S. et al. **Estudo Hidráulico para Melhoria da Eficiência do Sistema de Distribuição de Água para Irrigação da AUD: Relatório Final**. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 2005.

BERGAMASCHI, H.; RADIN, B.; ROSA, L. M. G.; BERGONCI, J. I.; ARAGONÉS, R.; SANTOS, A. O.; FRANÇA, S.; LANGENSIEPEN, M. Estimating Maize Water Requirements Using Agrometeorol Data. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, v.1, n.1, p.23-27, 2001.

BERLATO, M. A. et al. Coeficiente de cultura (kc) da soja (glycine max). In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 4, 1985, Londrina. **Resumos...** Londrina: Fundação Cargill, 1985. p. 13 – 14.

BERNARDES, B. C. **Melhoramentos da Agricultura no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, 1946, p.123-25.

BERNARDES, B. C. Irrigação do Arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 10, n. 17, p.371-382, 1956.

BEVEN, K. Distributed Models. In: **Hydrological Forecasting**. New York: John Wiley, 1985, ch. 13, p. 405-435.

BIOLAW. **Consultoria para a Realização de Estudo Técnico-Científico para a Determinação do Zoneamento Ambiental e Proposta de Regulamentação que Oriente os Processos de Licenciamento Ambiental para a Atividade de Silvicultura no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAM, 2006, 96 p. (Relatório - Etapa Parcial II).

BLACKIE, J. R.; EELES, C. W. D. Lumped Catchments Models. In: **Hydrological Forecasting**. New York: John Wiley, 1985, ch. 11, p. 311-345.

BRASIL. Lei nº. 3.071/16, de 1º de janeiro de 1916. **Código Civil**. Disponível em < <http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/11/1916/3071.htm> > Acesso em: 12/04/2005

BRASIL. **Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1934.

BRASIL. Decreto nº. 24.643, de 10 de julho de 1934. **Código de Águas**. Disponível em < <http://www.ecologia.dbi.ufla.br/> > Acesso em: 12/04/2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: M. A. Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).

BRASIL. Lei nº. 6.938/81, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação**. Disponível em: < [http://www.silex.com.br/leis/l\\_6938.html](http://www.silex.com.br/leis/l_6938.html) >. Acesso em: 12/04/2005.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº. 20/86, de 18 de junho de 1986. **Dispõe sobre a Classificação das Águas Doces, Salobras e Salinas do Território Nacional**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/conama/> > Acesso em: 12/04/2005.

BRASIL. **Constituição**. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Lei nº. 9.433/97, de 08 de janeiro de 1997. **Política Nacional e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Disponível em: < <http://www.lei.adv.br/9433-97.htm> > Acesso em: 12/04/2005.

BRASIL. Lei nº. 9.984/00, de 17 de julho de 2000. **Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas**. Disponível em < <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L9984.htm> > Acesso em 20/04/2005.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº. 284/01, de 30 de agosto de 2001. **Dispõe sobre o Licenciamento de Empreendimentos de Irrigação**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/> > Acesso em: 12/04/2005.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº. 303/02, 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/> > Acesso em: 12/04/2005.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n°. 357/05, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de Água e Diretrizes Ambientais para o seu Enquadramento.** Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/> > Acesso em: 28/11/2005.

BRITO, R. A. L.; COUTO, L.; SANTANA, D. P. Agricultura Irrigada, Recursos Hídricos e Produção de Alimentos. **ITEM**, n.55, p.64-69, 2002.

CAUDURO, F. A. **Apontamentos de Irrigação.** Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1996. 186 p.

CHOMENKO, L. Conflitos de Usos entre Recursos Naturais e Agricultura Irrigada. In: Seminário da Qualidade da Água na Lavoura de Arroz Irrigado, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FARSUL, SENAR, 2002. 1 CD-rom.

CHRISTOFIDIS, D. **Recursos Hídricos e Irrigação no Brasil.** Centro de Desenvolvimento Sustentável, UnB, Brasília, 1999. 34 p.

CLEARFIELD Mostra Resultados da Primeira Safra. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 52, n. 436, p. 20 – 21, jul-set. 2004.

COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DA PESQUISA DE TRIGO. **Indicações Técnicas da Comissão Sul-Brasileira da Pesquisa de Trigo.** Cruz Alta: FUNDACEP, 2005. 162 p.

CORRÊA, N. I. et al. Consumo de Água na Irrigação do Arroz por Inundação. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 50, n. 432, p.3-8, jul.-ago., 1997.

COUNCE, P. A.; SIEBENMORGEN, T. J.; VORIES, E. D. **Postheading Irrigation Management Effects on Rice Grain Yield and Milling Quality.** Arkansas: Arkansas Agricultural Experiment Station, 1993. 12 p.

DALMAGO, G. A. **Dinâmica da Água no Solo em Cultivos de Milho sob Plantio Direto e Preparo Convencional.** Porto Alegre: UFRGS, 2004, 236 p. Tese (Doutorado).

DE DATTA, S. K. **Principales and Practices of Rice Production.** New York, John Wiley. Chap. 9, 1981, p. 297 – 347.

DEWES, Rogério. **Planos de Bacias Hidrográficas no Rio Grande do Sul**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <Fernanda Helfer> em: 18 fev. 2005.

DIAZ, L. A. & BELTRAME, L. F. S. Variabilidade Espacial de Características Físico-Hídricas em Planossolo. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 7, 1986, Brasília. **Anais...** Brasília: ABID, 1986, v. 3, p. 923 – 948.

DOORENBOS, J. & PRUITT, W. O. **Las Necesidades de Água de los Cultivos**. Roma: FAO, 1976, 194 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for Predicting Crop Water Requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome. FAO, 1977, n.24.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield Response to Water**. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome: FAO, 1979, n.33.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da Água no Rendimento das Culturas**. Campina Grande: UFPB. FAO, 1994. 306 p. (Irrigação e Drenagem, 33).

EASTMAN, J. R. **Manual do usuário** - Exercícios tutoriais Idrisi for Windows, versão 2.0. Tradução para o português, H. Hasenack e E. Weber. Porto Alegre, 1998. 240p.

EBERHARDT, D. S. Consumo de Água em Lavoura de Arroz Irrigado sob Diversos Métodos de Preparo do Solo. Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 20, 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1993. p. 173 – 176.

EBERHARDT, D. S. Consumo de Água em Lavoura de Arroz Irrigado sob Diversos Métodos de Preparo do Solo. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis. v. 7, n. 1, p. 51-53, mar. 1994.

ECOPLAN. **Avaliação Quali-Quantitativa das Disponibilidades e Demandas de Água na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo/Pardinho - Volume I - Cenário Atual - Textos**. Porto Alegre: CRH/RS – SOPSH, 1997, 428 p. (Relatório Técnico Final)

ECOPLAN. **Consolidação do Conhecimento sobre os Recursos Hídricos da Bacia do Rio Pardo (Etapas A e B) e Elaboração do Programa de Ações da Sub-Bacia do Rio Pardinho (Etapa C)**. Porto Alegre: DRH/SEMA, 2004, 536 p. (Proposta Técnica).

ECOPLAN. **Consolidação do Conhecimento sobre os Recursos Hídricos da Bacia do Rio Pardo (Etapas A e B) e Elaboração do Programa de Ações da Sub-Bacia do Rio**

**Pardinho (Etapa C)**. Porto Alegre: DRH/SEMA, 2005(a), 244 p. (Relatório Final da Etapa A - RE-A).

ECOPLAN. **Consolidação do Conhecimento sobre os Recursos Hídricos da Bacia do Rio Pardo (Etapas A e B) e Elaboração do Programa de Ações da Sub-Bacia do Rio Pardinho (Etapa C)**. Porto Alegre: DRH/SEMA, 2005(b), 226 p. (Relatório Final da Etapa B - RE-B).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 899 p.

FEDDES, R. A.; LENSELINK, K. J. Evapotranspiration. In: RITZEMA, H. P. 1994. **Drainage: Principles and Applications**. 2. ed. Wageningen: ILRI. p: 145 – 73.

FIETZ, C. R.; CAUDURO, F. A.; BELTRAME, L. S. Modelo de Cálculo de Demanda Hídrica em Lavoura de Arroz Irrigado (*Oriza Sativa, L*). In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 7, 1986, Brasília. **Anais...** Brasília: ABID, 1986. v.1. p. 155 – 167.

FIETZ, C. R. **Demanda Hídrica em Lavoura de Arroz Irrigado (*Oryza sativa L.*) em Planossolo**. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1987, 210 p. Dissertação (Mestrado).

FUKUDA, H. & TSUITSUI, H. **Rice Irrigation in Japan**. Rome: FAO, 1968. 53 p.

GENRO JÚNIOR, S. A., MACEDO, V. R. M., MARCOLIN, E., ANGHINONI, I., FREITAS, J. P., CREMONESE, J. Contribuição de Nutrientes pela Água de Irrigação do Rio Gravataí e da Barragem do Capané para a Cultura do Arroz Irrigado. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 4; Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 26, 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005. v. 1 p. 502-504.

HENKES, S. L. Gestão de Recursos Hídricos: Aspectos Legais e Institucionais. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2003. 1 CD-rom.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento de Recursos Naturais: folha SH.22 - Porto Alegre. Rio de Janeiro, 1986.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS (IPH). **Estudo Sobre as Disponibilidades e Demandas Hídricas na Bacia do Rio Uruguai**. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1993. (Relatório Técnico Parcial).

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS (IPH). **Avaliação Quali - Quantitativa das Disponibilidades e Demandas de Água na Bacia Hidrográfica do Rio Caí: Cenário Atual da Bacia do Rio Caí**. Porto Alegre: CRH/RS – SOPSH, 1997, 475 p. (Relatório Final da Etapa Diagnóstico).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Spring Versão 4.2: Integrating Remote Sensing and GIS by Object Oriented Data Modelling**. INPE, 1996. Software.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Departamento de Processamento de Imagens. **Manual de operação do SPRING: versão 4.2**. São Jose dos Campos, SP, 2005.

INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). Caracterização da Lavoura de Arroz Irrigado – **Censo 1999/2000**. Disponível em < [http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=pub\\_censo](http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=pub_censo) > Acesso em: 12/03/2005.

INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: IRGA, 2001, 128 p.

INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Dados de Safra – 2003/2004**. Disponível: < <http://www.irga.rs.gov.br/> > Acesso em 05/03/2005.

INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Dados de Safra – 2004/2005**. Disponível: < [http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=dados\\_safra](http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=dados_safra) > Acesso em 15/10/2005.

INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Programa Arroz RS**. Cachoeirinha: IRGA. 2004(a). Disponível em: < <http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=arrozrs> > Acesso em: 15/10/2005.

INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Projeto 10: Estratégias de Manejo para o Aumento de Produtividade, Competitividade e Sustentabilidade da Lavoura de Arroz do RS**. Cachoeirinha: IRGA. 2004(b). 32 p.

INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Censo da Lavoura de Arroz Irrigado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IRGA,. 2006. 122 p.

JOHNSON, L. Water Requirements for Rice. In: CIAT. **Curso de Adiestramiento sobre Producción de Arroz para Técnicos Brasileiros**. Bogotá. 1972. 2 p.

KNOBLAUCH, R. Adubação das Mudanças de Arroz Irrigado em Caixas para Transplante. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 22, 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p 209-212.

LANNA, A. E. **Gerenciamento de Bacia Hidrográfica: Aspectos Conceituais e Metodológicos**. Brasília: IBAMA, 1995.

LANNA, A. E. O Processo de Planejamento. In: **Gestão de Recursos Hídricos**. Texto de Referência para a Disciplina HIDP78 do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da UFRGS, 2004, 204 p.

LOAGUE, K.; CORWIN, D. Regional-Scale Assessment of Non-Point Source Groundwater Contamination. **Hydrological Processes**. v. 12., n. 6. p. 957-965, 1998.

LOUZADA, J. A. **Simulação da Irrigação por Inundação e da Drenagem nos Solos de Várzea do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 2004, 190 p. Tese (Doutorado).

MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E.; BOHNEN, H. Perdas de Nutrientes na Água de Drenagem durante o Preparo para o Sistema de Cultivo de Arroz Pré-Germinado. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2; Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 24, 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001, p. 247-249.

MACEDO, V. R. M. **A Lavoura de Arroz Irrigado no RS: Qualidade da Água e Racionalização do Uso**. Canoas: ULBRA, 2005, 79 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização).

MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. GENRO JUNIOR, S. A. Monitoramento da Água de Irrigação e de Drenagem na Estação Experimental do Arroz em Cachoeirinha (RS). In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 4; Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 26, 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005. v. 2. p. 535-537.

MACHADO, S. L. O.; MARCHEZAN, E.; RIGHES, A. A.; CARLESSO, R.; VILLA, S. C. C.; CAMARGO, E. R. Consumo de Água e Perdas de Nutrientes e de Sedimentos na Água de

Drenagem Inicial do Arroz Irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, fev 2006, v. 36, n. 1, p. 65-71.

MARCHEZAN, E.; VILLAS, S. C. C.; MACHADO, S. L. O. Consumo de Água e Desempenho de Cultivos de Arroz Irrigado em Diferentes Sistemas de Cultivo. **Informe Técnico**. Santa Maria: UFSM, Centro de Ciências Rurais, n. 3, 2005, 10 p.

MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M. Consumo de Água em Três Sistemas de Cultivo de Arroz (*Oriza sativa L.*). In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 21, 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABID, 2001. p. 59 – 63.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de Plantas Cultivadas e Coeficientes de Cultura. In: BERGAMASCHI, H. et al. **Agometeorologia Aplicada à Irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992.

MEYER, S. P.; SALEM, T. H.; LABADIE, J. W. Geographic Information Systems in Urban Storm-Water Management. **Journal of Water Resources Planning and Management**. 119, n. 2, p. 206-227, 1993.

MOHAN, S; ARUMUGAM, N. Irrigation Crop Coefficients to Lowland Rice. **Irrigation and Drainage Systems**, n.8, 1994, p.159 – 176.

MOORE, R. J.; CLARKE, R. T. A Distribution Function Approach to Rainfall-Runoff Modelling. **Water Resources Research**. Washington, v. 17, n. 5, p. 1367-1392. out, 1981.

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M. Manejo da Irrigação do Feijoeiro no Sistema Plantio Direto: Coeficiente de Cultura. **Pesquisa em Foco**. Embrapa, n. 63, 2001. Disponível em < <http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/emfoco/pdf/pqfoco63.pdf> > Acesso em < 20/05/2005.

MOTTA, F. S. DA; ALVES, E. G.P.; BECKER, C. T. Informação Climática para o Planejamento da Necessidade de Água para a Irrigação do Arroz no Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 392, p.3-6, 1990.

MULLER, J.; DEWES, R. **Outorga e Licenciamento**. In: Painel: Aspectos Jurídicos do Uso da Água na Agricultura. Porto Alegre, 03 jul. 2006. Palestra proferida no Debate Sobre Uso da Água na Agricultura – FARSUL.

OLIVEIRA, J.C.S; et al. Comportamento de Genótipos de Arroz Irrigado em Três Sistemas de Semeadura. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 1; Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 23, 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999, p. 61-63.

PANITZ, C. A. **Avaliação Quantitativa das Disponibilidades e Demandas Hídricas na Bacia do Arroio dos Ratos - RS, Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas e Modelagem Matemática.** Porto Alegre: IPH/UFRGS, 2000, 148 p. Dissertação (Mestrado).

PERRIER, A. Updated Evapotranspiration and Crop Water Requirement Definitions. In: Conférence Internationale les Besoins des Cultures Crop Requirements, 1984, Paris. **Annales...** Paris, Commission Internationale des Irrigations et Drainage, 1985, p. 885 – 887.

PROJETO CLEARFIELD – Um Sistema de Produção. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 52, n. 435, p. 13, março de 2004.

REBOUÇAS, A. C. Água Doce no Mundo e no Brasil (Cap 1). In: **Águas Doces no Brasil**, Instituto de Estudos Avançados, USP, São Paulo, 1999, p. 1 - 36.

RIGHES, A. A. Eficiência em Sistemas de Irrigação por Inundação: o caso do arroz. In: Simpósio Nacional sobre Uso da Água na Agricultura, 2006, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: UPF, 2006. 1 CD-rom.

RIGHES, A. A.; RIGHI, G. L. M. I. **Construção de Barragens em Talvegues com Fluxo de Água II: Propostas de Ações para Amenizar Períodos de Estiagem ou Enchentes.** Posicionamento e Contribuições da Sociedade de Agronomia de Santa Maria Visando à Redução dos Impactos dos Déficits e ou Excessos Hídricos. Santa Maria: SASM, 2005, 8 p. (Parecer Técnico).

RIO GRANDE DO SUL. **Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Assembléia Legislativa do Rio Grande do Sul. Companhia Riograndense de Artes Gráficas, 1989.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. **Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição Estadual do Rio Grande do Sul.** Diário Oficial (do Estado do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, 31 dez, 1994.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 37.033, de 21 de novembro de 1996. **Regulamenta a Outorga do Direito de Uso da Água no Estado do Rio Grande do Sul.** Disponível em: < <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/rhlegisl.htm> > Acesso em 20/05/2005.

RIO GRANDE DO SUL. 2000. **Legislação de Recursos Hídricos.** Porto Alegre: SEMA, 136 p.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução do Conselho de Recursos Hídricos nº. 04/02. **Institui a Divisão Hidrográfica do Estado.** Disponível em: < <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/rhlegisl.htm> > Acesso em: 12/04/2005.

ROCHEDO, P. R. C. **Determinação da Demanda de Água de Irrigação para a Cultura do Arroz e Potência Requerida para Bombeamento em Solo da Depressão Central.** Porto Alegre: UFRGS, 1979, 67 p. Dissertação (Mestrado).

RODRIGUEZ, R. G. **Metodologia para a Estimativa das Demandas e Disponibilidades Hídricas: Estudo de Caso da Bacia do Paracatu.** Viçosa: UFV, 2004, 94 p. Dissertação (Mestrado).

ROJAS, C. A. L. **Alterações Físico-Hídricas de um Podzólico em Função do Manejo do Solo.** Porto Alegre: UFRGS, 1998, 77 p. Dissertação (Mestrado).

SACHET, Z. P. **Consumo de Água de Duas Cultivares de Arroz (*Oryza sativa L.*) em Três Tratamentos de Irrigação.** Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1977, 99 p. Dissertação (Mestrado).

SANTOS, J. R. M. Irrigar é Preciso. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, 1998. v. 8, n. 3. p. 29-34.

SETTI, A A; LIMA, J. E. F.W.; CHAVES, A G.M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao Gerenciamento dos Recursos Hídricos.** Brasília: ANA/ANEEL, 2001, 327 p.

SHAH, S. B.; EDLING, R. J. Daily Evapotranspiration Prediction from Louisiana Flooded Rice Field. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, n.126, p.8-13, 2000.

SILVA, P. R. F. **Tendências nos Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado no Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS), 24 de novembro de 2006. (Informação Pessoal).

SILVEIRA, G. L. **Quantificação de Vazão em Pequenas Bacias com Carência de Dados Fluviométricos**. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1997, 113 p. Tese (Doutorado).

SOARES NETO, P. B.; FREITAS, M.; AGRA, S. G. Processo da Gestão das Águas na Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba. In: Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade, 2002, Indaiatuba, SP. **Anais...** ANPPAS, 2002. Disponível em < <http://www.anppas.org.br/> > Acesso em 20/04/2005.

SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí: IRGA, 2003, 126 p.

SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: SOSBAI, 2005, 159 p.

THORNTHWAITTE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**. Lab. Climatol. Drexel Inst. Technol., 8 (1), 1-104, 1955.

TSUITSUI, H. Manejo da Água para a Produção de Arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 25, n. 269, p. 36-42, 1972.

TOESCHER, C. F.; RIGHES, A. A.; CARLESSO, R. Volume de Água Aplicada e Produtividade do Arroz Sob Diferentes Métodos de Irrigação. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiiana, v. 4, n. 1, p. 75 – 79, jan-dez. 1997.

TOESCHER, C. F.; KÖPP, L. M. Produtividade do Arroz sob Irrigação por Aspensão em Uruguaiiana - RS. In: Congresso da Cadeia Produtiva do Arroz, 1; Reunião Nacional de Pesquisa do Arroz, 7, 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. v. 1 p. 405-406.

TOESCHER, C. F.; KÖPP, L. M.; LIMA, A. L. O Arroz Irrigado por Aspensão em Uruguaiiana - RS. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 3; Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 25, 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 238-240.

TUBINO, M. L. **Produção Integrada de Arroz**. In: Painel: O Mau Uso da Água: Causas, Conseqüências e Alternativas. Porto Alegre, 03 jul. 2006. Palestra proferida no Debate Sobre Uso da Água na Agricultura – FARSUL.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Matemáticos em Hidrologia e Hidráulica**. Rio de Janeiro: RBE, 1986. 3 v.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2002, 943 p.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **The World's Water, is There Enough?** Disponível em: < <http://www.unesco.org/science/waterday2000/Brochure.htm> > Acesso em: 30/03/2005.

US GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Shuttle Radar Topography Mission**. NASA/USGS: 2003. Disponível em < <http://srtm.usgs.gov/data/obtainingdata.html> > Acesso em: 31/03/2005.

VIANNA, M. L. DE S. O Desperdício de Energia na Irrigação do Arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.50, n. 432, p. 9-11, 1997.

VIEGAS, J. I. **Associativismo de Irrigantes Perante a Gestão de Recursos Hídricos**. Santa Maria, 22 mar. 2005. Palestra proferida no 1º Aguasul – Simpósio de Recursos Hídricos do Sul.

VARGAS, A. F. C. 2003. Desempenho de Cultivares de Arroz Irrigado por Aspersão, sob Plantio Direto em Alegrete, RS. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 3; Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 25, 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 235-237.

WEBER, L. **Consumo e Qualidade da Água e Cultivares de Arroz Irrigado em Diferentes Sistemas de Cultivo**. Santa Maria: UFSM, 2000, 52 p. Dissertação (Mestrado).

WOOD, E. F.; SIVAPALAN, M.; BEVEN, K.; BAND, L. Effects of Spatial Variability and Scale with Implications to Hydrologic Modelling. **Journal of Hydrology**, n. 102, p. 29-47, 1988.

WOPEREIS, M. C. S. et al. Water use efficiency of flooded rice fields. I – Validation of the soil-water balance model SAWAH. **Agricultural Water Management**. v 26, 1994, p 277-289.

ZAFFARONI E.; TAVARES, V. E. **O Licenciamento Ambiental dos Produtores de Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul, Brasil**. Disponível em: < <http://www.ambiental.net/agroverde> > Acesso em: 12/12/2004.



