

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**SUBSÍDIOS À DETERMINAÇÃO DE VAZÕES
AMBIENTAIS EM CURSOS D'ÁGUA NÃO REGULADOS:
O CASO DO RIBEIRÃO PIPIRIPAU (DF/GO)**

DEISE MARIA DE OLIVEIRA GALVÃO

ORIENTADOR: HENRIQUE MARINHO LEITE CHAVES, PhD

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM – 096/08

BRASÍLIA/DF: MARÇO – 2008

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**“SUBSÍDIOS À DETERMINAÇÃO DE VAZÕES AMBIENTAIS
EM CURSOS D’ÁGUA NÃO REGULADOS: O CASO DO RIBEIRÃO
PIPIRIPAU (DF/GO)”**

DEISE MARIA DE OLIVEIRA GALVÃO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS.**

APROVADA POR:

**Prof. Henrique Marinho Leite Chaves, PhD (EFL – UnB)
(Orientador)**

**Adriana Cristina Marinho Fernandes, Dra. (UCB)
(Examinador Externo)**

**Luciano Meneses Cardoso da Silva, Dr. (ANA)
(Examinador Externo)**

**Reuber Albuquerque Brandão, Dr. (EFL – UnB)
(Suplente)**

Brasília/DF, 03 março de 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

GALVÃO, DEISE MARIA DE OLIVEIRA

Subsídios à Determinação de Vazões Ambientais em Cursos D'água Não Regulados: o Caso do Ribeirão Pípiripau (DF/GO) [Distrito Federal]

xxxi, 219p., 218 x 297 mm (EFL/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia)

Departamento de Engenharia Florestal.

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Vazões ambientais | 2. Vazões mínimas |
| 3. Outorga de recursos hídricos | 4. Ribeirão Pípiripau |
| 5. Conflito do uso de água | 6. Manejo de bacias hidrográficas |
| I. EFL/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Galvão, D. M. de O. (2008). Subsídios à Determinação de Vazões Ambientais em Cursos D'água Não Regulados: o Caso do Ribeirão Pípiripau (DF/GO). Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Publicação PPGEFL.DM-096/08. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Brasília. DF. 219p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Deise Maria de Oliveira Galvão.

TÍTULO: Subsídios à Determinação de Vazões Ambientais em Cursos D'água Não Regulados: o