**ANEXO A1 – PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MENSAL NAS ESTAÇÕES BOTUCARAÍ,  
HERVEIRAS E PONTE JACUÍ**

TABELA A1.1: Precipitação Pluvial (mm) na Estação Botucaraí (ANA/ANEEL 02952003). Valores Mensais do Período out/1969 – mar/1980

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56,7	200,8	125,0	-
1970	146,8	81,2	199,8	61,0	181,7	192,8	160,8	90,0	38,6	159,8	24,0	181,8	1.518,3
1971	247,4	162,0	153,4	72,0	89,4	176,2	132,0	171,4	105,6	74,4	51,6	148,4	1.583,8
1972	329,4	57,1	187,8	95,4	164,6	194,4	166,4	341,6	273,8	180,2	124,6	66,8	2.182,1
1973	147,8	250,4	99,0	146,6	125,2	106,4	246,0	196,8	130,4	90,8	11,2	194,0	1.744,6
1974	91,8	133,2	123,1	6,2	126,4	180,2	90,0	155,2	58,4	56,0	179,4	118,4	1.318,3
1975	122,0	97,6	96,4	23,0	61,0	129,2	77,4	281,8	198,8	76,0	129,6	104,6	1.397,4
1976	91,2	72,0	167,0	137,8	200,4	97,2	163,2	90,8	140,4	164,0	153,6	120,2	1.597,8
1977	337,2	103,8	145,8	193,0	100,2	170,0	274,0	200,2	87,4	131,0	198,4	183,8	2.124,8
1978	130,2	70,6	92,0	27,2	59,8	66,8	144,6	87,4	91,8	104,0	220,0	137,2	1.231,6
1979	55,8	142,2	125,0	157,2	187,0	57,2	113,5	165,0	225,2	201,6	122,0	210,8	1.762,5
1980	23,2	65,0	231,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	156,62	112,28	147,34	91,94	129,57	137,04	156,79	178,02	135,04	117,68	128,65	144,64	1.646,12

TABELA A1.2: Precipitação Pluvial (mm) na Estação Herveiras (DEPREC/ANEEL 02952005). Valores Mensais do Período out/1969 – mar/1980

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60,5	169,0	139,7	-
1970	156,7	106,8	211,1	53,0	256,0	188,6	158,0	122,8	36,0	211,0	37,0	209,4	1.746,4
1971	158,1	144,6	263,4	122,2	80,0	265,6	131,2	133,5	48,9	32,6	0,0	72,6	1.452,7
1972	231,8	106,4	185,2	118,8	121,2	215,3	296,1	322,0	285,3	234,9	181,1	25,8	2.323,9
1973	193,3	206,9	65,4	156,9	99,4	98,3	270,6	238,9	118,0	130,8	32,9	267,2	1.878,6
1974	119,9	193,8	246,0	9,9	102,7	215,7	87,6	232,8	48,3	88,6	162,6	144,7	1.652,6
1975	179,1	149,2	152,5	46,0	90,4	134,6	63,1	298,1	193,6	97,9	129,9	95,6	1.630,0
1976	125,6	224,8	133,5	95,9	215,7	111,2	171,9	73,9	174,5	171,1	141,8	147,2	1.787,1
1977	283,2	137,4	181,3	152,6	42,8	98,5	340,0	197,8	130,4	126,3	145,2	131,3	1.966,8
1978	129,5	29,2	91,5	18,8	56,7	137,6	195,1	139,5	72,0	124,1	379,8	109,4	1.483,2
1979	19,6	137,2	131,8	183,8	179,9	55,1	137,6	190,1	182,7	230,2	198,6	255,0	1.901,6
1980	106,1	130,3	159,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	154,81	142,42	165,58	95,79	124,48	152,05	185,12	194,94	128,97	137,09	143,45	145,26	1.782,29

TABELA A1.3: Precipitação Pluvial (mm) na Estação Ponte Jacuí (ANA/ANEEL 02852023). Valores Mensais do Período out/1969 – mar/1980

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96,1	116,0	130,0	-
1970	84,4	164,0	197,0	67,4	198,0	167,0	123,0	101,0	54,4	109,0	34,4	392,0	1.691,6
1971	76,0	144,0	313,1	132,1	116,5	214,0	147,2	141,0	58,4	81,4	56,1	112,3	1.592,1
1972	144,0	205,2	96,4	180,9	76,3	389,0	144,5	451,0	239,0	159,0	254,7	109,7	2.449,7
1973	206,6	95,4	79,9	125,4	202,0	209,6	250,0	257,4	213,1	193,8	63,1	225,8	2.122,1
1974	195,7	109,2	130,0	60,7	142,2	175,1	45,8	109,6	22,3	63,6	124,5	231,2	1.409,9
1975	122,5	332,2	130,5	55,3	72,9	133,8	92,1	252,6	236,5	146,4	129,0	123,0	1.826,8
1976	281,5	230,8	170,4	69,1	170,0	85,4	126,3	146,1	106,1	164,8	129,0	147,7	1.827,2
1977	163,0	184,7	235,6	68,5	33,7	115,6	224,3	216,0	146,5	98,4	224,0	169,0	1.879,3
1978	217,9	46,9	103,0	9,2	38,3	113,1	338,0	114,5	146,8	132,2	244,2	176,9	1.681,0
1979	27,9	243,0	73,3	129,8	124,7	79,3	164,5	138,3	162,1	455,0	225,6	196,0	2.019,5
1980	49,4	122,0	101,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	142,6	170,7	148,2	89,8	117,5	168,2	165,6	192,8	138,5	154,5	145,5	183,1	1.849,9

**ANEXO A2 – EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NAS ESTAÇÕES  
HERVEIRAS E CANDELÁRIA**

TABELA A2.1: Evapotranspiração de Referência (mm) da Estação Herveiras (ANA/ANEEL 02952005). Valores Mensais do Período out/1969 – mar/1980

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72,7	94,9	97,8	-
1970	89,6	48,3	48,5	51,9	30,9	22,6	25,5	38,1	47,6	57,5	68,0	52,9	581,4
1971	86,7	56,3	62,9	63,7	46,2	35,0	47,3	32,6	40,5	61,4	76,5	85,0	694,1
1972	58,9	66,1	57,0	29,2	34,3	30,3	41,7	30,6	56,0	70,1	63,8	101,8	639,8
1973	75,9	52,6	64,9	52,6	49,6	34,1	35,4	36,6	47,6	64,4	84,9	75,8	674,4
1974	84,9	39,6	51,0	58,6	36,5	27,6	27,7	57,6	52,1	78,7	78,5	80,5	673,3
1975	77,4	54,0	47,0	40,3	32,3	26,9	34,1	25,6	30,3	53,5	83,2	85,5	590,1
1976	64,3	71,2	45,0	34,8	17,1	19,7	26,3	44,1	45,1	55,3	66,1	72,6	561,6
1977	52,5	64,1	47,0	43,9	26,5	25,1	25,5	34,7	31,1	51,9	70,7	58,1	531,1
1978	51,3	79,2	50,6	62,7	53,1	23,5	22,7	29,0	45,2	50,8	60,2	76,3	604,6
1979	117,5	65,6	55,1	39,8	30,0	23,6	27,0	27,1	28,8	41,4	53,0	61,4	570,3
1980	91,9	34,6	42,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	77,4	57,4	51,9	47,8	35,7	26,8	31,3	35,6	42,4	53,2	64,1	68,2	612,1

TABELA A2.2: Evapotranspiração de Referência (mm) da Estação Candelária (DEPRC/ANEEL 02952004). Valores Mensais do Período out/1969 – mar/1980

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,4	96,5	113,1	-
1970	112,3	99,1	85,0	61,8	40,3	29,2	32,3	48,5	49,3	66,5	99,9	108,2	832,3
1971	86,0	62,1	63,8	54,4	35,0	37,0	30,0	38,8	48,5	85,2	119,8	118,7	779,2
1972	97,7	103,3	78,2	54,4	38,2	37,3	26,9	36,6	49,3	65,1	65,4	97,2	749,4
1973	74,1	58,4	68,0	41,9	33,1	30,9	28,6	30,4	40,0	71,6	102,1	91,0	670,1
1974	93,7	71,0	61,2	58,4	33,7	29,1	23,0	40,3	46,8	78,7	80,0	84,9	700,7
1975	94,4	83,0	68,0	46,4	39,6	28,1	40,3	33,3	44,2	73,7	83,6	108,7	743,3
1976	85,6	95,6	62,9	51,7	32,0	29,2	27,5	33,2	48,5	74,2	90,3	101,3	732,1
1977	76,7	71,4	68,0	49,1	31,6	27,7	33,1	27,0	51,0	64,0	89,3	100,2	689,1
1978	68,5	86,5	79,9	61,9	41,9	29,8	30,3	32,3	49,3	65,2	71,5	68,5	685,6
1979	105,4	88,1	69,7	57,3	39,4	31,8	34,0	40,8	48,5	75,5	72,8	77,6	740,9
1980	108,5	96,9	67,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	91,2	83,2	70,2	53,7	36,5	31,0	30,6	36,1	47,5	65,4	79,5	86,9	732,3

**ANEXO A3 – EVAPORAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA  
DECENIAIS MÉDIAS NAS ESTAÇÕES HERVEIRAS, CANDELÁRIA, RIO  
PARDO E SINIMBU**

TABELA A3.1: Evaporação e Evapotranspiração de Referência (mm) da Estação Herveiras (DEPRC/ANEEL 02952005) nos Meses de Irrigação do Arroz Irrigado. Valores Decendiais Médios do Período out/1969 – fev/1980

Decêndio	outubro			novembro			dezembro			Janeiro			fevereiro		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
Evaporação (Tanque Classe A)	-	24,8	24,1	27,0	29,8	28,8	19,8	35,0	33,9	26,5	30,7	33,9	28,8	-	-
Evapotranspiração de Referência	-	21,1	20,5	23,0	25,3	24,5	16,8	29,8	30,5	22,5	26,1	28,8	24,5	-	-

TABELA A3.2: Evaporação e Evapotranspiração de Referência (mm) da Estação Candelária (DEPRC/ANEEL 02952004) nos Meses de Irrigação do Arroz Irrigado. Valores Decendiais Médios do Período out/1969 – fev/1980

Decêndio	outubro			novembro			dezembro			Janeiro			fevereiro		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
Evaporação (Tanque Classe A)	-	27,8	29,5	33,4	34,1	34,6	38,0	38,9	41,8	36,2	36,1	38,9	35,5	-	-
Evapotranspiração de Referência	-	23,6	25,1	28,4	29,0	29,4	32,3	33,1	35,5	30,8	30,7	33,1	30,2	-	-

TABELA A3.3: Evaporação e Evapotranspiração de Referência (mm) da Estação Rio Pardo (DEPRC/ANEEL 02952011) nos Meses de Irrigação do Arroz Irrigado. Valores Decendiais Médios do Período out/1969 – fev/1980

Decêndio	outubro			novembro			dezembro			Janeiro			fevereiro		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
Evaporação (Tanque Classe A)	-	28,5	26,8	30,9	35,5	33,4	27,3	49,6	48,5	33,8	39,1	42,3	42,0	-	-
Evapotranspiração de Referência	-	24,2	22,8	26,3	30,2	28,4	23,2	42,2	41,2	28,7	33,2	36,0	35,7	-	-

TABELA A3.4: Evaporação e Evapotranspiração de Referência (mm) da Estação Sinimbu (DEPRC/ANEEL 02952013) nos Meses de Irrigação do Arroz Irrigado. Valores Decendiais Médios do Período out/1969 – fev/1980

Decêndio	outubro			novembro			dezembro			Janeiro			fevereiro		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
Evaporação (Tanque Classe A)	-	24,8	23,2	23,7	26,4	24,7	17,6	31,7	31,3	23,8	27,5	29,8	31,6	-	-
Evapotranspiração de Referência	-	21,1	19,7	20,1	22,4	21,0	15,0	26,9	26,6	20,2	23,4	25,3	26,9	-	-

**ANEXO A4 – ESTIMATIVA DA VAZÃO DE CONSUMO PARA AS CATEGORIAS  
ABASTECIMENTO HUMANO, CRIAÇÃO ANIMAL E USO INDUSTRIAL NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO – CENÁRIOS FUTUROS**

Fonte: Ecoplan 2005(b)

**ESTIMATIVA DA VAZÃO DE CONSUMO PARA AS CATEGORIAS  
ABASTECIMENTO HUMANO, CRIAÇÃO ANIMAL E USO INDUSTRIAL NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO – CENÁRIOS FUTUROS**

**Fonte: Ecoplan 2005(b)**

O presente estudo baseia-se na existência de duas grandes classes de usos da água na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo: usos consuntivos e usos não-consuntivos, sendo que as estimativas das demandas hídricas futuras foram baseadas nas tendências de evolução previstas, nos diferentes usos **consuntivos** identificados na Bacia do Rio Pardo para os próximos 4 e 12 anos (2008 e 2016). Para confirmar tais tendências (em geral obtidas a partir de estudos sobre dados censitários dos últimos anos) foram realizadas consultas a técnicos e a entidades afins com os temas, como a Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul – FEE/RS e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Para o abastecimento humano, a dessedentação animal e o uso industrial foram utilizadas as taxas de crescimento anuais para a projeção das demandas nos horizontes de 4 e 12 anos, baseadas no estudo do comportamento dos respectivos setores usuários nos últimos anos. As demandas e os consumos foram particularizados para cada uma das 13 Unidades de Estudo da Bacia do Rio Pardo estabelecidas pelo Comitê.

Neste contexto, é importante ressaltar a distinção entre demanda hídrica e consumo hídrico. Entende-se por demanda hídrica a quantidade de água necessária ou que é solicitada para a execução de uma determinada atividade; representa, assim, a quantidade de água que é extraída do manancial. Já o conceito de consumo hídrico é entendido como a parcela da demanda que é efetivamente utilizada (ou gasta) no desenvolvimento dessa atividade, seja por sua inclusão como matéria-prima no processo, seja por perdas como a evaporação, ou mesmo a degradação, de tal forma que impeça a sua posterior utilização. A diferença quantitativa entre a demanda e o consumo é denominada de retorno, que consiste na parcela restante da demanda que volta ao manancial, através do sistema de drenagem e/ou sistemas de esgotamento sanitários, e em condições de ser utilizada a jusante.

A quantificação dos usos consuntivos utiliza ambos os conceitos. Quando o conceito utilizado for ‘demanda’, os valores apresentados referem-se à parcela retirada do manancial, independentemente do percentual que é efetivamente utilizado; já quando se fizer referência ao ‘consumo’, estar-se-á considerando o montante que realmente é consumido, excluindo-se do valor a parcela de água que retorna ao manancial.

Os usos consuntivos, assim como as próprias disponibilidades hídricas, apresentam variação, em termos quantitativos, ao longo do ano. Essa variação está associada à sazonalidade, seja da atividade usuária, seja das condições em que se processa essa atividade. Por essa razão, as demandas e consumos associados aos usos consuntivos foram determinados em termos mensais, possibilitando incorporar à análise as variações sazonais nitidamente observadas. Para retratar tal variação, no cálculo das demandas de abastecimento humano, foram utilizados coeficientes de sazonalidade, que variam ao longo dos meses do ano, sendo maiores nos meses de verão. Para o uso industrial e para a dessedentação de animais, os efeitos da sazonalidade foram desconsiderados.

### ***Abastecimento Humano***

De posse dos resultados de demandas hídricas *per capita* e das populações atendidas em cada município, as demandas futuras de água para abastecimento humano nos horizontes de 4 e 12 anos (2008 e 2016) foram estimadas com base nas seguintes considerações:

- ✓ Como as fontes de dados demográficos têm como unidade de avaliação os municípios, as estimativas populacionais foram calculadas primeiramente para estes, e após, os percentuais de área total e urbana de cada município nas Unidades de Estudo foram aplicados sobre as respectivas demandas de água superficial para atendimento às populações dos municípios da Bacia, possibilitando o cálculo da demanda para abastecimento humano.
- ✓ As projeções das demandas hídricas para abastecimento humano, tanto urbano quanto rural, pressupõem somente a projeção da população; as demandas *per capita* foram mantidas fixas (o porte populacional urbano do município foi o critério utilizado para a determinação da demanda *per capita* do abastecimento urbano, que não foi alterada no período de projeção em nenhum dos municípios; da mesma forma, a demanda *per capita* para abastecimento da população rural também foi mantida fixa).
- ✓ As projeções populacionais para os anos de 2008 e 2016 foram realizadas com base nas estimativas populacionais realizadas pela Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul (FEE) para os municípios (até 2004) e para o Estado (até 2020).

Os coeficientes unitários de demanda adotados para a população urbana foram determinados em função do porte populacional urbano dos municípios e dos totais captados pela CORSAN

para abastecimento das cidades em questão, sendo que os valores adotados estão resumidos no quadro a seguir.

Demanda <i>per capita</i> para abastecimento da população urbana		
Cidade	Estrato Populacional (População Urbana Projetada - 2008 e 2016)	Demanda <i>per capita</i> (l/hab/dia)
Santa Cruz do Sul	~ 100.000 hab	290
Vera Cruz, Candelária, Barros Cassal	de 3.000 a 15.000 hab	200
Boqueirão de Leão, Gramado Xavier, Herveiras, Lagoão, Passa Sete, Sinimbu, Vale do Sol	Menos de 3.000 hab	170

OBS.: 1) para o estabelecimento da demanda *per capita* foi considerado o porte populacional dos municípios; 2) para a determinação das demandas totais para a população urbana da Bacia foi considerada apenas a parcela da população pertencente à Bacia; 3) a demanda de Rio Pardo não foi avaliada, tendo em vista que a captação da CORSAN localiza-se no Rio Jacuí, portanto fora da Bacia do Rio Pardo.

Para determinação da sazonalidade foram consideradas as variações mensais estimadas com base nas informações mensais (de volumes e vazões distribuídas) fornecidas pela SUTRA/CORSAN, referente ao ano de 2003, e extrapolados para os demais municípios, baseando-se no fato de que o comportamento sazonal do consumo é função, predominantemente, da regionalidade. A variação temporal das demandas ao longo do ano, na Bacia do Rio Pardo, é apresentada no quadro a seguir.

Distribuição temporal ponderada das demandas hídricas para abastecimento humano da população urbana ao longo do ano

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Fator Ponderativo	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95	0,95	1,00	1,00	1,05

OBS: Os fatores ponderativos utilizados para contemplar o efeito da sazonalidade foram os mesmos para o abastecimento das populações urbana e rural.

O cálculo do consumo foi realizado através da adoção de um coeficiente de retorno de 0,80. Ou seja, o consumo corresponde a 20% da água total demandada para o abastecimento da população urbana proveniente de mananciais superficiais.

### ***Dessedentação Animal***

Para o cálculo das demandas futuras para dessedentação animal (incluindo o uso da água para criação e higienização de animais) foram utilizadas as demandas unitárias apresentadas no quadro a seguir.

**Demanda Hídrica Média Unitária por Tipo de Rebanho**

Tipo de Rebanho	Demanda Unitária (L/cab/dia)
Bovino	40,00
Eqüino	35,00
Ovino	7,50
Suíno*	100,00
Bubalino	30,00
Caprino	6,00
Galinhas	0,60
Galos, Frangos e Pintos	0,25

Fonte: Plano Nacional de Recursos Hídricos

As demandas específicas foram multiplicadas pelas populações dos rebanhos projetadas para os horizontes de 4 e 12 anos (anos de 2008 e 2016). Estas projeções foram estimadas por município utilizando-se taxas de crescimento anuais calculadas sobre dados históricos obtidos da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM/IBGE, 2003) dos anos de 1997 a 2003, e a distribuição dos rebanhos nas Unidades de Estudo foi feita a partir do percentual de participação espacial dos municípios nas mesmas.

- ✓ Foram utilizadas as taxas anuais do período analisado (1997-2003) de cada município e rebanho sobre a população atual dos rebanhos de cada município para estabelecer as populações em 4 e 12 anos, em cada município da Bacia.
- ✓ As taxas decrescentes (valores negativos) não foram consideradas; nestes casos, optou-se por manter a população do rebanho do cenário atual (taxa 0%);
- ✓ As taxas positivas foram mantidas, para não ocorrer a possibilidade de subestimar as demandas hídricas.

A partir das considerações acima, foram estimadas as populações dos rebanhos em cada um dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo nas projeções de 4 e 12 anos, e, para a estimativa por Unidade de Estudo, os rebanhos municipais projetados foram multiplicados pelo percentual da área dos municípios interna à Bacia.

O coeficiente de consumo (percentual da demanda que é efetivamente consumido) para a dessedentação animal adotado foi de 70%. Os restantes 30% representam o retorno da demanda, que volta sob a forma de urina dos animais e da higienização dos ambientes e dos animais criados em confinamento (maior parcela do retorno). Estes percentuais estão baseados nas indicações do estudo “Estimativas das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional – Metodologia e Resultados Interligados”, realizado pelo Consórcio Fahma-Dreer, em 2003, para a ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico).

### ***Indústria***

Para projetar o crescimento industrial, utilizou-se o percentual de crescimento da população urbana entre 2004 e os horizontes de projeção de 4 e 12 anos. Assim, foi possível inferir o crescimento do setor industrial no período de interesse e, proporcionalmente, estimar a demanda de água correspondente.

Embora se saiba que o crescimento industrial não seja decorrência direta do crescimento populacional, essa simplificação foi adotada apenas para fins estimativos, entendendo-se que, para o contexto geral a que se propõe o presente estudo, essa consideração é válida. Além disso, a carência de dados quanto às estimativas de crescimento do setor industrial, em fontes oficiais como a FEE e o IBGE, justifica a adoção de tal procedimento.

Assim, ao contrário das demandas calculadas para os demais usos consuntivos da Bacia, onde foi necessário determinar uma demanda hídrica unitária, no caso da demanda industrial partiu-se de um valor de demanda pré-determinado para o ano de 1997 (baseado em dados primários – Cadastro de Indústrias) e, sobre este valor, foi aplicado um fator de correção, para atualizá-lo.

Conforme as estimativas, a população urbana crescerá 9% entre 2004 e 2008 e 23% entre 2004 e 2016, sendo estes os percentuais aplicados para a projeção do crescimento da demanda industrial no período.

Com referência aos consumos, o coeficiente de retorno utilizado para a determinação dos mesmos é similar ao do abastecimento humano urbano, ou seja, 80%. Assim, o consumo hídrico decorrente do uso industrial corresponde a 20% da demanda calculada.

**ANEXO A5 – VAZÕES DECENDIAIS NECESSÁRIAS PARA SUPRIR A DEMANDA  
EVAPOTRANSPIRATIVA NAS SUB-UNIDADES DE ESTUDO DA BACIA DO RIO  
PARDO – CENÁRIOS ATUAL E FUTUROS**

TABELA A5.1: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Suprir as Perdas por Evapotranspiração nos Decêndios de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Atual (safra 2003/2004)

Sub-Unidade	Decêndios												Área Cultivada (ha)
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01	
MPo	0,015	0,032	0,054	0,060	0,061	0,067	0,090	0,088	0,056	0,056	0,055	0,055	92
SMPo-1	0,001	0,010	0,129	0,184	0,187	0,205	0,276	0,269	0,171	0,171	0,168	0,168	286,6
SMPo-2	0,031	0,168	0,220	0,255	0,258	0,284	0,382	0,372	0,237	0,236	0,231	0,232	391,9
SMPo-3	0,109	0,144	0,247	0,330	0,335	0,368	0,495	0,483	0,307	0,306	0,300	0,301	514,4
SMPo-4	0,016	0,219	0,379	0,401	0,407	0,447	0,601	0,586	0,373	0,372	0,364	0,366	622,3
SMPo-5	0,407	0,867	1,549	1,753	1,758	1,864	2,711	2,602	1,604	1,632	1,601	1,628	2.705,5
SMPo-6	0,000	0,027	0,052	0,073	0,070	0,062	0,129	0,116	0,063	0,070	0,069	0,074	110,3
SMPo-7	0,000	0,127	0,218	0,287	0,272	0,231	0,516	0,462	0,241	0,275	0,271	0,293	429,6
SMPo-8	0,011	0,042	0,054	0,078	0,073	0,060	0,142	0,126	0,064	0,075	0,074	0,080	115,7
BPo-1	0,059	0,198	0,308	0,389	0,366	0,299	0,713	0,633	0,323	0,374	0,369	0,402	579,4
BPo-2	0,012	0,015	0,140	0,168	0,158	0,129	0,309	0,274	0,140	0,162	0,160	0,174	251,2
BPo-3	0,098	0,141	0,189	0,223	0,210	0,171	0,409	0,363	0,185	0,215	0,211	0,231	332,3
BPo-4	0,006	0,038	0,049	0,096	0,091	0,074	0,177	0,157	0,080	0,093	0,091	0,100	143,7
BPo-5	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	2,4
BPI-1	0,072	0,076	0,111	0,139	0,130	0,102	0,244	0,217	0,114	0,132	0,130	0,144	230,5
BPI-2	0,032	0,055	0,088	0,104	0,097	0,080	0,190	0,169	0,086	0,100	0,098	0,107	156,3
BPI-3	0,045	0,126	0,218	0,253	0,238	0,195	0,464	0,412	0,211	0,244	0,240	0,262	380,3
BPI-4	0,020	0,032	0,057	0,076	0,071	0,058	0,139	0,123	0,063	0,073	0,072	0,078	113,0
An-2	0,033	0,056	0,091	0,111	0,104	0,082	0,194	0,173	0,091	0,105	0,103	0,116	185
MPI-1	0,005	0,012	0,017	0,020	0,019	0,014	0,032	0,029	0,016	0,018	0,018	0,021	40,5
MPI-2	0,015	0,025	0,034	0,038	0,036	0,025	0,060	0,054	0,030	0,035	0,034	0,040	75,8
MPI-3	0,005	0,005	0,009	0,012	0,012	0,008	0,019	0,018	0,010	0,011	0,011	0,013	24,7
BPb-1	0,008	0,011	0,018	0,024	0,024	0,025	0,036	0,035	0,022	0,022	0,022	0,022	38,9
BPb-2	0,039	0,104	0,162	0,178	0,174	0,160	0,273	0,256	0,153	0,163	0,160	0,173	314,3
BPb-3	0,009	0,019	0,034	0,050	0,051	0,053	0,076	0,073	0,046	0,047	0,046	0,047	80,1
BPb-4	0,047	0,074	0,126	0,132	0,133	0,146	0,197	0,192	0,122	0,122	0,119	0,120	204,7
APb	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,004	0,004	0,002	0,003	0,003	0,003	5
Bacia	1,096	2,625	4,556	5,439	5,34	5,212	8,881	8,289	4,811	5,114	5,022	5,252	8.431

TABELA A5.2: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Suprir as Perdas por Evapotranspiração nos Decêndios de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 4 Anos (safra 2008/2009)

Sub-Unidade	Decêndios												Área Cultivada (ha)
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01	
MPo	0,002	0,002	0,043	0,064	0,065	0,072	0,097	0,094	0,060	0,060	0,059	0,059	99,0
SMPo-1	0,001	0,001	0,143	0,180	0,182	0,200	0,269	0,263	0,167	0,167	0,163	0,164	280,9
SMPo-2	0,000	0,000	0,223	0,250	0,253	0,278	0,374	0,365	0,232	0,231	0,227	0,227	396,4
SMPo-3	0,008	0,007	0,250	0,374	0,379	0,417	0,561	0,547	0,348	0,347	0,340	0,341	581,2
SMPo-4	0,167	0,152	0,328	0,368	0,373	0,410	0,552	0,538	0,342	0,341	0,334	0,336	570,7
SMPo-5	0,022	0,020	1,137	1,962	1,967	2,083	3,038	2,915	1,794	1,828	1,793	1,824	3.024,3
SMPo-6	0,000	0,000	0,081	0,124	0,118	0,101	0,222	0,199	0,105	0,119	0,117	0,126	186,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,142	0,310	0,294	0,248	0,558	0,499	0,261	0,297	0,293	0,317	462,5
SMPo-8	0,000	0,000	0,033	0,063	0,060	0,049	0,116	0,103	0,053	0,061	0,060	0,065	94,3
BPo-1	0,000	0,000	0,265	0,444	0,417	0,341	0,814	0,723	0,369	0,427	0,421	0,459	660,9
BPo-2	0,011	0,010	0,029	0,174	0,163	0,133	0,319	0,283	0,144	0,167	0,165	0,180	258,7
BPo-3	0,050	0,046	0,199	0,234	0,220	0,179	0,428	0,380	0,194	0,225	0,222	0,242	347,3
BPo-4	0,000	0,000	0,084	0,096	0,091	0,074	0,177	0,157	0,080	0,093	0,091	0,100	143,5
BPo-5	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	2,6
BPI-1	0,001	0,001	0,119	0,143	0,134	0,106	0,251	0,224	0,117	0,135	0,133	0,149	235,9
BPI-2	0,032	0,029	0,102	0,131	0,123	0,101	0,240	0,213	0,109	0,126	0,124	0,135	197,9
BPI-3	0,002	0,001	0,169	0,268	0,252	0,206	0,492	0,437	0,223	0,258	0,255	0,278	403,1
BPI-4	0,030	0,027	0,043	0,075	0,071	0,058	0,138	0,122	0,062	0,072	0,071	0,078	113,1
An-2	0,011	0,010	0,085	0,123	0,116	0,091	0,215	0,192	0,101	0,117	0,115	0,128	199,0
MPI-1	0,000	0,000	0,012	0,020	0,019	0,013	0,031	0,028	0,016	0,018	0,018	0,021	39,5
MPI-2	0,009	0,008	0,032	0,044	0,041	0,029	0,069	0,062	0,035	0,040	0,039	0,046	87,5
MPI-3	0,000	0,000	0,011	0,013	0,012	0,008	0,020	0,018	0,010	0,011	0,011	0,013	25,0
BPb-1	0,007	0,006	0,021	0,023	0,023	0,024	0,035	0,034	0,021	0,021	0,021	0,021	37,2
BPb-2	0,004	0,004	0,111	0,195	0,190	0,172	0,300	0,280	0,167	0,179	0,176	0,191	349,3
BPb-3	0,003	0,002	0,053	0,055	0,056	0,059	0,084	0,081	0,051	0,051	0,050	0,051	87,9
BPb-4	0,024	0,022	0,127	0,138	0,140	0,153	0,207	0,202	0,128	0,128	0,125	0,126	214,6
APb	0,000	0,000	0,003	0,004	0,004	0,003	0,006	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	6,0
Bacia	0,384	0,348	3,846	5,877	5,765	5,609	9,616	8,967	5,193	5,524	5,428	5,682	9.100

TABELA A5.3: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Suprir as Perdas por Evapotranspiração nos Decêndios de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 12 Anos (safra 2016/2017)

Sub-Unidade	Decêndios												Área Cultivada (ha)
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01	
MPo	0,002	0,011	0,044	0,070	0,071	0,078	0,104	0,102	0,065	0,065	0,063	0,064	110,0
SMPo-1	0,001	0,001	0,107	0,180	0,182	0,200	0,270	0,263	0,167	0,167	0,163	0,164	279,5
SMPo-2	0,000	0,002	0,194	0,252	0,255	0,280	0,377	0,368	0,234	0,233	0,229	0,229	398,0
SMPo-3	0,000	0,170	0,260	0,414	0,420	0,461	0,620	0,605	0,385	0,383	0,376	0,377	642,4
SMPo-4	0,074	0,122	0,285	0,373	0,378	0,416	0,559	0,545	0,347	0,346	0,339	0,340	575,8
SMPo-5	0,000	0,258	1,159	2,042	2,049	2,172	3,159	3,033	1,869	1,902	1,866	1,897	3.153,2
SMPo-6	0,000	0,015	0,060	0,124	0,118	0,101	0,222	0,199	0,105	0,119	0,117	0,126	254,2
SMPo-7	0,000	0,023	0,307	0,576	0,544	0,453	1,047	0,933	0,482	0,553	0,545	0,592	792,1
SMPo-8	0,000	0,002	0,003	0,076	0,072	0,059	0,140	0,124	0,064	0,074	0,073	0,079	114,1
BPO-1	0,022	0,095	0,281	0,455	0,428	0,350	0,835	0,741	0,379	0,438	0,432	0,471	678,5
BPO-2	0,000	0,000	0,145	0,175	0,164	0,134	0,320	0,284	0,145	0,168	0,166	0,181	260,0
BPO-3	0,000	0,046	0,133	0,284	0,267	0,218	0,521	0,462	0,236	0,273	0,269	0,294	421,9
BPO-4	0,000	0,006	0,015	0,138	0,130	0,106	0,253	0,224	0,115	0,133	0,131	0,143	205,1
BPO-5	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	2,4
BPI-1	0,002	0,064	0,118	0,143	0,134	0,105	0,251	0,223	0,117	0,135	0,133	0,148	236,1
BPI-2	0,000	0,010	0,094	0,163	0,153	0,125	0,298	0,265	0,135	0,156	0,154	0,168	245,1
BPI-3	0,023	0,041	0,166	0,272	0,256	0,209	0,500	0,444	0,227	0,262	0,258	0,282	409,7
BPI-4	0,000	0,001	0,033	0,108	0,102	0,083	0,199	0,176	0,090	0,104	0,103	0,112	163,2
An-2	0,002	0,025	0,081	0,135	0,127	0,099	0,236	0,211	0,111	0,128	0,126	0,141	221,0
MPI-1	0,000	0,003	0,013	0,020	0,019	0,013	0,031	0,028	0,016	0,018	0,018	0,021	39,3
MPI-2	0,003	0,014	0,031	0,045	0,042	0,030	0,071	0,064	0,035	0,041	0,040	0,047	89,0
MPI-3	0,000	0,000	0,007	0,020	0,019	0,013	0,032	0,028	0,016	0,018	0,018	0,021	39,7
BPb-1	0,001	0,009	0,022	0,023	0,023	0,024	0,035	0,034	0,021	0,021	0,021	0,021	37,1
BPb-2	0,004	0,040	0,145	0,223	0,218	0,200	0,343	0,321	0,192	0,205	0,202	0,218	395,8
BPb-3	0,003	0,008	0,042	0,069	0,069	0,073	0,103	0,100	0,063	0,063	0,062	0,063	108,1
BPb-4	0,004	0,023	0,087	0,144	0,146	0,159	0,216	0,210	0,133	0,133	0,131	0,131	223,0
APb	0,000	0,000	0,001	0,004	0,004	0,003	0,006	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	6,0
Bacia	0,141	0,989	3,833	6,530	6,392	6,165	10,751	9,995	5,753	6,143	6,04	6,335	10.094

TABELA A5.4: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Suprir as Perdas por Evapotranspiração nos Decêndios de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Otimista – 4 Anos (safra 2008/2009)

Sub-Unidade	Decêndios												Área Cultivada (ha)
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01	
MPo	0,000	0,000	0,020	0,064	0,065	0,072	0,097	0,094	0,060	0,060	0,059	0,059	99,0
SMPo-1	0,000	0,000	0,001	0,180	0,182	0,200	0,269	0,263	0,167	0,167	0,163	0,164	280,9
SMPo-2	0,000	0,000	0,049	0,250	0,253	0,278	0,374	0,365	0,232	0,231	0,227	0,227	396,4
SMPo-3	0,000	0,000	0,165	0,374	0,379	0,417	0,561	0,547	0,348	0,347	0,340	0,341	581,2
SMPo-4	0,000	0,000	0,303	0,368	0,373	0,410	0,552	0,538	0,342	0,341	0,334	0,336	570,7
SMPo-5	0,000	0,000	0,636	1,962	1,967	2,083	3,038	2,915	1,794	1,828	1,793	1,824	3.024,3
SMPo-6	0,000	0,000	0,000	0,124	0,118	0,101	0,222	0,199	0,105	0,119	0,117	0,126	186,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,005	0,310	0,294	0,248	0,558	0,499	0,261	0,297	0,293	0,317	462,5
SMPo-8	0,000	0,000	0,033	0,063	0,060	0,049	0,116	0,103	0,053	0,061	0,060	0,065	94,3
BPO-1	0,000	0,000	0,162	0,444	0,417	0,341	0,814	0,723	0,369	0,427	0,421	0,459	660,9
BPO-2	0,000	0,000	0,016	0,173	0,163	0,133	0,318	0,282	0,144	0,167	0,164	0,179	258,7
BPO-3	0,000	0,000	0,115	0,233	0,219	0,179	0,428	0,380	0,194	0,224	0,221	0,241	347,3
BPO-4	0,000	0,000	0,038	0,096	0,091	0,074	0,177	0,157	0,080	0,093	0,091	0,100	143,5
BPO-5	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	2,6
BPI-1	0,000	0,000	0,091	0,142	0,134	0,105	0,250	0,223	0,117	0,135	0,133	0,148	235,9
BPI-2	0,000	0,000	0,083	0,131	0,123	0,101	0,240	0,213	0,109	0,126	0,124	0,135	197,9
BPI-3	0,000	0,000	0,119	0,268	0,252	0,206	0,492	0,436	0,223	0,258	0,254	0,277	403,1
BPI-4	0,000	0,000	0,040	0,075	0,071	0,058	0,138	0,122	0,062	0,072	0,071	0,078	113,1
An-2	0,000	0,000	0,059	0,123	0,115	0,090	0,214	0,191	0,100	0,116	0,114	0,128	199,0
MPI-1	0,000	0,000	0,010	0,020	0,019	0,013	0,031	0,028	0,016	0,018	0,018	0,021	39,5
MPI-2	0,000	0,000	0,023	0,044	0,041	0,029	0,069	0,062	0,035	0,040	0,039	0,046	87,5
MPI-3	0,000	0,000	0,009	0,013	0,012	0,008	0,020	0,018	0,010	0,011	0,011	0,013	25,0
BPb-1	0,000	0,000	0,016	0,023	0,023	0,024	0,035	0,034	0,021	0,021	0,021	0,021	37,2
BPb-2	0,000	0,000	0,075	0,195	0,190	0,172	0,301	0,281	0,167	0,180	0,176	0,192	349,3
BPb-3	0,000	0,000	0,016	0,055	0,056	0,059	0,084	0,081	0,051	0,051	0,050	0,051	87,9
BPb-4	0,000	0,000	0,108	0,138	0,140	0,153	0,207	0,202	0,128	0,128	0,125	0,126	214,6
APb	0,000	0,000	0,002	0,004	0,004	0,003	0,006	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	6,0
Bacia	0	0	2,194	5,877	5,765	5,609	9,616	8,967	5,193	5,524	5,428	5,682	9.100

TABELA A5.5: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Suprir as Perdas por Evapotranspiração nos Decêndios de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Otimista – 12 Anos (safra 2016/2017)

Sub-Unidade	Decêndios												Área Cultivada (ha)
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01	
MPo	0,000	0,000	0,016	0,070	0,071	0,078	0,104	0,102	0,065	0,065	0,063	0,064	110,0
SMPo-1	0,000	0,000	0,001	0,180	0,182	0,200	0,270	0,263	0,167	0,167	0,163	0,164	279,5
SMPo-2	0,000	0,000	0,023	0,252	0,255	0,280	0,377	0,368	0,234	0,233	0,229	0,229	398,0
SMPo-3	0,000	0,000	0,100	0,413	0,419	0,460	0,619	0,604	0,384	0,383	0,375	0,377	642,4
SMPo-4	0,000	0,000	0,248	0,371	0,376	0,413	0,556	0,542	0,345	0,344	0,337	0,338	575,8
SMPo-5	0,000	0,000	0,526	2,043	2,049	2,173	3,160	3,033	1,869	1,903	1,867	1,898	3.153,2
SMPo-6	0,000	0,000	0,000	0,124	0,118	0,101	0,222	0,199	0,105	0,119	0,117	0,126	254,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,000	0,576	0,544	0,453	1,047	0,933	0,482	0,553	0,545	0,592	792,1
SMPo-8	0,000	0,000	0,000	0,076	0,072	0,059	0,140	0,124	0,064	0,074	0,073	0,079	114,1
BPo-1	0,000	0,000	0,114	0,456	0,429	0,351	0,837	0,743	0,379	0,439	0,433	0,472	678,5
BPo-2	0,000	0,000	0,013	0,175	0,164	0,134	0,320	0,284	0,145	0,168	0,166	0,181	260,0
BPo-3	0,000	0,000	0,110	0,284	0,267	0,218	0,521	0,462	0,236	0,273	0,269	0,294	421,9
BPo-4	0,000	0,000	0,003	0,138	0,130	0,106	0,253	0,224	0,115	0,133	0,131	0,143	205,1
BPo-5	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	2,4
BPi-1	0,000	0,000	0,083	0,142	0,134	0,105	0,250	0,223	0,117	0,135	0,133	0,148	236,1
BPi-2	0,000	0,000	0,058	0,162	0,152	0,125	0,297	0,264	0,135	0,156	0,154	0,168	245,1
BPi-3	0,000	0,000	0,071	0,272	0,256	0,209	0,499	0,443	0,226	0,262	0,258	0,282	409,7
BPi-4	0,000	0,000	0,028	0,108	0,102	0,083	0,199	0,176	0,090	0,104	0,103	0,112	163,2
An-2	0,000	0,000	0,044	0,135	0,127	0,099	0,236	0,211	0,111	0,128	0,126	0,141	221,0
MPi-1	0,000	0,000	0,008	0,020	0,019	0,013	0,031	0,028	0,016	0,018	0,018	0,021	39,3
MPi-2	0,000	0,000	0,017	0,045	0,042	0,030	0,071	0,064	0,035	0,041	0,040	0,047	89,0
MPi-3	0,000	0,000	0,006	0,020	0,019	0,013	0,032	0,028	0,016	0,018	0,018	0,021	39,7
BPb-1	0,000	0,000	0,011	0,023	0,023	0,024	0,035	0,034	0,021	0,021	0,021	0,021	37,1
BPb-2	0,000	0,000	0,060	0,223	0,218	0,200	0,343	0,321	0,192	0,205	0,202	0,218	395,8
BPb-3	0,000	0,000	0,010	0,069	0,069	0,073	0,103	0,100	0,063	0,063	0,062	0,063	108,1
BPb-4	0,000	0,000	0,080	0,143	0,145	0,159	0,215	0,209	0,133	0,133	0,130	0,131	223,0
APb	0,000	0,000	0,001	0,004	0,004	0,003	0,006	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	6,0
Bacia	0,000	0,000	1,630	6,530	6,392	6,165	10,751	9,995	5,753	6,143	6,04	6,335	10.094

**ANEXO A6 – VAZÕES DECENIAIS NECESSÁRIAS PARA SATURAÇÃO DO  
SOLO NAS SUB-UNIDADES DE ESTUDO DA BACIA DO RIO PARDO –  
CENÁRIOS ATUAL E FUTUROS**

TABELA A6.1: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Saturação do Solo nos Decêndios Iniciais de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Atual (safra 2003/2004)

Sub-Unidade	Decêndios			Área Cultivada (ha)
	out/02	out/03	nov/01	
MPo	0,002	0,005	0,004	92
SMPo-1	0,002	0,044	0,011	286,6
SMPo-2	0,066	0,000	0,012	391,9
SMPo-3	0,021	0,037	0,044	514,4
SMPo-4	0,036	0,049	0,037	622,3
SMPo-5	0,377	0,567	0,185	2.705,5
SMPo-6	0,019	0,019	0,024	110,3
SMPo-7	0,182	0,032	0,029	429,6
SMPo-8	0,011	0,000	0,012	115,7
BPo-1	0,175	0,000	0,038	579,4
BPo-2	0,002	0,089	0,006	251,2
BPo-3	0,120	0,000	0,009	332,3
BPo-4	0,008	0,000	0,048	143,7
BPo-5	0,000	0,000	0,001	2,4
BPi-1	0,000	0,009	0,010	230,5
BPi-2	0,000	0,000	0,013	156,3
BPi-3	0,012	0,066	0,005	380,3
BPi-4	0,005	0,000	0,005	113,0
An-2	0,013	0,009	0,005	185
MPi-1	0,002	0,000	0,000	40,5
MPi-2	0,002	0,004	0,000	75,8
MPi-3	0,000	0,000	0,002	24,7
BPb-1	0,000	0,000	0,004	38,9
BPb-2	0,023	0,014	0,002	314,3
BPb-3	0,002	0,003	0,005	80,1
BPb-4	0,018	0,002	0,006	204,7
APb	0,000	0,000	0,000	5
Bacia	1,098	0,949	0,517	8.431

TABELA A6.2: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Saturação do Solo nos Decêndios Iniciais de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 4 Anos (safra 2008/2009)

Sub-Unidade	Decêndios			Área Cultivada (ha)
	out/02	out/03	nov/01	
MPo	0,007	0,002	0,015	99,0
SMPo-1	0,016	0,041	0,007	280,9
SMPo-2	0,009	0,069	0,010	396,4
SMPo-3	0,000	0,056	0,075	581,2
SMPo-4	0,000	0,056	0,073	570,7
SMPo-5	0,400	0,557	0,480	3.024,3
SMPo-6	0,017	0,056	0,047	186,2
SMPo-7	0,125	0,011	0,161	462,5
SMPo-8	0,000	0,000	0,021	94,3
BPo-1	0,036	0,165	0,084	660,9
BPo-2	0,007	0,006	0,105	258,7
BPo-3	0,088	0,062	0,009	347,3
BPo-4	0,004	0,061	0,000	143,5
BPo-5	0,000	0,000	0,000	2,6
BPi-1	0,007	0,014	0,009	235,9
BPi-2	0,013	0,003	0,009	197,9
BPi-3	0,018	0,066	0,050	403,1
BPi-4	0,003	0,000	0,011	113,1
An-2	0,007	0,010	0,016	199,0
MPi-1	0,001	0,001	0,003	39,5
MPi-2	0,003	0,004	0,004	87,5
MPi-3	0,000	0,003	0,000	25,0
BPb-1	0,003	0,001	0,001	37,2
BPb-2	0,007	0,012	0,040	349,3
BPb-3	0,006	0,009	0,000	87,9
BPb-4	0,011	0,015	0,011	214,6
APb	0,000	0,000	0,000	6,0
Bacia	0,788	1,28	1,241	9.100

TABELA A6.3: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Saturação do Solo nos Decêndios Iniciais de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 12 Anos (safra 2016/2017)

Sub-Unidade	Decêndios			Área Cultivada (ha)
	out/02	out/03	nov/01	
MPo	0,003	0,015	0,010	110,0
SMPo-1	0,000	0,053	0,020	279,5
SMPo-2	0,001	0,077	0,025	398,0
SMPo-3	0,064	0,024	0,081	642,4
SMPo-4	0,000	0,044	0,107	575,8
SMPo-5	0,194	0,714	0,838	3.153,2
SMPo-6	0,027	0,085	0,027	254,2
SMPo-7	0,011	0,477	0,155	792,1
SMPo-8	0,006	0,000	0,024	114,1
BPo-1	0,056	0,208	0,098	678,5
BPo-2	0,000	0,138	0,008	260,0
BPo-3	0,012	0,028	0,197	421,9
BPo-4	0,007	0,005	0,103	205,1
BPo-5	0,000	0,000	0,001	2,4
BPi-1	0,005	0,023	0,013	236,1
BPi-2	0,006	0,010	0,026	245,1
BPi-3	0,028	0,121	0,034	409,7
BPi-4	0,002	0,003	0,023	163,2
An-2	0,006	0,021	0,026	221,0
MPi-1	0,000	0,003	0,003	39,3
MPi-2	0,002	0,009	0,007	89,0
MPi-3	0,000	0,002	0,007	39,7
BPb-1	0,000	0,006	0,000	37,1
BPb-2	0,010	0,041	0,041	395,8
BPb-3	0,001	0,012	0,012	108,1
BPb-4	0,001	0,005	0,045	223,0
APb	0,000	0,000	0,001	6,0
Bacia	0,442	2,128	1,929	10.094

TABELA A6.4: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Saturação do Solo nos Decêndios Iniciais de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Otimista – 4 Anos (safra 2008/2009)

Sub-Unidade	Decêndios			Área Cultivada (ha)
	out/02	out/03	nov/01	
MPo	0,000	0,000	0,023	99,0
SMPo-1	0,000	0,000	0,063	280,9
SMPo-2	0,000	0,000	0,088	396,4
SMPo-3	0,000	0,000	0,131	581,2
SMPo-4	0,000	0,000	0,129	570,7
SMPo-5	0,000	0,000	1,437	3.024,3
SMPo-6	0,000	0,000	0,120	186,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,297	462,5
SMPo-8	0,000	0,000	0,021	94,3
BPo-1	0,000	0,000	0,286	660,9
BPo-2	0,000	0,000	0,118	258,7
BPo-3	0,000	0,000	0,158	347,3
BPo-4	0,000	0,000	0,065	143,5
BPo-5	0,000	0,000	0,001	2,6
BPi-1	0,000	0,000	0,030	235,9
BPi-2	0,000	0,000	0,025	197,9
BPi-3	0,000	0,000	0,135	403,1
BPi-4	0,000	0,000	0,015	113,1
An-2	0,000	0,000	0,027	199,0
MPi-1	0,000	0,000	0,004	39,5
MPi-2	0,000	0,000	0,011	87,5
MPi-3	0,000	0,000	0,003	25,0
BPb-1	0,000	0,000	0,005	37,2
BPb-2	0,000	0,000	0,059	349,3
BPb-3	0,000	0,000	0,015	87,9
BPb-4	0,000	0,000	0,036	214,6
APb	0,000	0,000	0,001	6,0
Bacia	0,000	0,000	3,303	9.100

TABELA A6.5: Demandas Hídricas ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) para Saturação do Solo nos Decêndios Iniciais de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Otimista – 12 Anos (safra 2016/2017)

Sub-Unidade	Decêndios			Área Cultivada (ha)
	out/02	out/03	nov/01	
MPo	0,000	0,000	0,028	110,0
SMPo-1	0,000	0,000	0,073	279,5
SMPo-2	0,000	0,000	0,103	398,0
SMPo-3	0,000	0,000	0,169	642,4
SMPo-4	0,000	0,000	0,151	575,8
SMPo-5	0,000	0,000	1,747	3.153,2
SMPo-6	0,000	0,000	0,139	254,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,643	792,1
SMPo-8	0,000	0,000	0,030	114,1
BPo-1	0,000	0,000	0,362	678,5
BPo-2	0,000	0,000	0,146	260,0
BPo-3	0,000	0,000	0,237	421,9
BPo-4	0,000	0,000	0,115	205,1
BPo-5	0,000	0,000	0,001	2,4
BPi-1	0,000	0,000	0,047	236,1
BPi-2	0,000	0,000	0,049	245,1
BPi-3	0,000	0,000	0,212	409,7
BPi-4	0,000	0,000	0,033	163,2
An-2	0,000	0,000	0,046	221,0
MPi-1	0,000	0,000	0,006	39,3
MPi-2	0,000	0,000	0,018	89,0
MPi-3	0,000	0,000	0,008	39,7
BPb-1	0,000	0,000	0,006	37,1
BPb-2	0,000	0,000	0,090	395,8
BPb-3	0,000	0,000	0,025	108,1
BPb-4	0,000	0,000	0,051	223,0
APb	0,000	0,000	0,001	6,0
Bacia	0,000	0,000	4,538	10.094

**ANEXO A7 – VAZÕES DECENDIAIS NECESSÁRIAS PARA FORMAÇÃO DA  
LÂMINA SUPERFICIAL NAS SUB-UNIDADES DE ESTUDO DA BACIA DO RIO  
PARDO – CENÁRIOS ATUAL E FUTUROS**

TABELA A7.1: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Formação da Lâmina Superficial nos Decêndios Iniciais de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Atual (safra 2003/2004)

Sub-Unidade	Decêndios					Área Cultivada (ha)
	out/01	out/02	out/03	nov/01	nov/02	
MPo	0,017	0,030	0,038	0,022	0,010	92
SMPo-1	0,001	0,001	0,016	0,233	0,095	286,6
SMPo-2	0,034	0,046	0,346	0,012	0,066	391,9
SMPo-3	0,121	0,155	0,086	0,098	0,169	514,4
SMPo-4	0,018	0,241	0,340	0,138	0,032	622,3
SMPo-5	0,447	0,634	1,225	0,866	0,289	2.705,5
SMPo-6	0,000	0,004	0,078	0,029	0,030	110,3
SMPo-7	0,000	0,005	0,281	0,118	0,082	429,6
SMPo-8	0,011	0,047	0,056	0,001	0,031	115,7
BPo-1	0,064	0,147	0,379	0,068	0,072	579,4
BPo-2	0,013	0,019	0,014	0,282	0,015	251,2
BPo-3	0,105	0,129	0,163	0,012	0,012	332,3
BPo-4	0,006	0,043	0,052	0,002	0,082	143,7
BPo-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	2,4
BPi-1	0,080	0,115	0,030	0,034	0,025	230,5
BPi-2	0,034	0,076	0,055	0,022	0,003	156,3
BPi-3	0,048	0,123	0,200	0,094	0,005	380,3
BPi-4	0,022	0,027	0,035	0,020	0,017	113,0
An-2	0,035	0,059	0,075	0,048	0,021	185
MPi-1	0,007	0,013	0,017	0,007	0,001	40,5
MPi-2	0,018	0,036	0,027	0,011	0,000	75,8
MPi-3	0,007	0,008	0,005	0,007	0,006	24,7
BPb-1	0,009	0,015	0,008	0,004	0,013	38,9
BPb-2	0,046	0,092	0,165	0,085	0,012	314,3
BPb-3	0,010	0,018	0,021	0,026	0,032	80,1
BPb-4	0,052	0,087	0,072	0,038	0,006	204,7
APb	0,001	0,001	0,003	0,001	0,000	5
Bacia	1,206	2,171	3,787	2,278	1,129	8.431

TABELA A7.2: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Formação da Lâmina Superficial nos Decêndios Iniciais de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 4 Anos (safra 2008/2009)

Sub-Unidade	Decêndios					Área Cultivada (ha)
	out/01	out/02	out/03	nov/01	nov/02	
MPo	0,003	0,009	0,032	0,038	0,039	99,0
SMPo-1	0,001	0,001	0,125	0,125	0,073	280,9
SMPo-2	0,000	0,000	0,081	0,393	0,047	396,4
SMPo-3	0,008	0,035	0,134	0,280	0,233	581,2
SMPo-4	0,185	0,297	0,099	0,076	0,062	570,7
SMPo-5	0,024	0,260	1,021	0,934	1,377	3.024,3
SMPo-6	0,000	0,000	0,043	0,064	0,065	186,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,132	0,081	0,299	462,5
SMPo-8	0,000	0,000	0,030	0,039	0,052	94,3
BPo-1	0,000	0,053	0,226	0,262	0,230	660,9
BPo-2	0,012	0,017	0,013	0,011	0,290	258,7
BPo-3	0,054	0,070	0,158	0,141	0,007	347,3
BPo-4	0,000	0,037	0,047	0,096	0,001	143,5
BPo-5	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	2,6
BPi-1	0,001	0,016	0,109	0,134	0,014	235,9
BPi-2	0,035	0,058	0,063	0,042	0,015	197,9
BPi-3	0,002	0,076	0,143	0,118	0,124	403,1
BPi-4	0,032	0,039	0,013	0,008	0,030	113,1
An-2	0,011	0,029	0,072	0,077	0,055	199,0
MPi-1	0,000	0,006	0,015	0,010	0,011	39,5
MPi-2	0,011	0,024	0,027	0,020	0,018	87,5
MPi-3	0,000	0,000	0,011	0,021	0,000	25,0
BPb-1	0,008	0,014	0,015	0,004	0,003	37,2
BPb-2	0,005	0,036	0,101	0,097	0,176	349,3
BPb-3	0,003	0,011	0,038	0,054	0,002	87,9
BPb-4	0,027	0,051	0,078	0,085	0,015	214,6
APb	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	6,0
Bacia	0,422	1,14	2,829	3,213	3,239	9.100

TABELA A7.3: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Formação da Lâmina Superficial nos Decêndios Iniciais de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 12 Anos (safra 2016/2017)

Sub-Unidade	Decêndios					Área Cultivada (ha)
	out/01	out/02	out/03	nov/01	nov/02	
MPo	0,002	0,008	0,020	0,046	0,043	110,0
SMPo-1	0,001	0,001	0,000	0,203	0,133	279,5
SMPo-2	0,000	0,000	0,025	0,395	0,086	398,0
SMPo-3	0,000	0,087	0,247	0,102	0,206	642,4
SMPo-4	0,082	0,156	0,146	0,146	0,141	575,8
SMPo-5	0,000	0,185	0,677	1,252	1,483	3.153,2
SMPo-6	0,000	0,000	0,036	0,052	0,065	254,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,064	0,380	0,339	792,1
SMPo-8	0,000	0,000	0,007	0,000	0,088	114,1
BPo-1	0,024	0,071	0,176	0,218	0,226	678,5
BPo-2	0,000	0,000	0,011	0,317	0,011	260,0
BPo-3	0,000	0,051	0,118	0,089	0,220	421,9
BPo-4	0,000	0,001	0,018	0,009	0,164	205,1
BPo-5	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	2,4
BPi-1	0,002	0,080	0,102	0,065	0,009	236,1
BPi-2	0,000	0,000	0,066	0,096	0,057	245,1
BPi-3	0,025	0,041	0,060	0,161	0,138	409,7
BPi-4	0,000	0,000	0,028	0,043	0,072	163,2
An-2	0,002	0,025	0,059	0,081	0,072	221,0
MPi-1	0,000	0,005	0,010	0,015	0,009	39,3
MPi-2	0,003	0,016	0,026	0,027	0,021	89,0
MPi-3	0,000	0,000	0,007	0,012	0,018	39,7
BPb-1	0,001	0,010	0,010	0,017	0,002	37,1
BPb-2	0,004	0,033	0,082	0,142	0,166	395,8
BPb-3	0,003	0,007	0,013	0,058	0,038	108,1
BPb-4	0,005	0,026	0,068	0,072	0,062	223,0
APb	0,000	0,000	0,001	0,001	0,004	6,0
Bacia	0,154	0,803	2,078	3,999	3,875	10.094

TABELA A7.4: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Formação da Lâmina Superficial nos Decêndios Iniciais de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Otimista – 4 Anos (safra 2008/2009)

Sub-Unidade	Decêndios					Área Cultivada (ha)
	out/01	out/02	out/03	nov/01	nov/02	
MPo	0,000	0,000	0,016	0,022	0,078	99,0
SMPo-1	0,000	0,000	0,001	0,001	0,320	280,9
SMPo-2	0,000	0,000	0,041	0,054	0,423	396,4
SMPo-3	0,000	0,000	0,137	0,181	0,315	581,2
SMPo-4	0,000	0,000	0,253	0,334	0,116	570,7
SMPo-5	0,000	0,000	0,534	0,705	2,373	3.024,3
SMPo-6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,173	186,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,004	0,006	0,457	462,5
SMPo-8	0,000	0,000	0,030	0,040	0,052	94,3
BPo-1	0,000	0,000	0,145	0,192	0,390	660,9
BPo-2	0,000	0,000	0,014	0,019	0,308	258,7
BPo-3	0,000	0,000	0,103	0,136	0,198	347,3
BPo-4	0,000	0,000	0,035	0,046	0,102	143,5
BPo-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	2,6
BPi-1	0,000	0,000	0,088	0,116	0,058	235,9
BPi-2	0,000	0,000	0,074	0,098	0,038	197,9
BPi-3	0,000	0,000	0,107	0,142	0,216	403,1
BPi-4	0,000	0,000	0,036	0,047	0,037	113,1
An-2	0,000	0,000	0,056	0,073	0,108	199,0
MPi-1	0,000	0,000	0,012	0,016	0,015	39,5
MPi-2	0,000	0,000	0,027	0,036	0,036	87,5
MPi-3	0,000	0,000	0,011	0,014	0,006	25,0
BPb-1	0,000	0,000	0,014	0,018	0,013	37,2
BPb-2	0,000	0,000	0,071	0,094	0,219	349,3
BPb-3	0,000	0,000	0,014	0,018	0,088	87,9
BPb-4	0,000	0,000	0,090	0,119	0,052	214,6
APb	0,000	0,000	0,002	0,002	0,004	6,0
Bacia	0,000	0,000	1,915	2,529	6,198	9.100

TABELA A7.5: Demandas Hídricas ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) para Formação da Lâmina Superficial nos Decêndios Iniciais de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Otimista – 12 Anos (safra 2016/2017)

Sub-Unidade	Decêndios					Área Cultivada (ha)
	out/01	out/02	out/03	nov/01	nov/02	
MPo	0,000	0,000	0,013	0,018	0,079	110,0
SMPo-1	0,000	0,000	0,001	0,001	0,228	279,5
SMPo-2	0,000	0,000	0,019	0,025	0,450	398,0
SMPo-3	0,000	0,000	0,083	0,110	0,422	642,4
SMPo-4	0,000	0,000	0,207	0,273	0,176	575,8
SMPo-5	0,000	0,000	0,442	0,583	2,272	3.153,2
SMPo-6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,145	254,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,655	792,1
SMPo-8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,086	114,1
BPo-1	0,000	0,000	0,102	0,135	0,354	678,5
BPo-2	0,000	0,000	0,011	0,015	0,313	260,0
BPo-3	0,000	0,000	0,099	0,131	0,249	421,9
BPo-4	0,000	0,000	0,002	0,003	0,184	205,1
BPo-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	2,4
BPi-1	0,000	0,000	0,080	0,106	0,058	236,1
BPi-2	0,000	0,000	0,052	0,069	0,099	245,1
BPi-3	0,000	0,000	0,064	0,084	0,264	409,7
BPi-4	0,000	0,000	0,025	0,033	0,085	163,2
An-2	0,000	0,000	0,043	0,057	0,127	221,0
MPi-1	0,000	0,000	0,010	0,013	0,017	39,3
MPi-2	0,000	0,000	0,020	0,026	0,044	89,0
MPi-3	0,000	0,000	0,007	0,010	0,020	39,7
BPb-1	0,000	0,000	0,009	0,012	0,018	37,1
BPb-2	0,000	0,000	0,056	0,074	0,250	395,8
BPb-3	0,000	0,000	0,009	0,012	0,094	108,1
BPb-4	0,000	0,000	0,067	0,088	0,084	223,0
APb	0,000	0,000	0,001	0,001	0,004	6,0
Bacia	0,000	0,000	1,422	1,879	6,780	10.094

**ANEXO A8 – VAZÕES DECENDIAIS NECESSÁRIAS PARA SUPRIR AS PERDAS  
POR FLUXO LATERAL NAS SUB-UNIDADES DE ESTUDO DA BACIA DO RIO  
PARDO – CENÁRIOS ATUAL E FUTUROS**

TABELA A8.1: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Suprir as Perdas por Fluxo Lateral nos Decêndios de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Atual (safra 2003/2004)

Sub-Unidade	Decêndios											Área Cultivada (ha)	
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03		fev/01
MPo	0,0002	0,0008	0,0049	0,0073	0,0088	0,0088	0,0088	0,0080	0,0088	0,0088	0,0080	0,0088	92
SMPo-1	0,0004	0,0023	0,0236	0,0364	0,0445	0,0445	0,0445	0,0404	0,0445	0,0445	0,0404	0,0445	286,6
SMPo-2	0,0006	0,0031	0,0326	0,0503	0,0615	0,0615	0,0615	0,0559	0,0615	0,0615	0,0559	0,0615	391,9
SMPo-3	0,0008	0,0040	0,0423	0,0653	0,0798	0,0798	0,0798	0,0725	0,0798	0,0798	0,0725	0,0798	514,4
SMPo-4	0,0009	0,0049	0,0512	0,0789	0,0965	0,0965	0,0965	0,0877	0,0965	0,0965	0,0877	0,0965	622,3
SMPo-5	0,0041	0,0213	0,2227	0,3432	0,4196	0,4196	0,4196	0,3814	0,4196	0,4196	0,3814	0,4196	2.705,5
SMPo-6	0,0002	0,0009	0,0091	0,0140	0,0171	0,0171	0,0171	0,0155	0,0171	0,0171	0,0155	0,0171	110,3
SMPo-7	0,0006	0,0034	0,0354	0,0545	0,0666	0,0666	0,0666	0,0606	0,0666	0,0666	0,0606	0,0666	429,6
SMPo-8	0,0002	0,0009	0,0095	0,0147	0,0180	0,0180	0,0180	0,0163	0,0180	0,0180	0,0163	0,0180	115,7
BPo-1	0,0004	0,0019	0,0187	0,0287	0,0351	0,0351	0,0351	0,0319	0,0351	0,0351	0,0319	0,0351	579,4
BPo-2	0,0002	0,0008	0,0081	0,0125	0,0152	0,0152	0,0152	0,0138	0,0152	0,0152	0,0138	0,0152	251,2
BPo-3	0,0002	0,0011	0,0107	0,0165	0,0201	0,0201	0,0201	0,0183	0,0201	0,0201	0,0183	0,0201	332,3
BPo-4	0,0001	0,0005	0,0046	0,0071	0,0087	0,0087	0,0087	0,0079	0,0087	0,0087	0,0079	0,0087	143,7
BPo-5	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	2,4
BPI-1	0,0006	0,0020	0,0084	0,0121	0,0143	0,0143	0,0143	0,0130	0,0143	0,0143	0,0130	0,0143	230,5
BPI-2	0,0004	0,0013	0,0057	0,0082	0,0097	0,0097	0,0097	0,0088	0,0097	0,0097	0,0088	0,0097	156,3
BPI-3	0,0010	0,0033	0,0138	0,0200	0,0236	0,0236	0,0236	0,0215	0,0236	0,0236	0,0215	0,0236	380,3
BPI-4	0,0003	0,0010	0,0041	0,0059	0,0070	0,0070	0,0070	0,0064	0,0070	0,0070	0,0064	0,0070	113,0
An-2	0,0003	0,0012	0,0101	0,0154	0,0188	0,0188	0,0188	0,0171	0,0188	0,0188	0,0171	0,0188	185
MPi-1	0,0003	0,0009	0,0030	0,0043	0,0050	0,0050	0,0050	0,0046	0,0050	0,0050	0,0046	0,0050	40,5
MPi-2	0,0005	0,0017	0,0057	0,0080	0,0094	0,0094	0,0094	0,0085	0,0094	0,0094	0,0085	0,0094	75,8
MPi-3	0,0002	0,0005	0,0019	0,0026	0,0031	0,0031	0,0031	0,0028	0,0031	0,0031	0,0028	0,0031	24,7
BPb-1	0,0000	0,0001	0,0010	0,0014	0,0018	0,0018	0,0018	0,0016	0,0018	0,0018	0,0016	0,0018	38,9
BPb-2	0,0003	0,0011	0,0077	0,0117	0,0142	0,0142	0,0142	0,0129	0,0142	0,0142	0,0129	0,0142	314,3
BPb-3	0,0001	0,0003	0,0020	0,0030	0,0036	0,0036	0,0036	0,0033	0,0036	0,0036	0,0033	0,0036	80,1
BPb-4	0,0002	0,0007	0,0050	0,0076	0,0092	0,0092	0,0092	0,0084	0,0092	0,0092	0,0084	0,0092	204,7
APb	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	5
Bacia	0,0131	0,06	0,542	0,8299	1,0115	1,0115	1,0115	0,9194	1,0115	1,0115	0,9194	1,0115	8.431

TABELA A8.2: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Suprir as Perdas por Fluxo Lateral nos Decêndios de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 4 Anos (safra 2008/2009)

Sub-Unidade	Decêndios											Área Cultivada (ha)	
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03		fev/01
MPo	0,0000	0,0003	0,0034	0,0078	0,0143	0,0143	0,0143	0,0130	0,0143	0,0143	0,0130	0,0143	99,0
SMPo-1	0,0001	0,0009	0,0095	0,0221	0,0405	0,0405	0,0405	0,0368	0,0405	0,0405	0,0368	0,0405	280,9
SMPo-2	0,0002	0,0013	0,0133	0,0308	0,0565	0,0565	0,0565	0,0513	0,0565	0,0565	0,0513	0,0565	396,4
SMPo-3	0,0003	0,0019	0,0197	0,0457	0,0838	0,0838	0,0838	0,0761	0,0838	0,0838	0,0761	0,0838	581,2
SMPo-4	0,0003	0,0019	0,0194	0,0448	0,0822	0,0822	0,0822	0,0748	0,0822	0,0822	0,0748	0,0822	570,7
SMPo-5	0,0015	0,0101	0,1027	0,2376	0,4358	0,4358	0,4358	0,3962	0,4358	0,4358	0,3962	0,4358	3.024,3
SMPo-6	0,0001	0,0006	0,0063	0,0146	0,0268	0,0268	0,0268	0,0244	0,0268	0,0268	0,0244	0,0268	186,2
SMPo-7	0,0002	0,0015	0,0157	0,0363	0,0667	0,0667	0,0667	0,0606	0,0667	0,0667	0,0606	0,0667	462,5
SMPo-8	0,0000	0,0003	0,0032	0,0074	0,0136	0,0136	0,0136	0,0124	0,0136	0,0136	0,0124	0,0136	94,3
BPo-1	0,0001	0,0009	0,0084	0,0192	0,0351	0,0351	0,0351	0,0319	0,0351	0,0351	0,0319	0,0351	660,9
BPo-2	0,0001	0,0003	0,0033	0,0075	0,0138	0,0138	0,0138	0,0125	0,0138	0,0138	0,0125	0,0138	258,7
BPo-3	0,0001	0,0005	0,0044	0,0101	0,0185	0,0185	0,0185	0,0168	0,0185	0,0185	0,0168	0,0185	347,3
BPo-4	0,0000	0,0002	0,0018	0,0042	0,0076	0,0076	0,0076	0,0069	0,0076	0,0076	0,0069	0,0076	143,5
BPo-5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	2,6
BPI-1	0,0002	0,0010	0,0048	0,0098	0,0161	0,0161	0,0161	0,0146	0,0161	0,0161	0,0146	0,0161	235,9
BPI-2	0,0002	0,0009	0,0041	0,0082	0,0135	0,0135	0,0135	0,0123	0,0135	0,0135	0,0123	0,0135	197,9
BPI-3	0,0004	0,0018	0,0083	0,0167	0,0275	0,0275	0,0275	0,0250	0,0275	0,0275	0,0250	0,0275	403,1
BPI-4	0,0001	0,0005	0,0023	0,0047	0,0077	0,0077	0,0077	0,0070	0,0077	0,0077	0,0070	0,0077	113,1
An-2	0,0001	0,0006	0,0041	0,0090	0,0159	0,0159	0,0159	0,0144	0,0159	0,0159	0,0144	0,0159	199,0
MPi-1	0,0000	0,0002	0,0008	0,0017	0,0028	0,0028	0,0028	0,0026	0,0028	0,0028	0,0026	0,0028	39,5
MPi-2	0,0001	0,0004	0,0019	0,0038	0,0062	0,0062	0,0062	0,0057	0,0062	0,0062	0,0057	0,0062	87,5
MPi-3	0,0000	0,0001	0,0005	0,0011	0,0018	0,0018	0,0018	0,0016	0,0018	0,0018	0,0016	0,0018	25,0
BPb-1	0,0000	0,0001	0,0005	0,0012	0,0021	0,0021	0,0021	0,0019	0,0021	0,0021	0,0019	0,0021	37,2
BPb-2	0,0001	0,0007	0,0051	0,0113	0,0200	0,0200	0,0200	0,0182	0,0200	0,0200	0,0182	0,0200	349,3
BPb-3	0,0000	0,0002	0,0013	0,0028	0,0050	0,0050	0,0050	0,0046	0,0050	0,0050	0,0046	0,0050	87,9
BPb-4	0,0001	0,0004	0,0031	0,0069	0,0123	0,0123	0,0123	0,0112	0,0123	0,0123	0,0112	0,0123	214,6
APb	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	6,0
Bacia	0,0043	0,0276	0,248	0,5655	1,0264	1,0264	1,0264	0,9331	1,0264	1,0264	0,9331	1,0264	9.100

TABELA A8.3: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Suprir as Perdas por Fluxo Lateral nos Decêndios de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 12 Anos (safra 2016/2017)

Sub-Unidade	Decêndios											Área Cultivada (ha)	
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03		fev/01
MPo	0,0000	0,0002	0,0020	0,0074	0,0135	0,0135	0,0135	0,0123	0,0135	0,0135	0,0123	0,0135	110,0
SMPo-1	0,0000	0,0005	0,0050	0,0191	0,0349	0,0349	0,0349	0,0317	0,0349	0,0349	0,0317	0,0349	279,5
SMPo-2	0,0001	0,0007	0,0071	0,0270	0,0494	0,0494	0,0494	0,0449	0,0494	0,0494	0,0449	0,0494	398,0
SMPo-3	0,0001	0,0012	0,0118	0,0446	0,0816	0,0816	0,0816	0,0741	0,0816	0,0816	0,0741	0,0816	642,4
SMPo-4	0,0001	0,0011	0,0105	0,0399	0,0729	0,0729	0,0729	0,0663	0,0729	0,0729	0,0663	0,0729	575,8
SMPo-5	0,0005	0,0058	0,0567	0,2153	0,3937	0,3937	0,3937	0,3579	0,3937	0,3937	0,3579	0,3937	3.153,2
SMPo-6	0,0000	0,0003	0,0034	0,0128	0,0235	0,0235	0,0235	0,0213	0,0235	0,0235	0,0213	0,0235	254,2
SMPo-7	0,0001	0,0016	0,0155	0,0589	0,1078	0,1078	0,1078	0,0980	0,1078	0,1078	0,0980	0,1078	792,1
SMPo-8	0,0000	0,0002	0,0021	0,0079	0,0144	0,0144	0,0144	0,0131	0,0144	0,0144	0,0131	0,0144	114,1
BPo-1	0,0000	0,0005	0,0046	0,0171	0,0311	0,0311	0,0311	0,0283	0,0311	0,0311	0,0283	0,0311	678,5
BPo-2	0,0000	0,0002	0,0017	0,0065	0,0119	0,0119	0,0119	0,0108	0,0119	0,0119	0,0108	0,0119	260,0
BPo-3	0,0000	0,0003	0,0028	0,0105	0,0192	0,0192	0,0192	0,0175	0,0192	0,0192	0,0175	0,0192	421,9
BPo-4	0,0000	0,0001	0,0014	0,0052	0,0094	0,0094	0,0094	0,0085	0,0094	0,0094	0,0085	0,0094	205,1
BPo-5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	2,4
BPI-1	0,0001	0,0006	0,0030	0,0086	0,0142	0,0142	0,0142	0,0129	0,0142	0,0142	0,0129	0,0142	236,1
BPI-2	0,0001	0,0006	0,0031	0,0089	0,0148	0,0148	0,0148	0,0134	0,0148	0,0148	0,0134	0,0148	245,1
BPI-3	0,0001	0,0011	0,0055	0,0157	0,0259	0,0259	0,0259	0,0236	0,0259	0,0259	0,0236	0,0259	409,7
BPI-4	0,0001	0,0004	0,0021	0,0060	0,0098	0,0098	0,0098	0,0089	0,0098	0,0098	0,0089	0,0098	163,2
An-2	0,0000	0,0004	0,0026	0,0089	0,0158	0,0158	0,0158	0,0144	0,0158	0,0158	0,0144	0,0158	221,0
MPi-1	0,0000	0,0001	0,0005	0,0015	0,0024	0,0024	0,0024	0,0022	0,0024	0,0024	0,0022	0,0024	39,3
MPi-2	0,0000	0,0003	0,0012	0,0036	0,0059	0,0059	0,0059	0,0053	0,0059	0,0059	0,0053	0,0059	89,0
MPi-3	0,0000	0,0001	0,0005	0,0015	0,0025	0,0025	0,0025	0,0022	0,0025	0,0025	0,0022	0,0025	39,7
BPb-1	0,0000	0,0000	0,0003	0,0010	0,0018	0,0018	0,0018	0,0016	0,0018	0,0018	0,0016	0,0018	37,1
BPb-2	0,0001	0,0004	0,0032	0,0109	0,0194	0,0194	0,0194	0,0176	0,0194	0,0194	0,0176	0,0194	395,8
BPb-3	0,0000	0,0001	0,0009	0,0030	0,0053	0,0053	0,0053	0,0048	0,0053	0,0053	0,0048	0,0053	108,1
BPb-4	0,0000	0,0003	0,0018	0,0062	0,0109	0,0109	0,0109	0,0099	0,0109	0,0109	0,0099	0,0109	223,0
APb	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	6,0
Bacia	0,0014	0,0171	0,1493	0,5482	0,9923	0,9923	0,9923	0,9018	0,9923	0,9923	0,9018	0,9923	10.094

TABELA A8.4: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Suprir as Perdas por Fluxo Lateral nos Decêndios de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Otimista – 4 Anos (safra 2008/2009)

Sub-Unidade	Decêndios											Área Cultivada (ha)	
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03		fev/01
MPo	0,0000	0,0000	0,0002	0,0012	0,0129	0,0129	0,0129	0,0118	0,0129	0,0129	0,0118	0,0129	99,0
SMPo-1	0,0000	0,0000	0,0007	0,0036	0,0367	0,0367	0,0367	0,0333	0,0367	0,0367	0,0333	0,0367	280,9
SMPo-2	0,0000	0,0000	0,0010	0,0050	0,0512	0,0512	0,0512	0,0465	0,0512	0,0512	0,0465	0,0512	396,4
SMPo-3	0,0000	0,0000	0,0014	0,0074	0,0759	0,0759	0,0759	0,0690	0,0759	0,0759	0,0690	0,0759	581,2
SMPo-4	0,0000	0,0000	0,0014	0,0072	0,0745	0,0745	0,0745	0,0677	0,0745	0,0745	0,0677	0,0745	570,7
SMPo-5	0,0000	0,0000	0,0074	0,0383	0,3949	0,3949	0,3949	0,3590	0,3949	0,3949	0,3590	0,3949	3.024,3
SMPo-6	0,0000	0,0000	0,0005	0,0024	0,0243	0,0243	0,0243	0,0221	0,0243	0,0243	0,0221	0,0243	186,2
SMPo-7	0,0000	0,0000	0,0011	0,0059	0,0604	0,0604	0,0604	0,0549	0,0604	0,0604	0,0549	0,0604	462,5
SMPo-8	0,0000	0,0000	0,0002	0,0012	0,0123	0,0123	0,0123	0,0112	0,0123	0,0123	0,0112	0,0123	94,3
BPo-1	0,0000	0,0000	0,0007	0,0032	0,0318	0,0318	0,0318	0,0289	0,0318	0,0318	0,0289	0,0318	660,9
BPo-2	0,0000	0,0000	0,0003	0,0013	0,0124	0,0124	0,0124	0,0113	0,0124	0,0124	0,0113	0,0124	258,7
BPo-3	0,0000	0,0000	0,0004	0,0017	0,0167	0,0167	0,0167	0,0152	0,0167	0,0167	0,0152	0,0167	347,3
BPo-4	0,0000	0,0000	0,0002	0,0007	0,0069	0,0069	0,0069	0,0063	0,0069	0,0069	0,0063	0,0069	143,5
BPo-5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	2,6
BPI-1	0,0000	0,0000	0,0012	0,0034	0,0147	0,0147	0,0147	0,0133	0,0147	0,0147	0,0133	0,0147	235,9
BPI-2	0,0000	0,0000	0,0010	0,0028	0,0123	0,0123	0,0123	0,0112	0,0123	0,0123	0,0112	0,0123	197,9
BPI-3	0,0000	0,0000	0,0020	0,0058	0,0251	0,0251	0,0251	0,0228	0,0251	0,0251	0,0228	0,0251	403,1
BPI-4	0,0000	0,0000	0,0006	0,0016	0,0070	0,0070	0,0070	0,0064	0,0070	0,0070	0,0064	0,0070	113,1
An-2	0,0000	0,0000	0,0006	0,0020	0,0142	0,0142	0,0142	0,0129	0,0142	0,0142	0,0129	0,0142	199,0
MPi-1	0,0000	0,0000	0,0002	0,0006	0,0026	0,0026	0,0026	0,0023	0,0026	0,0026	0,0023	0,0026	39,5
MPi-2	0,0000	0,0000	0,0005	0,0013	0,0057	0,0057	0,0057	0,0051	0,0057	0,0057	0,0051	0,0057	87,5
MPi-3	0,0000	0,0000	0,0001	0,0004	0,0016	0,0016	0,0016	0,0015	0,0016	0,0016	0,0015	0,0016	25,0
BPb-1	0,0000	0,0000	0,0001	0,0003	0,0020	0,0020	0,0020	0,0018	0,0020	0,0020	0,0018	0,0020	37,2
BPb-2	0,0000	0,0000	0,0007	0,0025	0,0184	0,0184	0,0184	0,0167	0,0184	0,0184	0,0167	0,0184	349,3
BPb-3	0,0000	0,0000	0,0002	0,0006	0,0046	0,0046	0,0046	0,0042	0,0046	0,0046	0,0042	0,0046	87,9
BPb-4	0,0000	0,0000	0,0004	0,0015	0,0113	0,0113	0,0113	0,0103	0,0113	0,0113	0,0103	0,0113	214,6
APb	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	6,0
Bacia	0	0	0,0231	0,1019	0,9307	0,9307	0,9307	0,846	0,9307	0,9307	0,846	0,9307	9.100

TABELA A8.5: Demandas Hídricas ( $m^3.s^{-1}$ ) para Suprir as Perdas por Fluxo Lateral nos Decêndios de Irrigação de Arroz na Bacia do Rio Pardo – Cenário Otimista – 12 Anos (safra 2016/2017)

Sub-Unidade	Decêndios												Área Cultivada (ha)
	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01	
MPo	0,000	0,000	0,0002	0,0012	0,0099	0,0099	0,0099	0,0090	0,0099	0,0099	0,0090	0,0099	110,0
SMPo-1	0,000	0,000	0,0005	0,0030	0,0236	0,0236	0,0236	0,0214	0,0236	0,0236	0,0214	0,0236	279,5
SMPo-2	0,000	0,000	0,0007	0,0042	0,0334	0,0334	0,0334	0,0304	0,0334	0,0334	0,0304	0,0334	398,0
SMPo-3	0,000	0,000	0,0011	0,0069	0,0551	0,0551	0,0551	0,0501	0,0551	0,0551	0,0501	0,0551	642,4
SMPo-4	0,000	0,000	0,0010	0,0062	0,0493	0,0493	0,0493	0,0448	0,0493	0,0493	0,0448	0,0493	575,8
SMPo-5	0,000	0,000	0,0052	0,0336	0,2662	0,2662	0,2662	0,2420	0,2662	0,2662	0,2420	0,2662	3.153,2
SMPo-6	0,000	0,000	0,0003	0,0020	0,0159	0,0159	0,0159	0,0144	0,0159	0,0159	0,0144	0,0159	254,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,0014	0,0092	0,0729	0,0729	0,0729	0,0662	0,0729	0,0729	0,0662	0,0729	792,1
SMPo-8	0,000	0,000	0,0002	0,0012	0,0098	0,0098	0,0098	0,0089	0,0098	0,0098	0,0089	0,0098	114,1
BPo-1	0,000	0,000	0,0005	0,0028	0,0222	0,0222	0,0222	0,0202	0,0222	0,0222	0,0202	0,0222	678,5
BPo-2	0,000	0,000	0,0002	0,0011	0,0085	0,0085	0,0085	0,0077	0,0085	0,0085	0,0077	0,0085	260,0
BPo-3	0,000	0,000	0,0003	0,0017	0,0137	0,0137	0,0137	0,0124	0,0137	0,0137	0,0124	0,0137	421,9
BPo-4	0,000	0,000	0,0001	0,0008	0,0067	0,0067	0,0067	0,0061	0,0067	0,0067	0,0061	0,0067	205,1
BPo-5	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	2,4
BPi-1	0,000	0,000	0,0008	0,0029	0,0113	0,0113	0,0113	0,0102	0,0113	0,0113	0,0102	0,0113	236,1
BPi-2	0,000	0,000	0,0008	0,0031	0,0117	0,0117	0,0117	0,0106	0,0117	0,0117	0,0106	0,0117	245,1
BPi-3	0,000	0,000	0,0015	0,0054	0,0205	0,0205	0,0205	0,0187	0,0205	0,0205	0,0187	0,0205	409,7
BPi-4	0,000	0,000	0,0006	0,0020	0,0078	0,0078	0,0078	0,0071	0,0078	0,0078	0,0071	0,0078	163,2
An-2	0,000	0,000	0,0004	0,0019	0,0112	0,0112	0,0112	0,0102	0,0112	0,0112	0,0102	0,0112	221,0
MPi-1	0,000	0,000	0,0001	0,0005	0,0018	0,0018	0,0018	0,0016	0,0018	0,0018	0,0016	0,0018	39,3
MPi-2	0,000	0,000	0,0003	0,0012	0,0043	0,0043	0,0043	0,0039	0,0043	0,0043	0,0039	0,0043	89,0
MPi-3	0,000	0,000	0,0001	0,0005	0,0018	0,0018	0,0018	0,0017	0,0018	0,0018	0,0017	0,0018	39,7
BPb-1	0,000	0,000	0,0000	0,0002	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0013	0,0013	0,0012	0,0013	37,1
BPb-2	0,000	0,000	0,0005	0,0023	0,0137	0,0137	0,0137	0,0125	0,0137	0,0137	0,0125	0,0137	395,8
BPb-3	0,000	0,000	0,0001	0,0006	0,0037	0,0037	0,0037	0,0034	0,0037	0,0037	0,0034	0,0037	108,1
BPb-4	0,000	0,000	0,0003	0,0013	0,0077	0,0077	0,0077	0,0070	0,0077	0,0077	0,0070	0,0077	223,0
APb	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	6,0
Bacia	0,0000	0,0000	0,0172	0,0959	0,6842	0,6842	0,6842	0,6220	0,6842	0,6842	0,6220	0,6842	10.094

**ANEXO A9 – VAZÕES DECENDIAIS TOTAIS DEMANDADAS PARA IRRIGAÇÃO  
DE ARROZ NAS SUB-UNIDADES DE ESTUDO DA BACIA DO RIO PARDO –  
CENÁRIOS ATUAL E FUTUROS**

TABELA A9.1: Demandas Hídricas Totais ( $m^3.s^{-1}$ ) para Irrigação de Arroz nas Sub-Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Atual (safra 2003/2004)

Sub- Unidade	Decêndios												Área Cultivada (ha)	
	out/01	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03		fev/01
MPo	0,017	0,047	0,076	0,085	0,077	0,070	0,076	0,099	0,096	0,065	0,065	0,063	0,064	92
SMPo-1	0,001	0,004	0,072	0,397	0,315	0,232	0,250	0,321	0,309	0,216	0,216	0,208	0,213	286,6
SMPo-2	0,034	0,144	0,517	0,277	0,371	0,320	0,346	0,444	0,428	0,299	0,298	0,287	0,294	391,9
SMPo-3	0,121	0,286	0,271	0,431	0,564	0,415	0,448	0,575	0,556	0,387	0,386	0,373	0,381	514,4
SMPo-4	0,018	0,294	0,613	0,605	0,512	0,504	0,544	0,698	0,674	0,470	0,469	0,452	0,463	622,3
SMPo-5	0,447	1,422	2,680	2,823	2,385	2,178	2,284	3,131	2,983	2,024	2,052	1,982	2,048	2.705,5
SMPo-6	0,000	0,023	0,125	0,114	0,117	0,087	0,079	0,146	0,132	0,080	0,087	0,085	0,091	110,3
SMPo-7	0,000	0,188	0,443	0,400	0,424	0,339	0,298	0,583	0,523	0,308	0,342	0,332	0,360	429,6
SMPo-8	0,011	0,069	0,099	0,077	0,124	0,091	0,078	0,160	0,142	0,082	0,093	0,090	0,098	115,7
BPo-1	0,064	0,381	0,579	0,433	0,490	0,401	0,334	0,748	0,665	0,358	0,409	0,401	0,437	579,4
BPo-2	0,013	0,033	0,119	0,436	0,196	0,173	0,144	0,324	0,288	0,155	0,177	0,174	0,189	251,2
BPo-3	0,105	0,347	0,305	0,221	0,252	0,230	0,191	0,429	0,381	0,205	0,235	0,229	0,251	332,3
BPo-4	0,006	0,057	0,091	0,104	0,185	0,100	0,083	0,186	0,165	0,089	0,102	0,099	0,109	143,7
BPo-5	0,000	0,000	0,000	0,001	0,005	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	2,4
BPi-1	0,080	0,188	0,117	0,163	0,176	0,144	0,116	0,258	0,230	0,128	0,146	0,143	0,158	230,5
BPi-2	0,034	0,108	0,111	0,129	0,115	0,107	0,090	0,200	0,178	0,096	0,110	0,107	0,117	156,3
BPi-3	0,048	0,181	0,395	0,331	0,278	0,262	0,219	0,488	0,434	0,235	0,268	0,262	0,286	380,3
BPi-4	0,022	0,052	0,068	0,086	0,099	0,078	0,065	0,146	0,129	0,070	0,080	0,078	0,085	113,0
An-2	0,035	0,105	0,141	0,154	0,147	0,123	0,101	0,213	0,190	0,110	0,124	0,120	0,135	185
MPi-1	0,007	0,020	0,030	0,027	0,025	0,024	0,019	0,037	0,034	0,021	0,023	0,023	0,026	40,5
MPi-2	0,018	0,054	0,058	0,051	0,046	0,045	0,034	0,069	0,063	0,039	0,044	0,043	0,049	75,8
MPi-3	0,007	0,013	0,011	0,020	0,021	0,015	0,011	0,022	0,021	0,013	0,014	0,014	0,016	24,7
BPb-1	0,009	0,023	0,019	0,027	0,038	0,026	0,027	0,038	0,037	0,024	0,024	0,024	0,024	38,9
BPb-2	0,046	0,154	0,284	0,257	0,202	0,188	0,174	0,287	0,269	0,167	0,177	0,173	0,187	314,3
BPb-3	0,010	0,029	0,043	0,067	0,085	0,055	0,057	0,080	0,076	0,050	0,051	0,049	0,051	80,1
BPb-4	0,052	0,152	0,149	0,175	0,146	0,142	0,155	0,206	0,200	0,131	0,131	0,127	0,129	204,7
APb	0,001	0,002	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002	0,004	0,004	0,002	0,003	0,003	0,003	5
Bacia	1,206	4,378	7,421	7,893	7,398	6,352	6,224	9,893	9,208	5,823	6,126	5,941	6,264	8.431

TABELA A9.2: Demandas Hídricas Totais ( $m^3.s^{-1}$ ) para Irrigação de Arroz nas Sub-Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 4 Anos (safra 2008/2009)

Sub- Unidade	Decêndios												Área Cultivada (ha)	
	out/01	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03		fev/01
MPo	0,003	0,018	0,036	0,099	0,111	0,079	0,086	0,111	0,107	0,074	0,074	0,072	0,073	99,0
SMPo-1	0,001	0,018	0,168	0,285	0,275	0,223	0,241	0,310	0,300	0,208	0,208	0,200	0,205	280,9
SMPo-2	0,000	0,009	0,151	0,639	0,328	0,310	0,335	0,431	0,416	0,289	0,288	0,278	0,284	396,4
SMPo-3	0,008	0,043	0,199	0,625	0,653	0,463	0,501	0,645	0,623	0,432	0,431	0,416	0,425	581,2
SMPo-4	0,185	0,464	0,309	0,496	0,475	0,455	0,492	0,634	0,613	0,424	0,423	0,409	0,418	570,7
SMPo-5	0,024	0,684	1,608	2,654	3,577	2,403	2,519	3,474	3,311	2,230	2,264	2,189	2,260	3.024,3
SMPo-6	0,000	0,017	0,100	0,198	0,204	0,145	0,128	0,249	0,223	0,132	0,146	0,141	0,153	186,2
SMPo-7	0,000	0,125	0,145	0,400	0,645	0,361	0,315	0,625	0,560	0,328	0,364	0,354	0,384	462,5
SMPo-8	0,000	0,000	0,030	0,096	0,122	0,074	0,063	0,130	0,115	0,067	0,075	0,072	0,079	94,3
BPo-1	0,000	0,089	0,392	0,619	0,693	0,452	0,376	0,849	0,755	0,404	0,462	0,453	0,494	660,9
BPo-2	0,012	0,035	0,029	0,148	0,472	0,177	0,147	0,333	0,296	0,158	0,181	0,178	0,194	258,7
BPo-3	0,054	0,208	0,267	0,353	0,251	0,239	0,198	0,447	0,397	0,213	0,244	0,239	0,261	347,3
BPo-4	0,000	0,041	0,108	0,182	0,101	0,099	0,082	0,185	0,164	0,088	0,101	0,098	0,108	143,5
BPo-5	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	2,6
BPi-1	0,001	0,024	0,125	0,267	0,167	0,150	0,122	0,267	0,239	0,133	0,151	0,148	0,165	235,9
BPi-2	0,035	0,103	0,096	0,157	0,154	0,137	0,115	0,254	0,225	0,123	0,140	0,136	0,149	197,9
BPi-3	0,002	0,096	0,212	0,345	0,409	0,280	0,234	0,520	0,462	0,251	0,286	0,280	0,306	403,1
BPi-4	0,032	0,072	0,041	0,064	0,110	0,079	0,066	0,146	0,129	0,070	0,080	0,078	0,086	113,1
An-2	0,011	0,047	0,093	0,182	0,187	0,132	0,107	0,231	0,206	0,117	0,133	0,129	0,144	199,0
MPi-1	0,000	0,007	0,016	0,026	0,033	0,022	0,016	0,034	0,031	0,019	0,021	0,021	0,024	39,5
MPi-2	0,011	0,036	0,039	0,058	0,066	0,047	0,035	0,075	0,068	0,041	0,046	0,045	0,052	87,5
MPi-3	0,000	0,000	0,014	0,033	0,014	0,014	0,010	0,022	0,020	0,012	0,013	0,013	0,015	25,0
BPb-1	0,008	0,024	0,022	0,027	0,027	0,025	0,026	0,037	0,036	0,023	0,023	0,023	0,023	37,2
BPb-2	0,005	0,047	0,118	0,253	0,382	0,210	0,192	0,320	0,298	0,187	0,199	0,194	0,211	349,3
BPb-3	0,003	0,020	0,049	0,108	0,060	0,061	0,064	0,089	0,086	0,056	0,056	0,055	0,056	87,9
BPb-4	0,027	0,086	0,115	0,226	0,160	0,152	0,165	0,219	0,213	0,140	0,140	0,136	0,138	214,6
APb	0,000	0,001	0,001	0,005	0,005	0,004	0,003	0,006	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	6,0
Bacia	0,422	2,316	4,485	8,548	9,682	6,791	6,635	10,642	9,900	6,219	6,550	6,361	6,708	9.100

TABELA A9.3: Demandas Hídricas Totais ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) para Irrigação de Arroz nas Sub-Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Tendencial – 12 Anos (safra 2016/2017)

Sub- Unidade	Decêndios													Área Cultivada (ha)
	out/01	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01	
MPo	0,002	0,013	0,046	0,102	0,120	0,085	0,092	0,118	0,114	0,079	0,079	0,075	0,078	110,0
SMPo-1	0,001	0,002	0,055	0,335	0,332	0,217	0,235	0,305	0,295	0,202	0,202	0,195	0,199	279,5
SMPo-2	0,000	0,001	0,105	0,621	0,365	0,304	0,329	0,426	0,413	0,283	0,282	0,274	0,278	398,0
SMPo-3	0,000	0,151	0,442	0,455	0,665	0,502	0,543	0,702	0,679	0,467	0,465	0,450	0,459	642,4
SMPo-4	0,082	0,230	0,313	0,549	0,554	0,451	0,489	0,632	0,611	0,420	0,419	0,405	0,413	575,8
SMPo-5	0,000	0,380	1,655	3,306	3,740	2,443	2,566	3,553	3,391	2,263	2,296	2,224	2,291	3.153,2
SMPo-6	0,000	0,027	0,136	0,142	0,202	0,142	0,125	0,246	0,220	0,129	0,143	0,138	0,150	254,2
SMPo-7	0,000	0,011	0,566	0,858	0,974	0,652	0,561	1,155	1,031	0,590	0,661	0,643	0,700	792,1
SMPo-8	0,000	0,006	0,009	0,029	0,172	0,086	0,073	0,154	0,137	0,078	0,088	0,086	0,093	114,1
BPo-1	0,024	0,149	0,480	0,602	0,698	0,459	0,381	0,866	0,769	0,410	0,469	0,460	0,502	678,5
BPo-2	0,000	0,000	0,149	0,472	0,193	0,176	0,146	0,332	0,295	0,157	0,180	0,177	0,193	260,0
BPo-3	0,000	0,063	0,192	0,422	0,515	0,286	0,237	0,540	0,480	0,255	0,292	0,287	0,313	421,9
BPo-4	0,000	0,008	0,029	0,128	0,307	0,139	0,115	0,262	0,233	0,124	0,142	0,140	0,152	205,1
BPo-5	0,000	0,000	0,001	0,001	0,004	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	2,4
BPi-1	0,002	0,087	0,190	0,199	0,161	0,148	0,119	0,265	0,236	0,131	0,149	0,146	0,162	236,1
BPi-2	0,000	0,006	0,087	0,219	0,229	0,168	0,140	0,313	0,278	0,150	0,171	0,167	0,183	245,1
BPi-3	0,025	0,092	0,223	0,367	0,426	0,282	0,235	0,526	0,468	0,253	0,288	0,282	0,308	409,7
BPi-4	0,000	0,002	0,032	0,101	0,186	0,112	0,093	0,209	0,185	0,100	0,114	0,112	0,122	163,2
An-2	0,002	0,033	0,105	0,191	0,216	0,143	0,115	0,252	0,225	0,127	0,144	0,140	0,157	221,0
MPi-1	0,000	0,005	0,016	0,032	0,031	0,021	0,015	0,033	0,030	0,018	0,020	0,020	0,023	39,3
MPi-2	0,003	0,021	0,049	0,066	0,070	0,048	0,036	0,077	0,069	0,041	0,047	0,045	0,053	89,0
MPi-3	0,000	0,000	0,009	0,027	0,040	0,022	0,016	0,035	0,030	0,019	0,021	0,020	0,024	39,7
BPb-1	0,001	0,011	0,025	0,039	0,026	0,025	0,026	0,037	0,036	0,023	0,023	0,023	0,023	37,1
BPb-2	0,004	0,047	0,163	0,331	0,400	0,237	0,219	0,362	0,339	0,211	0,224	0,220	0,237	395,8
BPb-3	0,003	0,011	0,033	0,113	0,110	0,074	0,078	0,108	0,105	0,068	0,068	0,067	0,068	108,1
BPb-4	0,005	0,031	0,096	0,206	0,212	0,157	0,170	0,227	0,220	0,144	0,144	0,141	0,142	223,0
APb	0,000	0,000	0,001	0,003	0,008	0,004	0,003	0,006	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	6,0
Bacia	0,154	1,387	5,212	9,910	10,953	7,384	7,157	11,743	10,897	6,745	7,135	6,942	7,327	10.094

TABELA A9.4: Demandas Hídricas Totais ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) para Irrigação de Arroz nas Sub-Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Otimista – 4 Anos (safra 2008/2009)

Sub- Unidade	Decêndios													Área Cultivada (ha)
	out/01	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01	
MPo	0,000	0,000	0,016	0,065	0,143	0,078	0,085	0,110	0,106	0,073	0,073	0,071	0,072	99,0
SMPo-1	0,000	0,000	0,001	0,066	0,504	0,219	0,237	0,306	0,296	0,204	0,204	0,196	0,201	280,9
SMPo-2	0,000	0,000	0,041	0,192	0,678	0,304	0,329	0,425	0,412	0,283	0,282	0,274	0,278	396,4
SMPo-3	0,000	0,000	0,137	0,478	0,696	0,455	0,493	0,637	0,616	0,424	0,423	0,409	0,417	581,2
SMPo-4	0,000	0,000	0,253	0,767	0,491	0,448	0,485	0,627	0,606	0,417	0,416	0,402	0,411	570,7
SMPo-5	0,000	0,000	0,534	2,785	4,373	2,362	2,478	3,433	3,274	2,189	2,223	2,152	2,219	3.024,3
SMPo-6	0,000	0,000	0,000	0,121	0,299	0,142	0,125	0,246	0,221	0,129	0,143	0,139	0,150	186,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,004	0,309	0,773	0,354	0,308	0,618	0,554	0,321	0,357	0,348	0,377	462,5
SMPo-8	0,000	0,000	0,030	0,094	0,116	0,072	0,061	0,128	0,114	0,065	0,073	0,071	0,077	94,3
BPo-1	0,000	0,000	0,145	0,641	0,837	0,449	0,373	0,846	0,752	0,401	0,459	0,450	0,491	660,9
BPo-2	0,000	0,000	0,014	0,153	0,482	0,175	0,145	0,330	0,293	0,156	0,179	0,175	0,191	258,7
BPo-3	0,000	0,000	0,103	0,409	0,433	0,236	0,196	0,445	0,395	0,211	0,241	0,236	0,258	347,3
BPo-4	0,000	0,000	0,035	0,149	0,199	0,098	0,081	0,184	0,163	0,087	0,100	0,097	0,107	143,5
BPo-5	0,000	0,000	0,000	0,001	0,005	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	2,6
BPi-1	0,000	0,000	0,088	0,238	0,203	0,149	0,120	0,265	0,236	0,132	0,150	0,146	0,163	235,9
BPi-2	0,000	0,000	0,074	0,207	0,172	0,135	0,113	0,252	0,224	0,121	0,138	0,135	0,147	197,9
BPi-3	0,000	0,000	0,107	0,398	0,490	0,277	0,231	0,517	0,459	0,248	0,283	0,277	0,302	403,1
BPi-4	0,000	0,000	0,036	0,103	0,114	0,078	0,065	0,145	0,128	0,069	0,079	0,077	0,085	113,1
An-2	0,000	0,000	0,056	0,160	0,233	0,129	0,104	0,228	0,204	0,114	0,130	0,127	0,142	199,0
MPi-1	0,000	0,000	0,012	0,030	0,036	0,022	0,016	0,034	0,030	0,019	0,021	0,020	0,024	39,5
MPi-2	0,000	0,000	0,027	0,071	0,081	0,047	0,035	0,075	0,067	0,041	0,046	0,044	0,052	87,5
MPi-3	0,000	0,000	0,011	0,026	0,019	0,014	0,010	0,022	0,020	0,012	0,013	0,013	0,015	25,0
BPb-1	0,000	0,000	0,014	0,039	0,036	0,025	0,026	0,037	0,036	0,023	0,023	0,023	0,023	37,2
BPb-2	0,000	0,000	0,071	0,229	0,417	0,208	0,190	0,319	0,298	0,185	0,198	0,193	0,210	349,3
BPb-3	0,000	0,000	0,014	0,049	0,144	0,061	0,064	0,089	0,085	0,056	0,056	0,054	0,056	87,9
BPb-4	0,000	0,000	0,090	0,263	0,192	0,151	0,164	0,218	0,212	0,139	0,139	0,135	0,137	214,6
APb	0,000	0,000	0,002	0,005	0,008	0,004	0,003	0,006	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	6,0
Bacia	0,000	0,000	1,915	8,049	12,174	6,694	6,538	10,545	9,810	6,123	6,454	6,270	6,610	9.100

TABELA A9.5: Demandas Hídricas Totais ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) para Irrigação de Arroz nas Sub-Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Cenário Otimista – 12 Anos (safra 2016/2017)

Sub- Unidade	Decêndios													Área Cultivada (ha)
	out/01	out/02	out/03	nov/01	nov/02	nov/03	dez/01	dez/02	dez/03	jan/01	jan/02	jan/03	fev/01	
MPo	0,000	0,000	0,013	0,062	0,150	0,081	0,088	0,114	0,111	0,075	0,075	0,072	0,074	110,0
SMPo-1	0,000	0,000	0,001	0,076	0,411	0,206	0,224	0,294	0,284	0,191	0,191	0,184	0,188	279,5
SMPo-2	0,000	0,000	0,019	0,152	0,706	0,288	0,313	0,410	0,398	0,267	0,266	0,259	0,262	398,0
SMPo-3	0,000	0,000	0,083	0,380	0,842	0,474	0,515	0,674	0,654	0,439	0,438	0,425	0,432	642,4
SMPo-4	0,000	0,000	0,207	0,673	0,553	0,425	0,462	0,605	0,587	0,394	0,393	0,382	0,387	575,8
SMPo-5	0,000	0,000	0,442	2,861	4,349	2,315	2,439	3,426	3,275	2,135	2,169	2,109	2,164	3.153,2
SMPo-6	0,000	0,000	0,000	0,139	0,271	0,134	0,117	0,238	0,213	0,121	0,135	0,131	0,142	254,2
SMPo-7	0,000	0,000	0,000	0,644	1,240	0,617	0,526	1,120	0,999	0,555	0,626	0,611	0,665	792,1
SMPo-8	0,000	0,000	0,000	0,030	0,163	0,082	0,069	0,150	0,133	0,074	0,084	0,082	0,089	114,1
BPo-1	0,000	0,000	0,102	0,612	0,813	0,451	0,373	0,859	0,763	0,401	0,461	0,453	0,494	678,5
BPo-2	0,000	0,000	0,011	0,174	0,489	0,173	0,143	0,329	0,292	0,154	0,177	0,174	0,190	260,0
BPo-3	0,000	0,000	0,099	0,478	0,535	0,281	0,232	0,535	0,474	0,250	0,287	0,281	0,308	421,9
BPo-4	0,000	0,000	0,002	0,121	0,323	0,137	0,113	0,260	0,230	0,122	0,140	0,137	0,150	205,1
BPo-5	0,000	0,000	0,000	0,001	0,005	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	2,4
BPi-1	0,000	0,000	0,080	0,237	0,203	0,145	0,116	0,261	0,233	0,128	0,146	0,143	0,159	236,1
BPi-2	0,000	0,000	0,052	0,177	0,264	0,164	0,137	0,309	0,275	0,147	0,168	0,165	0,180	245,1
BPi-3	0,000	0,000	0,064	0,369	0,541	0,277	0,230	0,520	0,462	0,247	0,283	0,277	0,303	409,7
BPi-4	0,000	0,000	0,025	0,095	0,195	0,110	0,091	0,207	0,183	0,098	0,112	0,110	0,120	163,2
An-2	0,000	0,000	0,043	0,147	0,264	0,138	0,110	0,247	0,221	0,122	0,139	0,136	0,152	221,0
MPi-1	0,000	0,000	0,010	0,027	0,038	0,021	0,015	0,033	0,030	0,018	0,020	0,020	0,023	39,3
MPi-2	0,000	0,000	0,020	0,061	0,090	0,046	0,034	0,075	0,068	0,039	0,045	0,044	0,051	89,0
MPi-3	0,000	0,000	0,007	0,024	0,041	0,021	0,015	0,034	0,030	0,018	0,020	0,020	0,023	39,7
BPb-1	0,000	0,000	0,009	0,029	0,041	0,024	0,025	0,036	0,035	0,022	0,022	0,022	0,022	37,1
BPb-2	0,000	0,000	0,056	0,225	0,475	0,232	0,214	0,357	0,334	0,206	0,219	0,215	0,232	395,8
BPb-3	0,000	0,000	0,009	0,047	0,164	0,073	0,077	0,107	0,103	0,067	0,067	0,065	0,067	108,1
BPb-4	0,000	0,000	0,067	0,219	0,228	0,153	0,167	0,223	0,216	0,141	0,141	0,137	0,139	223,0
APb	0,000	0,000	0,001	0,003	0,008	0,004	0,003	0,006	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	6,0
Bacia	0,000	0,000	1,422	8,064	13,402	7,071	6,849	11,429	10,612	6,432	6,826	6,658	7,017	10.094

**ANEXO A10 – BALANÇO HÍDRICO NAS SUB-UNIDADES DE ESTUDO –  
CENÁRIOS ATUAL E FUTUROS**

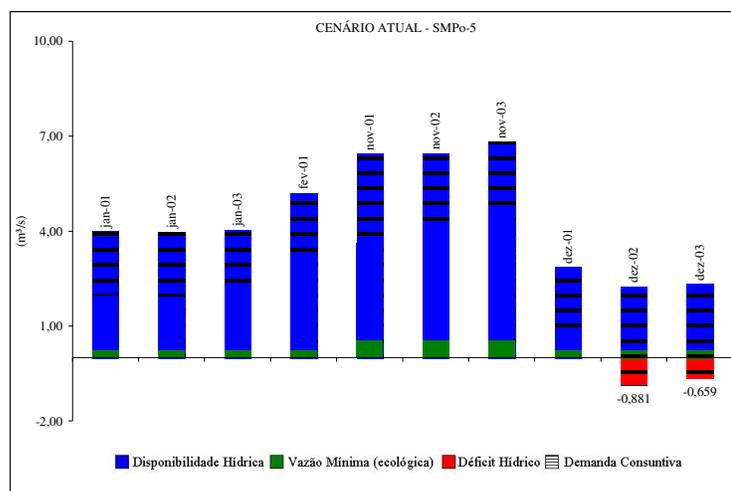


FIGURA A10.1: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-5) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

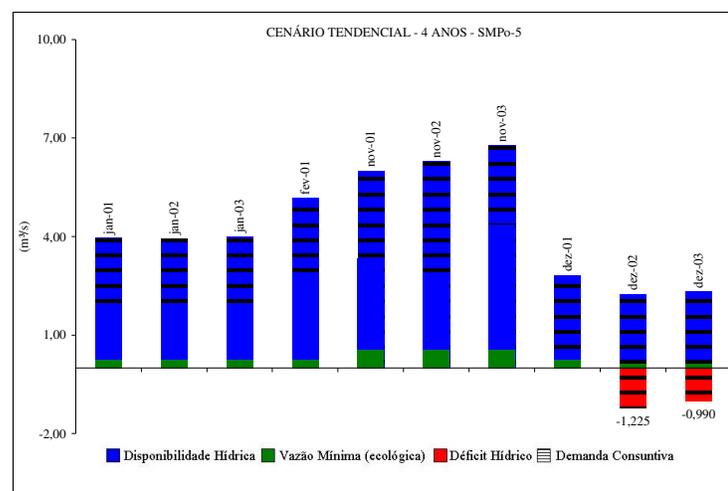


FIGURA A10.2: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-5) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

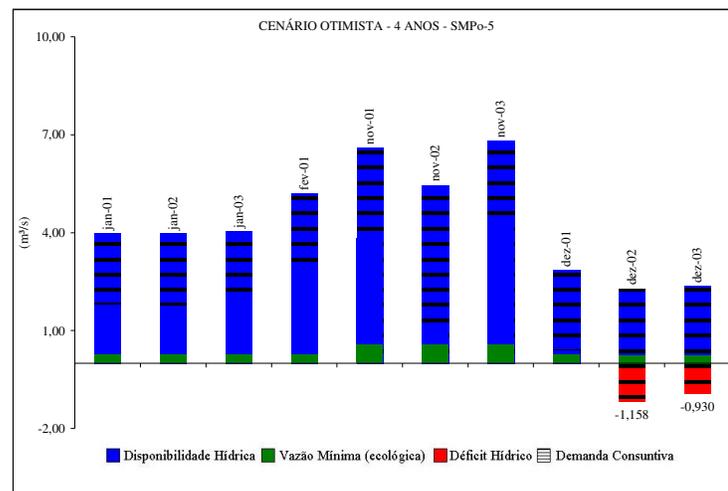


FIGURA A10.3: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-5) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

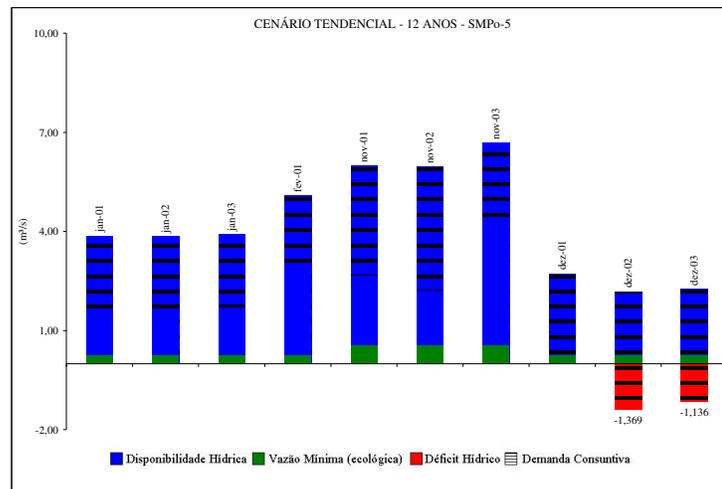


FIGURA A10.4: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-5) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

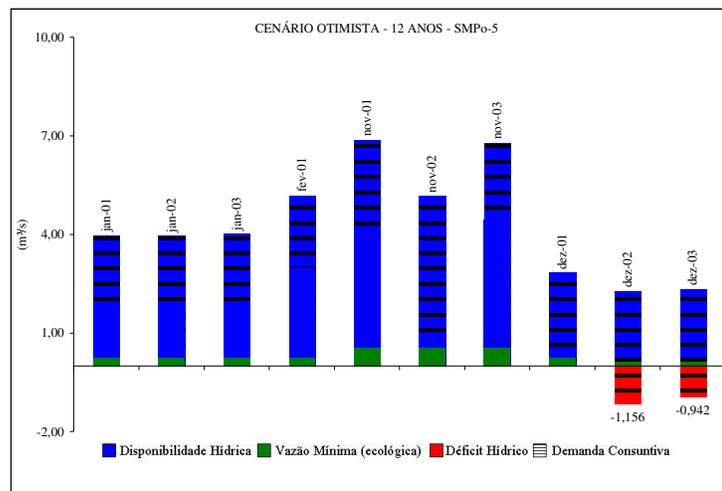


FIGURA A10.5: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-5) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

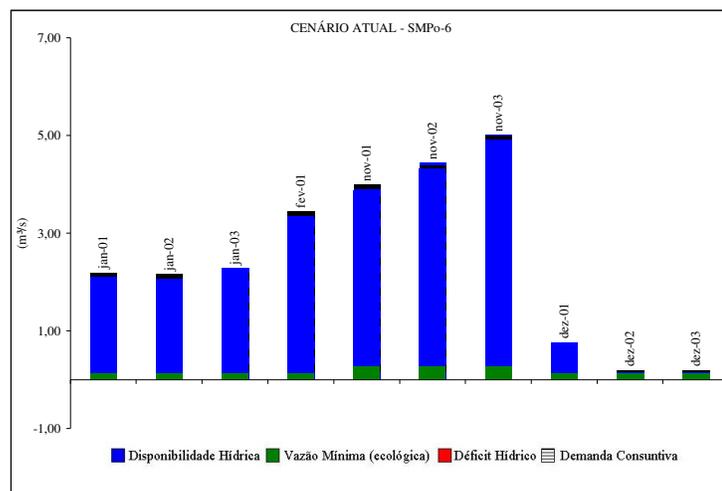


FIGURA A10.6: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-6) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

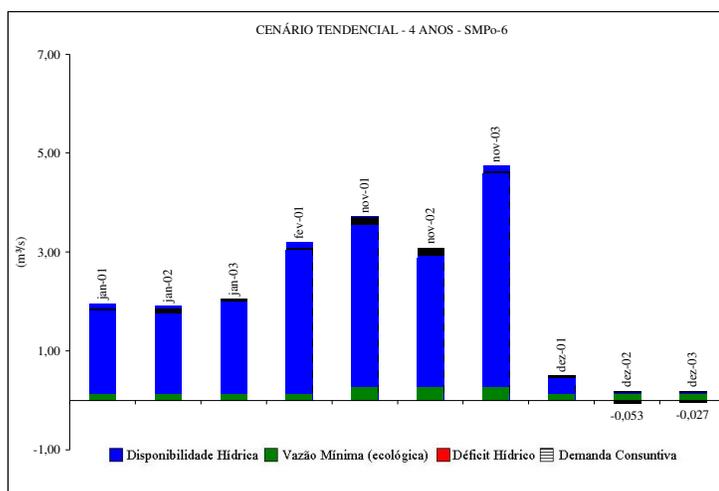


FIGURA A10.7: Balanço Hídrico Decenal no Sub-Médio Pardo (SMPo-6) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

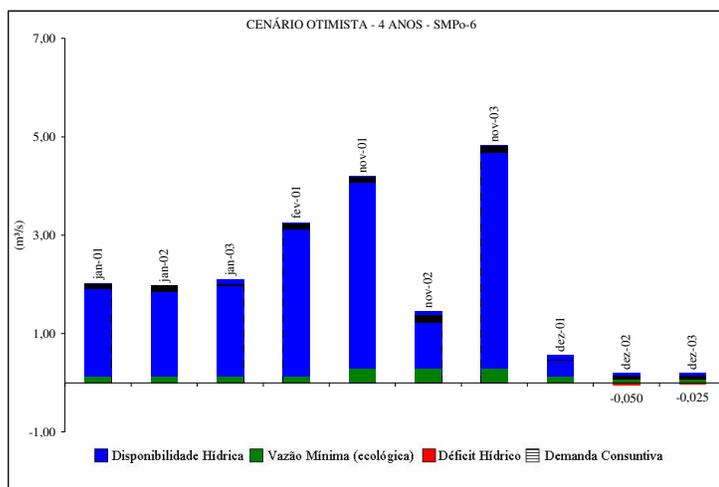


FIGURA A10.8: Balanço Hídrico Decenal no Sub-Médio Pardo (SMPo-6) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

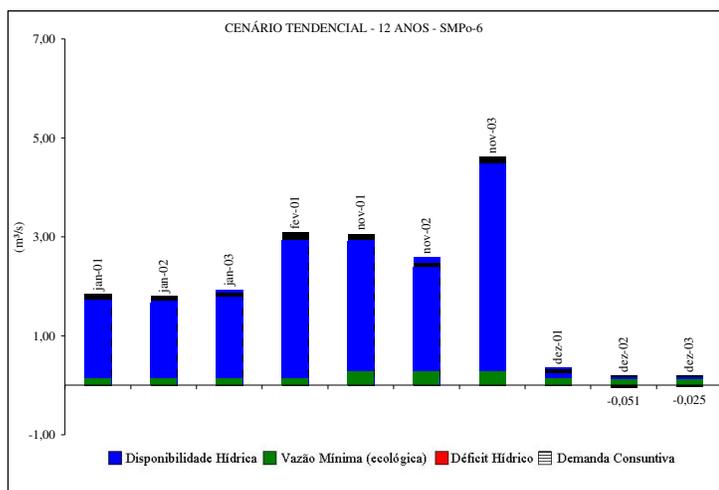


FIGURA A10.9: Balanço Hídrico Decenal no Sub-Médio Pardo (SMPo-6) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

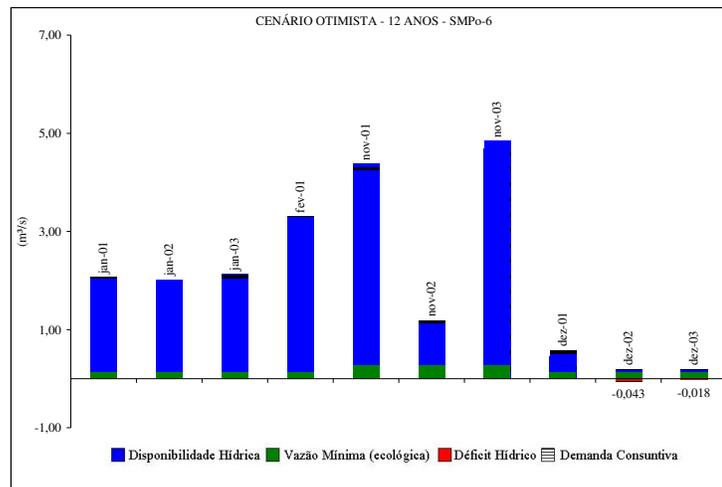


FIGURA A10.10: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-6) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

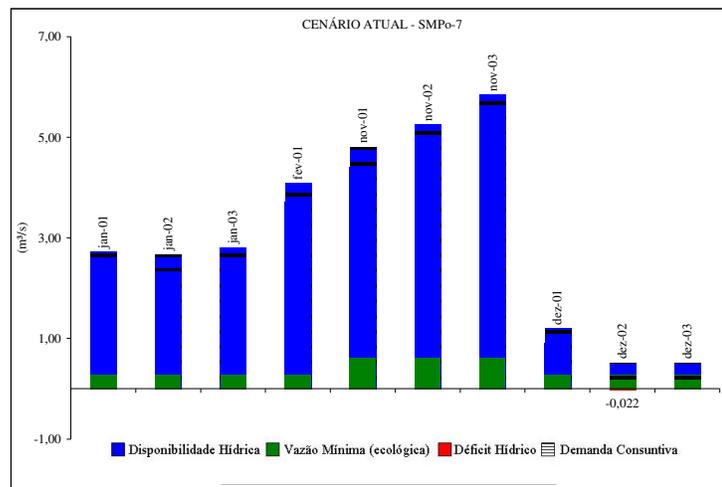


FIGURA A10.11: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-7) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

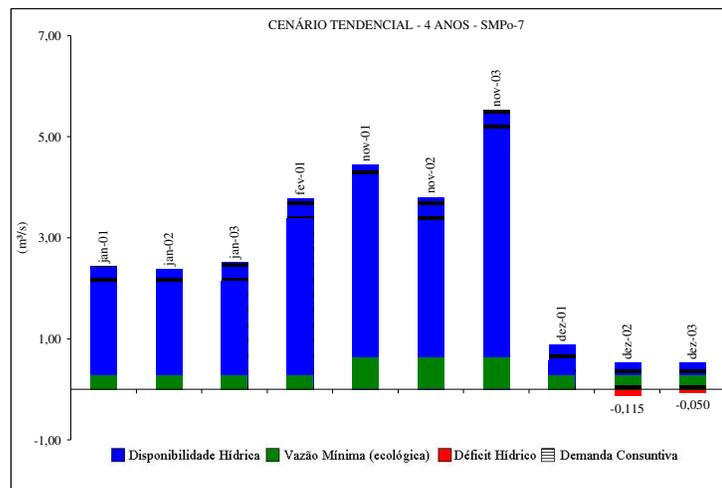


FIGURA A10.12: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-7) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

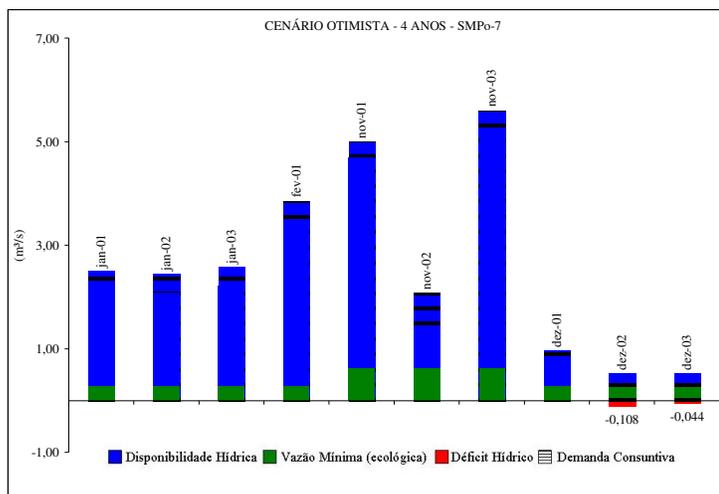


FIGURA A10.13: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-7) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

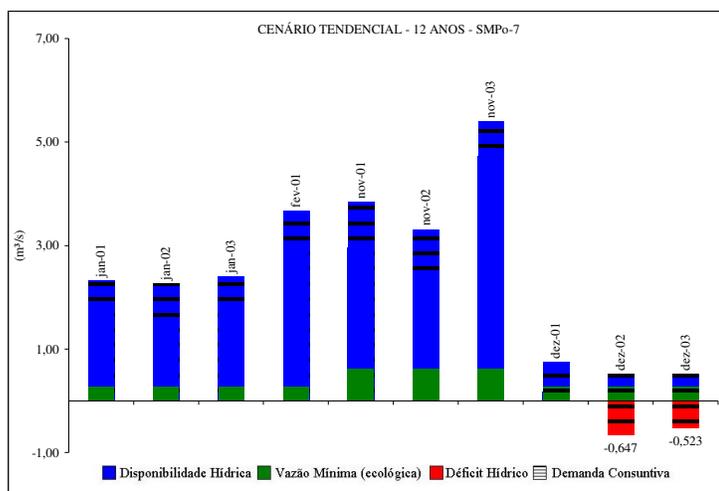


FIGURA A10.14: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-7) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

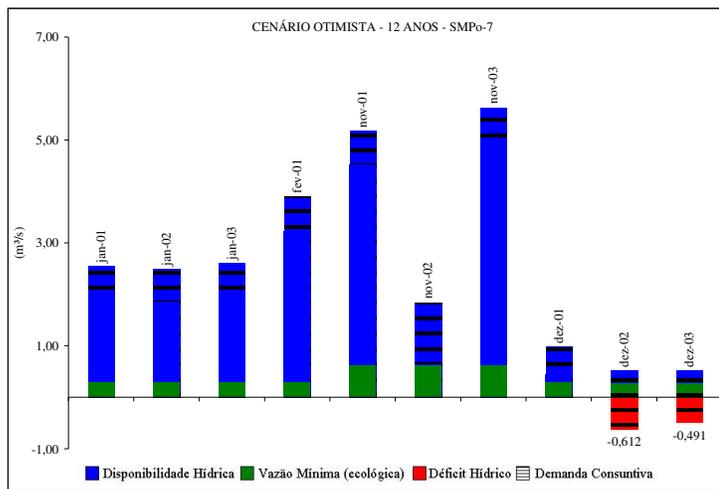


FIGURA A10.15: Balanço Hídrico Decendial no Sub-Médio Pardo (SMPo-7) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

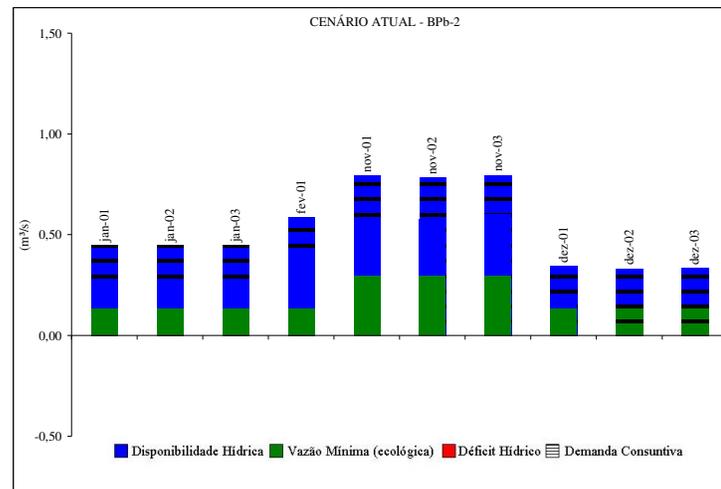


FIGURA A10.16: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Plumbs (BPb-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

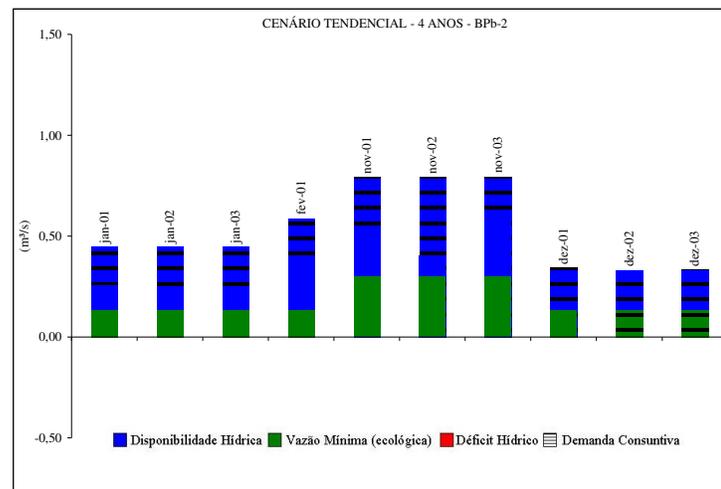


FIGURA A10.17: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Plumbs (BPb-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

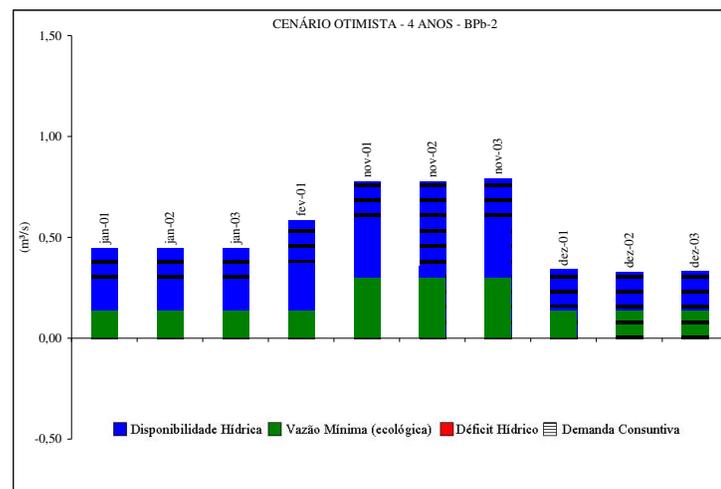


FIGURA A10.18: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Plumbs (BPb-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

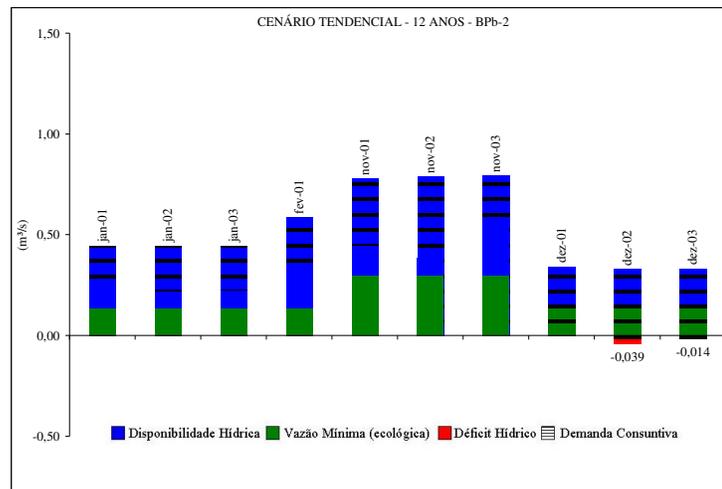


FIGURA A10.19: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Plumbs (BPb-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

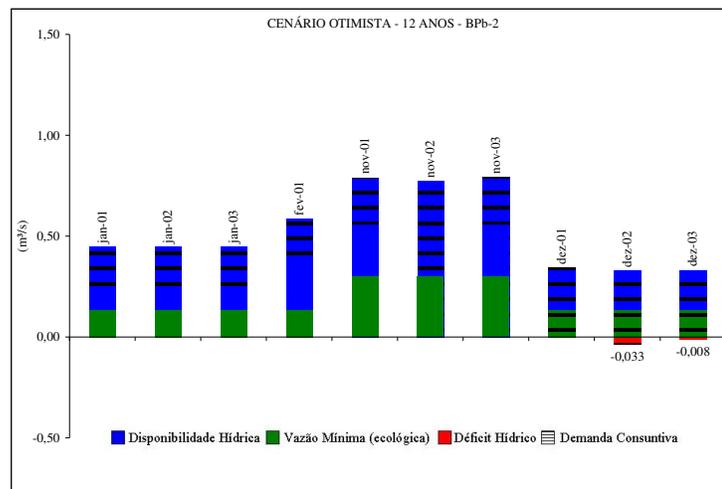


FIGURA A10.20: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Plumbs (BPb-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

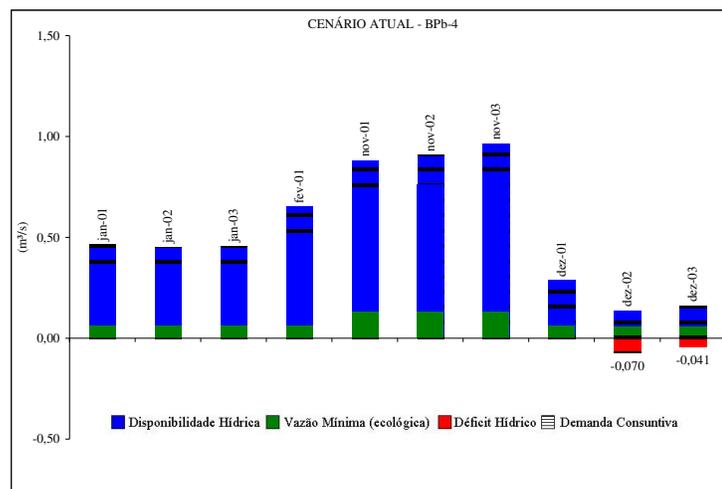


FIGURA A10.21: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Plumbs (BPb-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

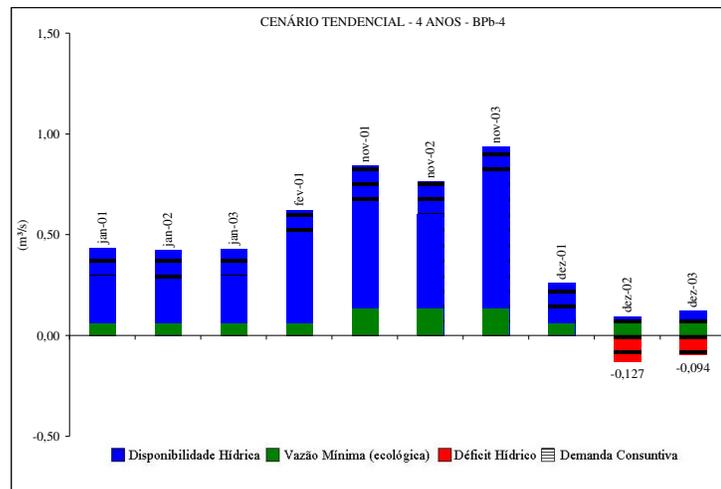


FIGURA A10.22: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Plumbs (BPb-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

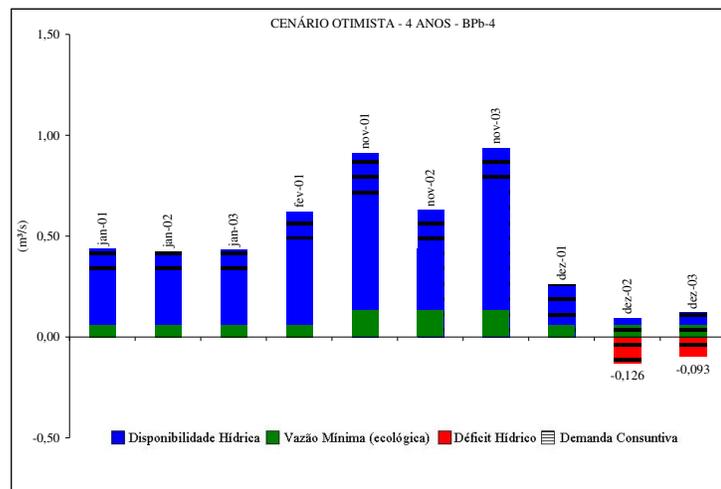


FIGURA A10.23: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Plumbs (BPb-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

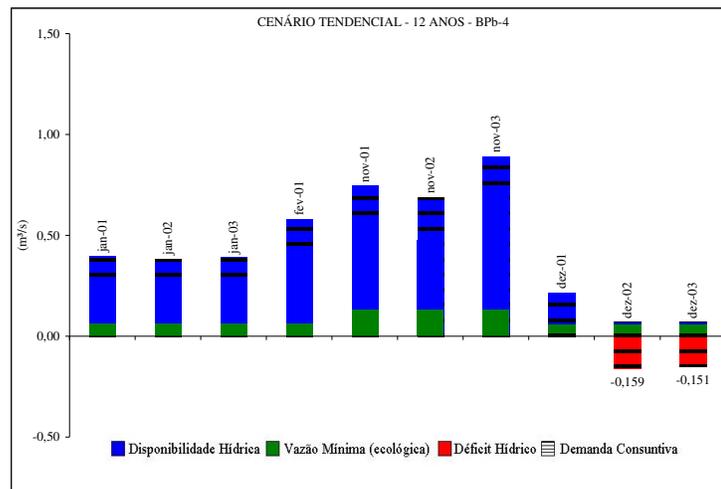


FIGURA A10.24: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Plumbs (BPb-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

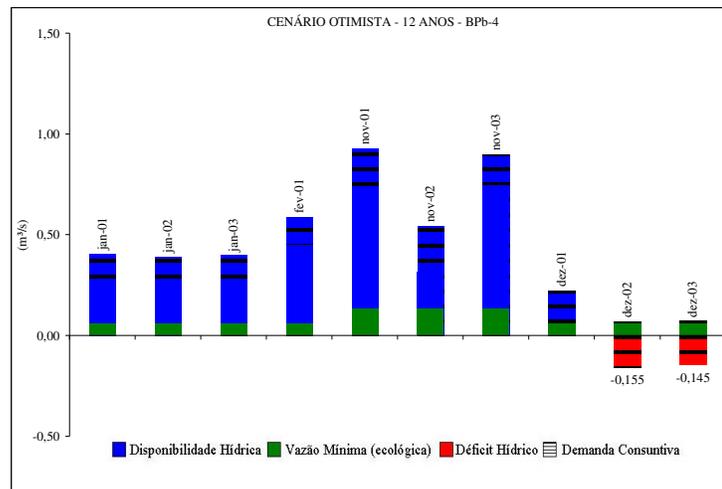


FIGURA A10.25: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Plumbs (BPb-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

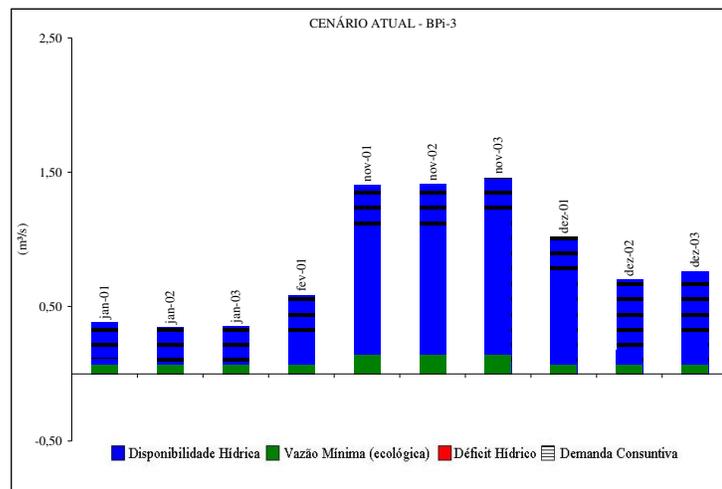


FIGURA A10.26: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardinho (BPi-3) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

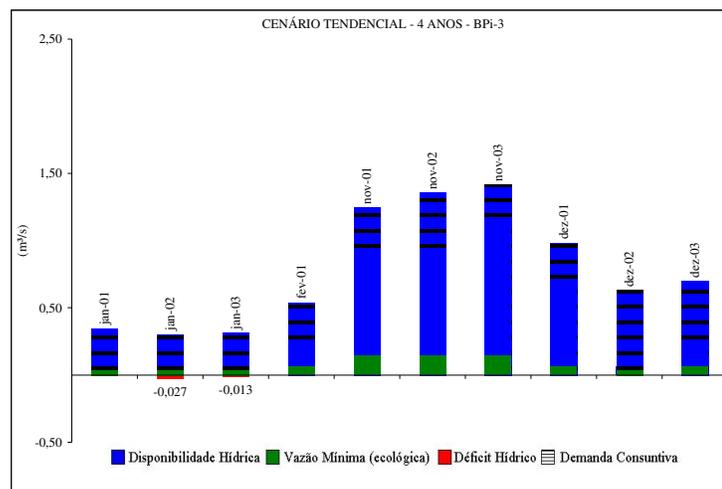


FIGURA A10.27: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardinho (BPi-3) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

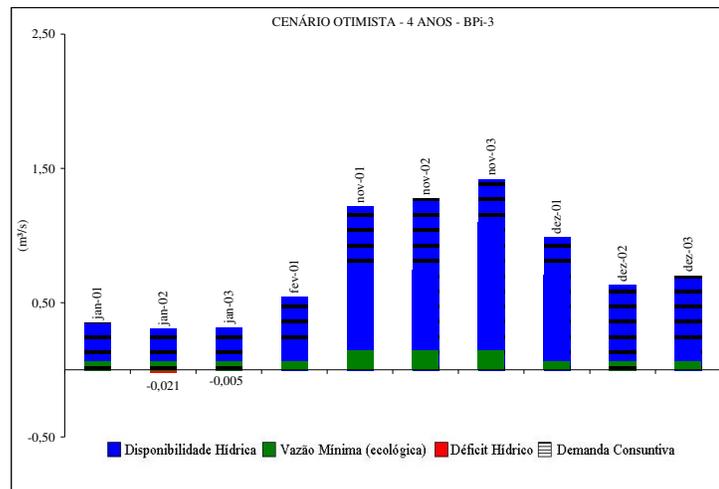


FIGURA A10.28: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardiniho (BPI-3) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

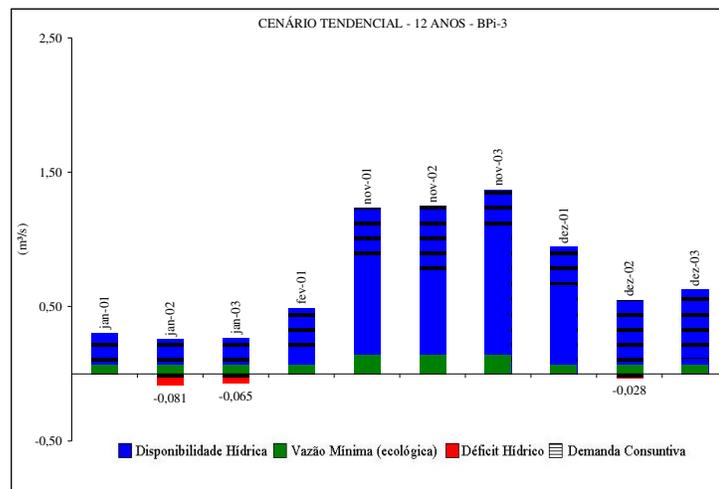


FIGURA A10.29: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardiniho (BPI-3) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

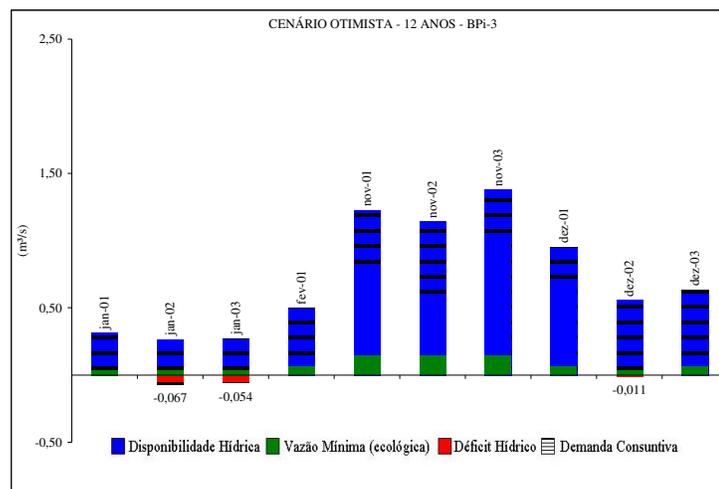


FIGURA A10.30: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardiniho (BPI-3) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

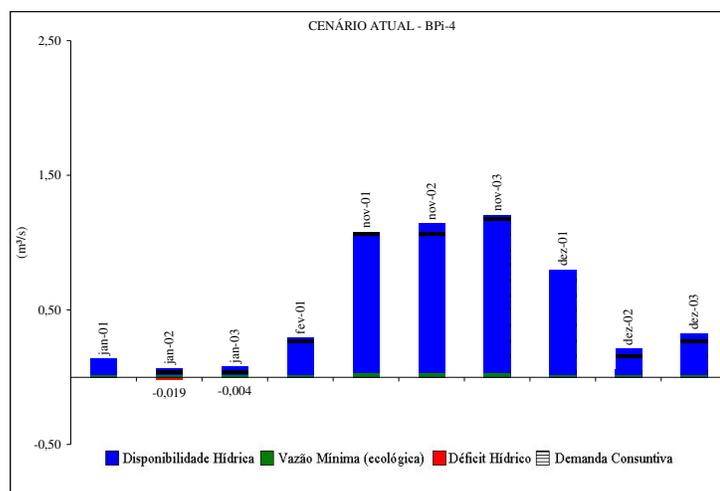


FIGURA A10.31: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardinho (BPI-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

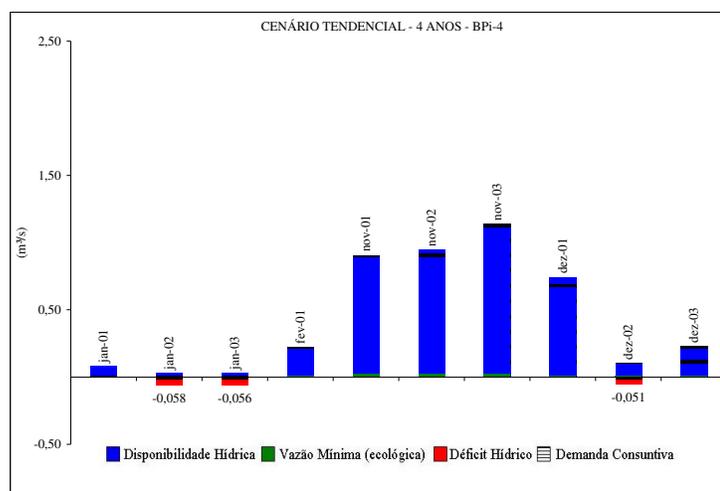


FIGURA A10.32: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardinho (BPI-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

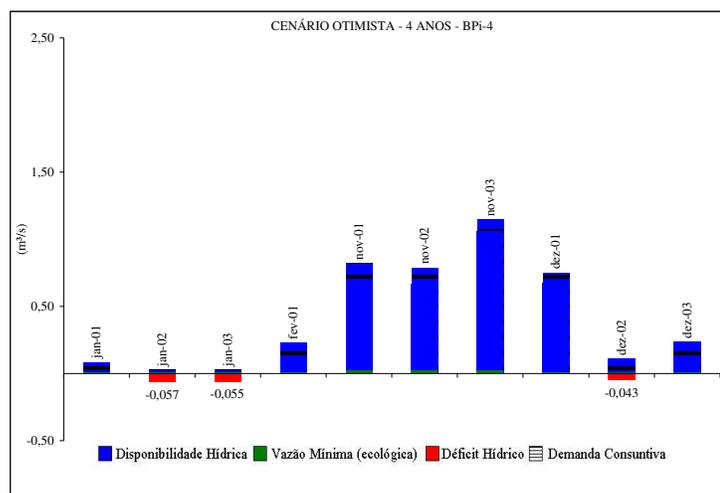


FIGURA A10.33: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardinho (BPI-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

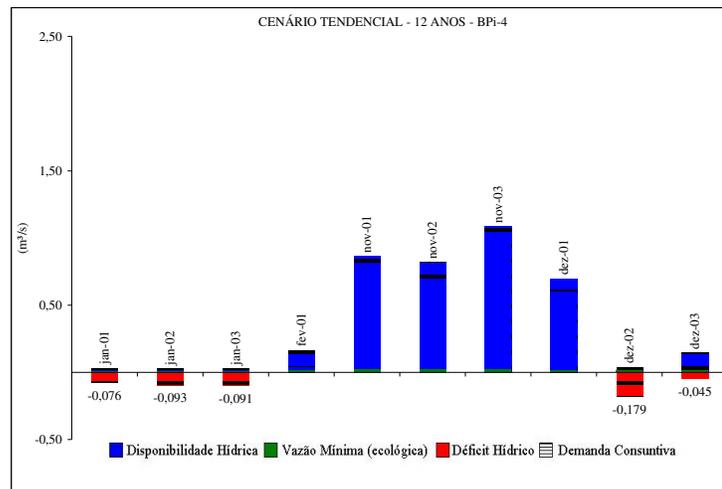


FIGURA A10.34: Balanço Hídrico Decenal no Baixo Pardini (BPI-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

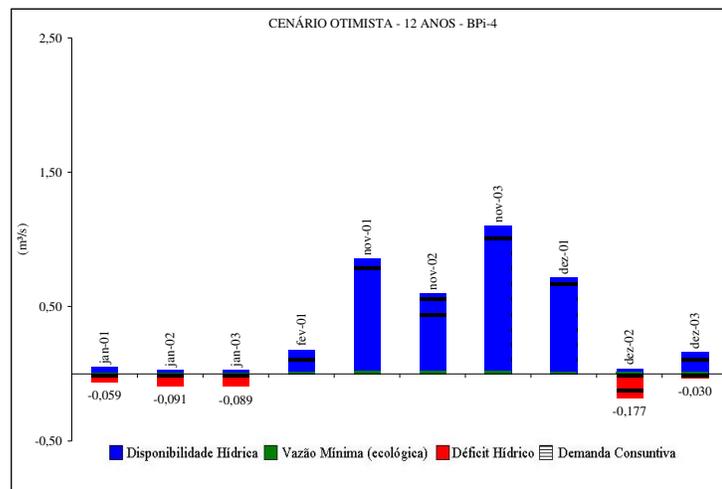


FIGURA A10.35: Balanço Hídrico Decenal no Baixo Pardini (BPI-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

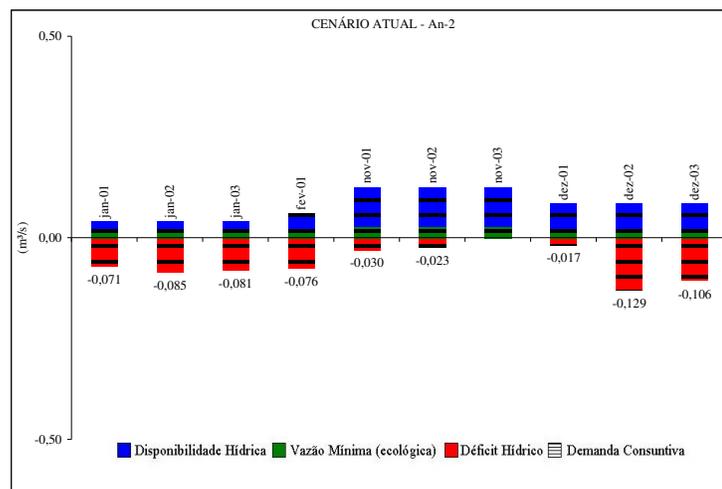


FIGURA A10.36: Balanço Hídrico Decenal no Arroio Andréas (An-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

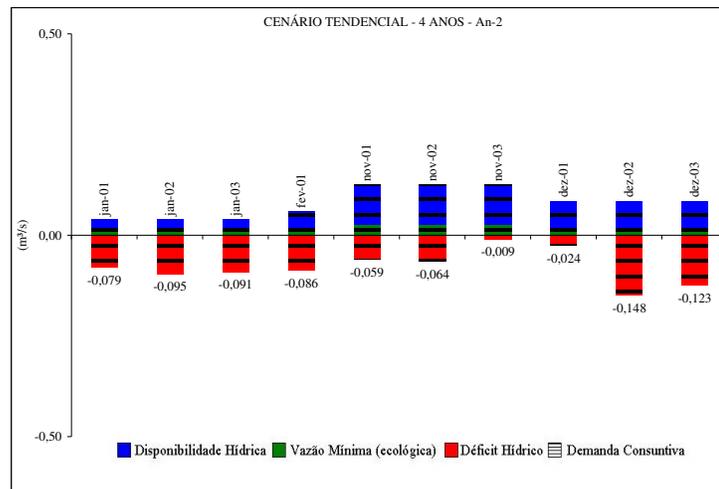


FIGURA A10.37: Balanço Hídrico Decendial no Arroio Andréas (An-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

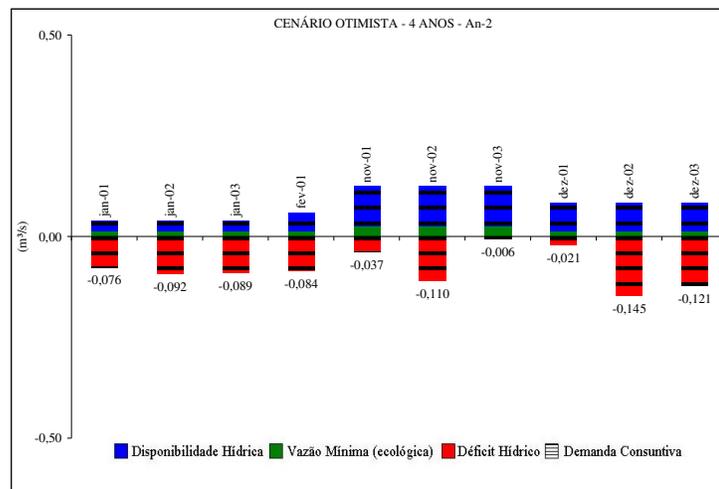


FIGURA A10.38: Balanço Hídrico Decendial no Arroio Andréas (An-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

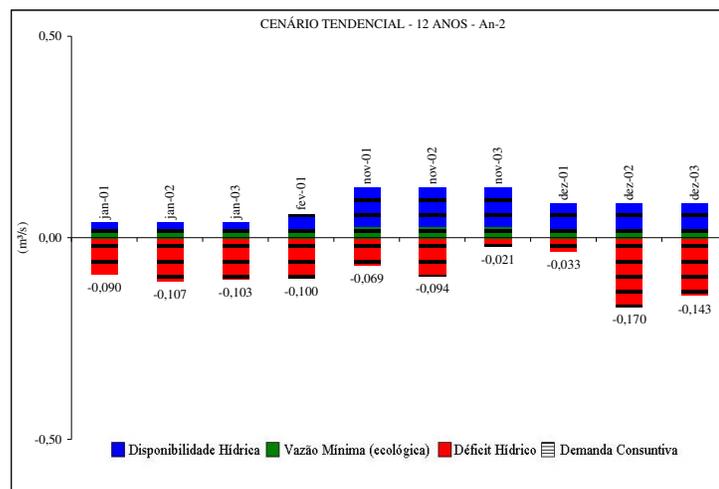


FIGURA A10.39: Balanço Hídrico Decendial no Arroio Andréas (An-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

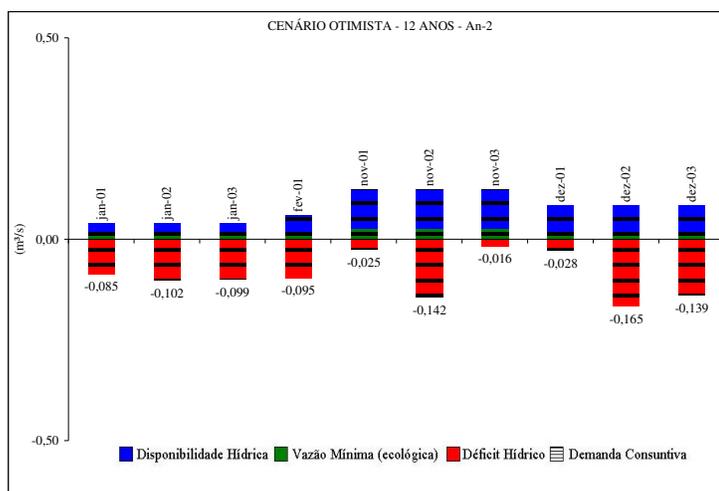


FIGURA A10.40: Balanço Hídrico Decendial no Arroio Andréas (An-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

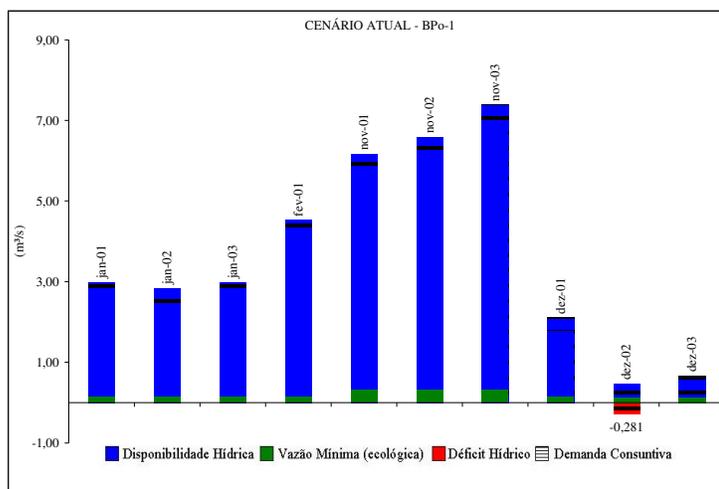


FIGURA A10.41: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPo-1) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

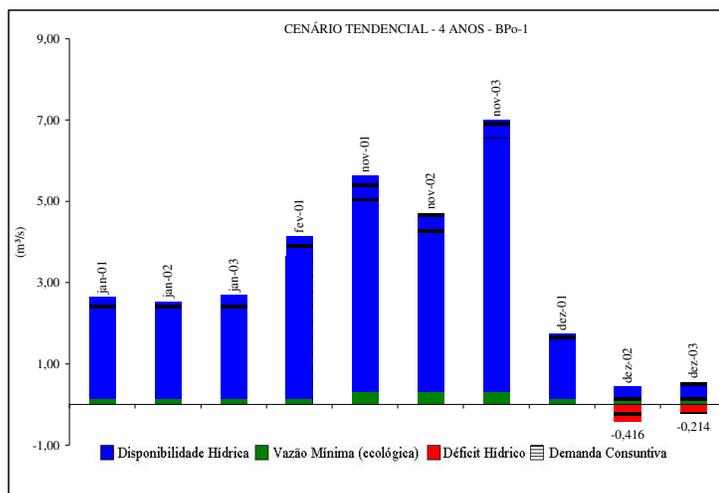


FIGURA A10.42: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPo-1) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

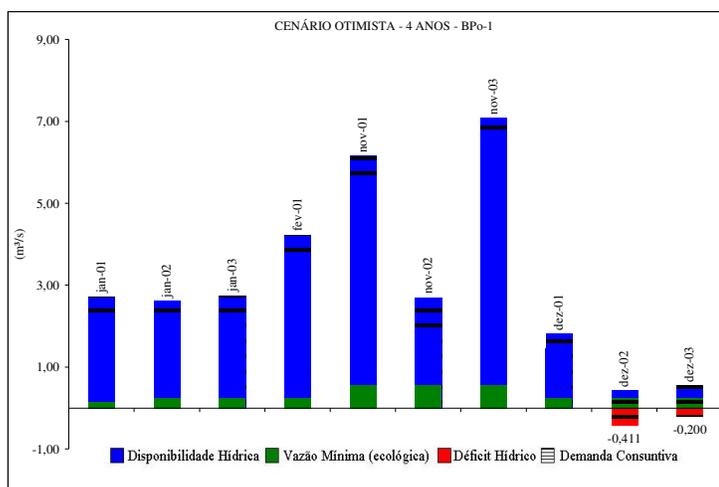


FIGURA A10.43: Balanço Hídrico Decenal no Baixo Pardo (BPO-1) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

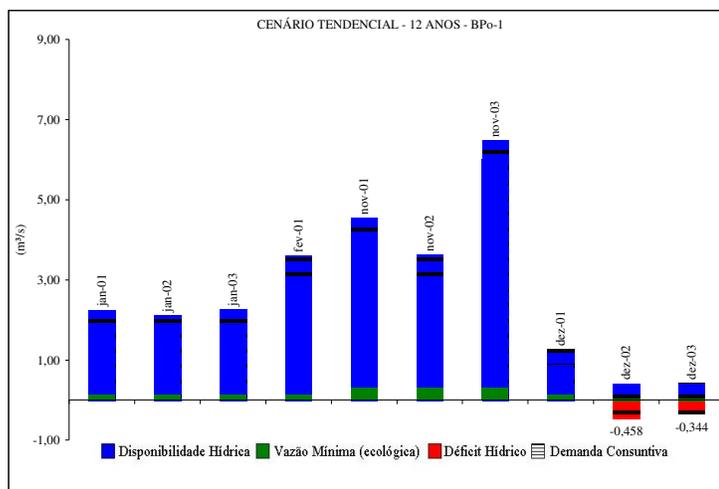


FIGURA A10.44: Balanço Hídrico Decenal no Baixo Pardo (BPO-1) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

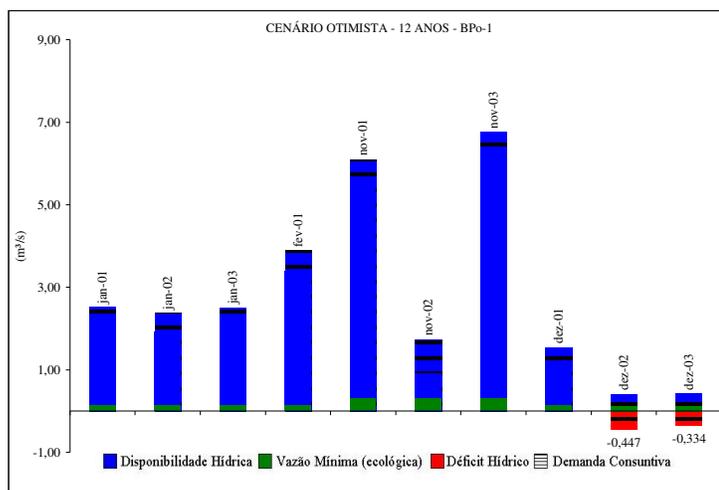


FIGURA A10.45: Balanço Hídrico Decenal no Baixo Pardo (BPO-1) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

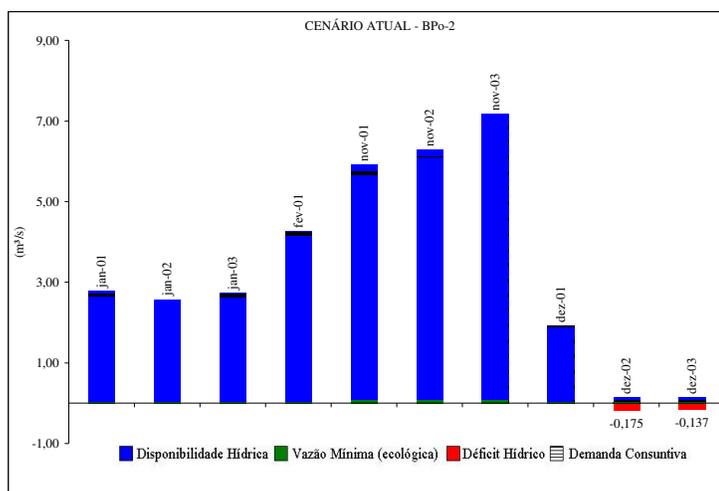


FIGURA A10.46: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPo-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

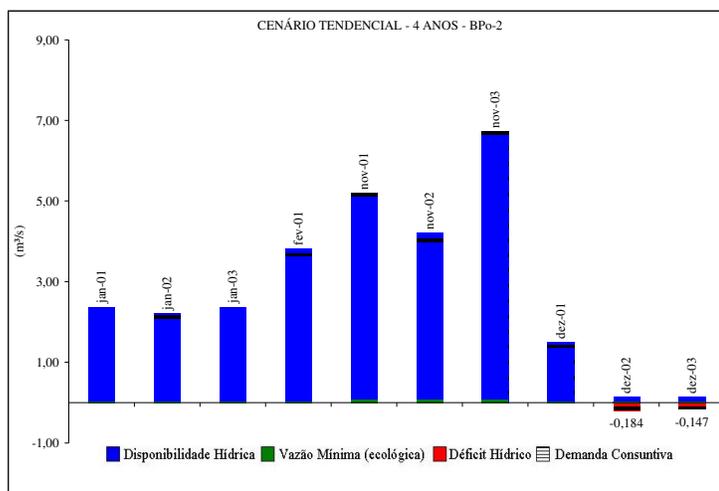


FIGURA A10.47: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPo-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

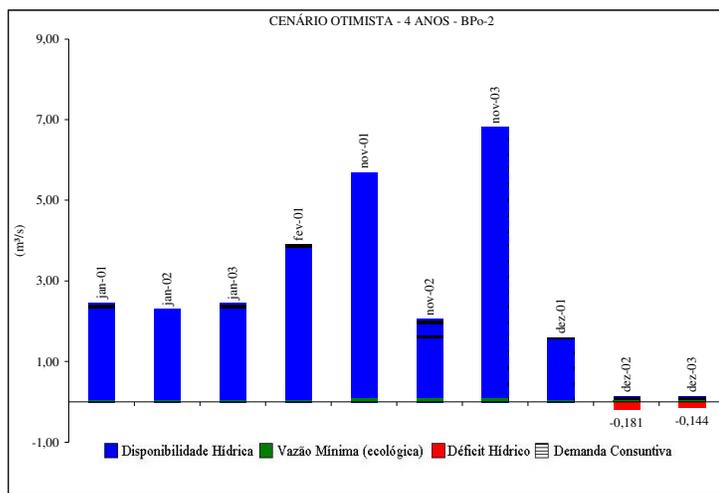


FIGURA A10.48: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPo-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

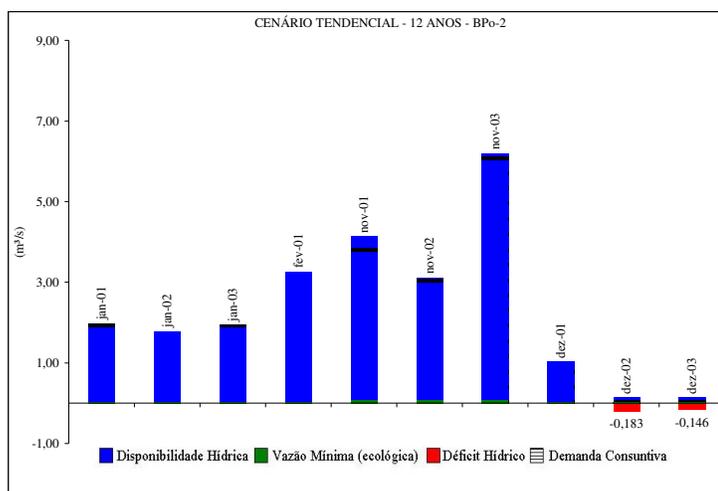


FIGURA A10.49: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPo-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

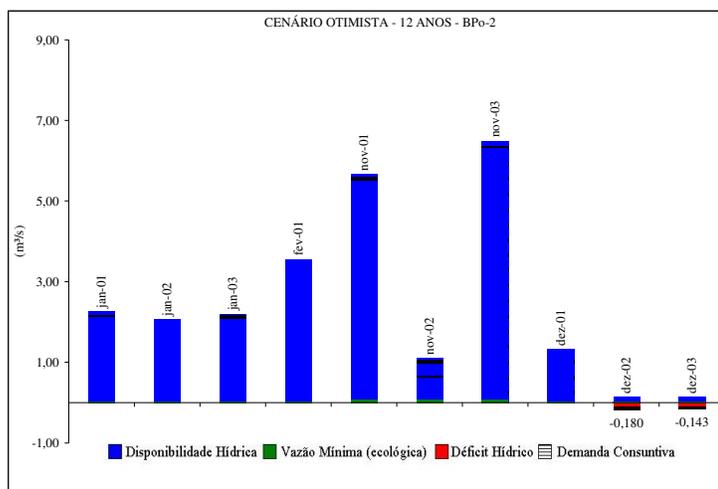


FIGURA A10.50: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPo-2) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

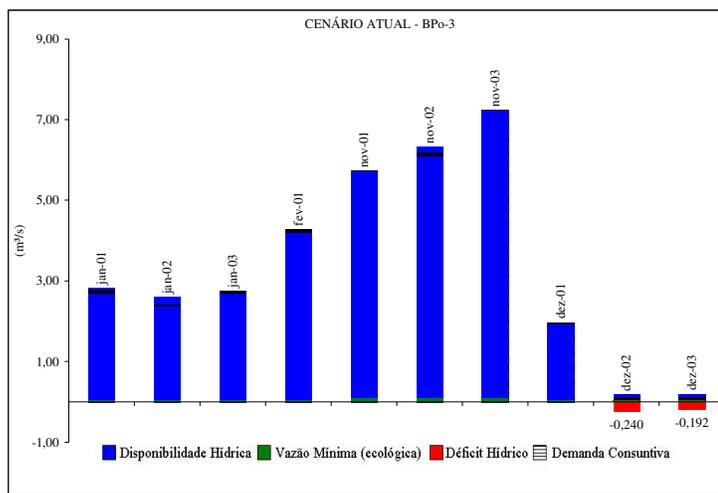


FIGURA A10.51: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPo-3) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

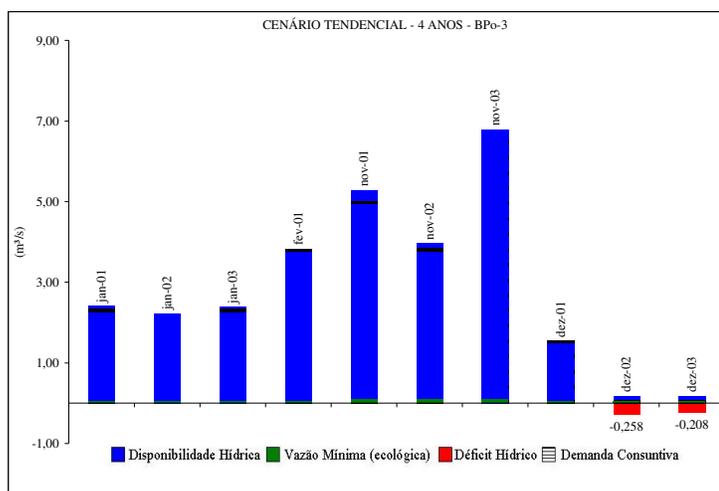


FIGURA A10.52: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPO-3) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

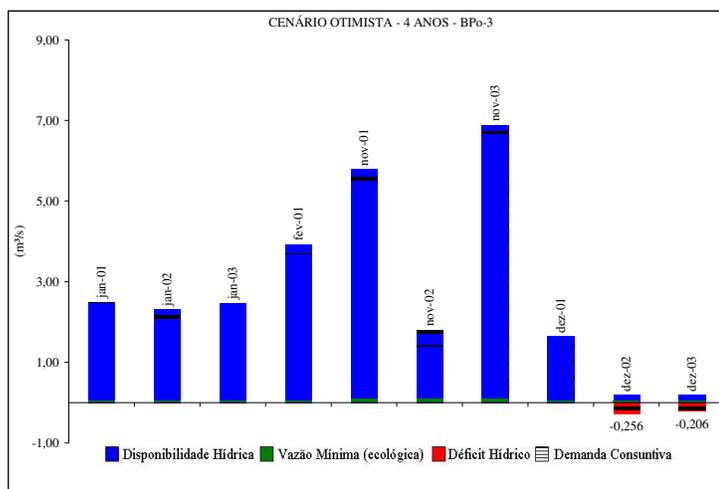


FIGURA A10.53: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPO-3) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

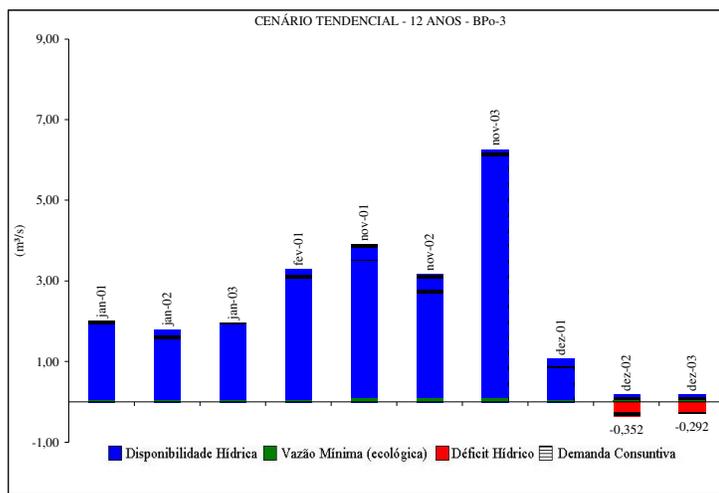


FIGURA A10.54: Balanço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPO-3) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

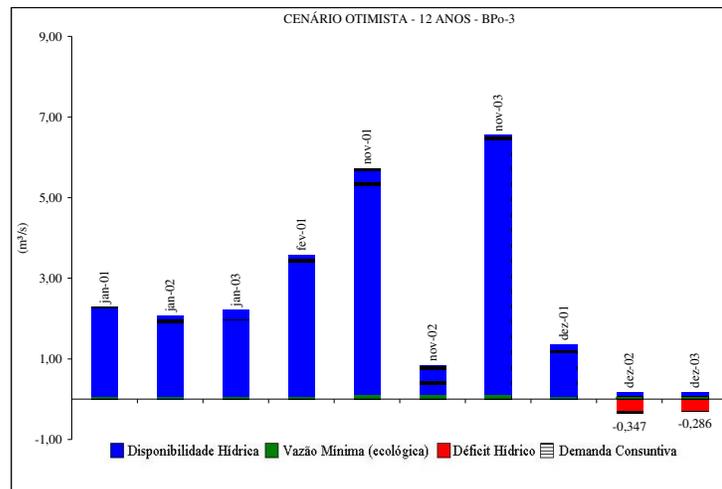


FIGURA A10.55: Balço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPO-3) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos

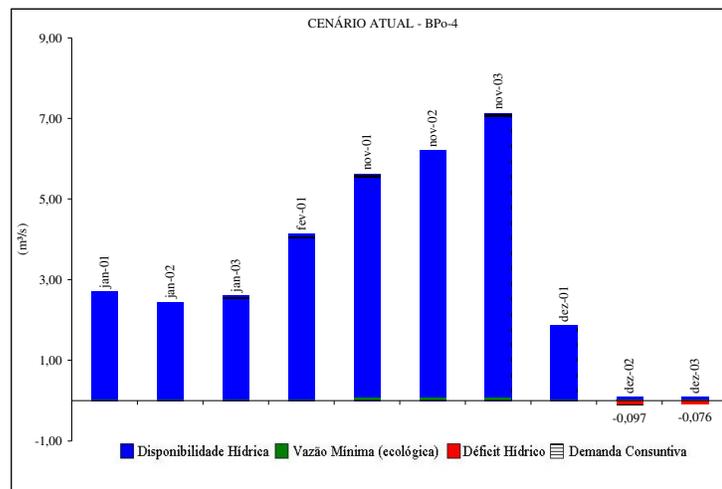


FIGURA A10.56: Balço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPO-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Atual

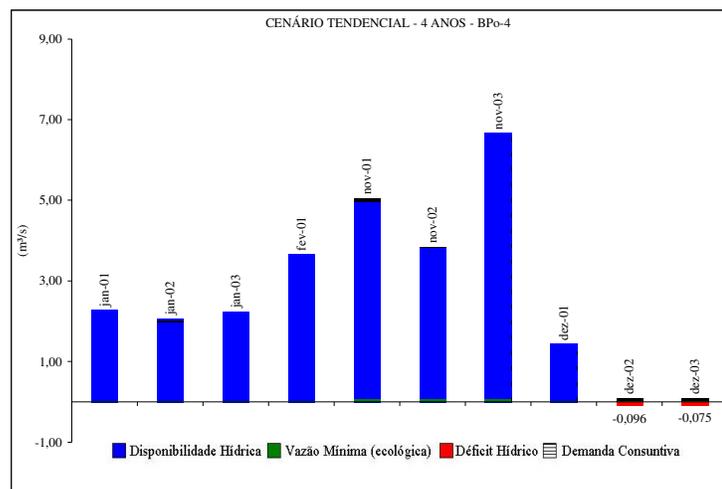


FIGURA A10.57: Balço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPO-4) no Período de Irrigação de Arroz – Cenário Tendencial – 4 Anos

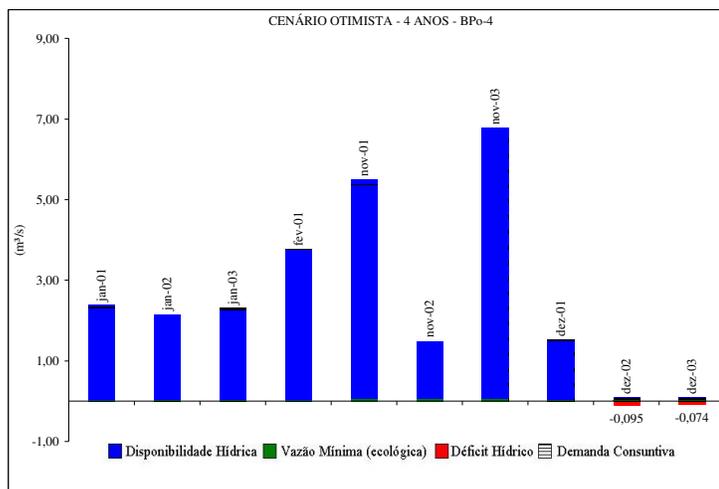


FIGURA A10.58: Balço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPO-4) no Período de Irrigaço de Arroz – Cenário Otimista – 4 Anos

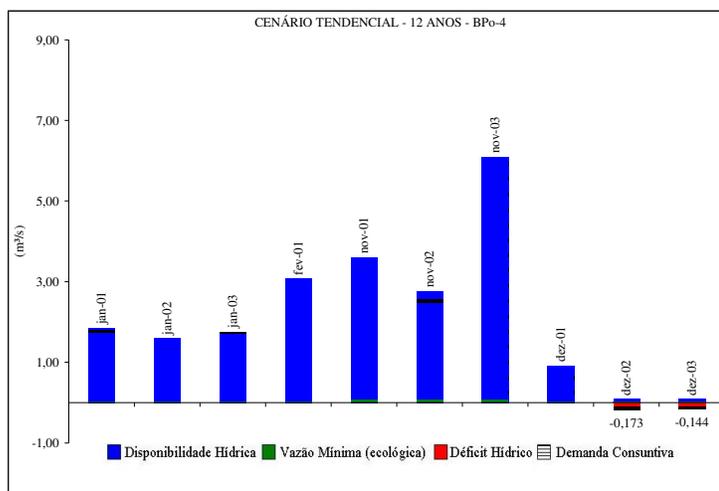


FIGURA A10.59: Balço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPO-4) no Período de Irrigaço de Arroz – Cenário Tendencial – 12 Anos

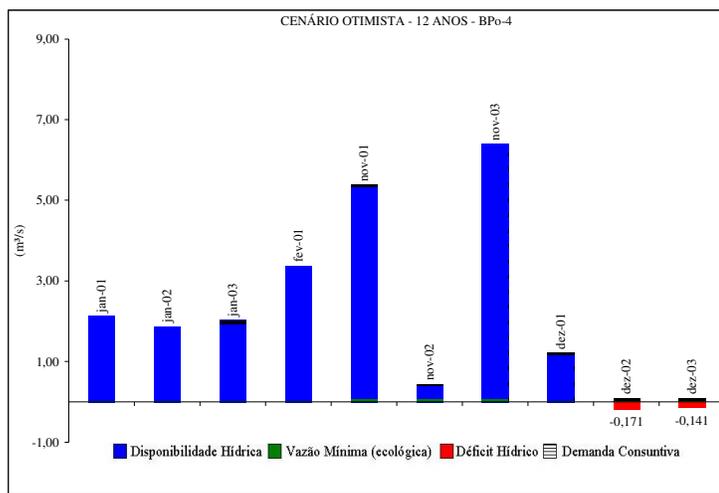


FIGURA A10.60: Balço Hídrico Decendial no Baixo Pardo (BPO-4) no Período de Irrigaço de Arroz – Cenário Otimista – 12 Anos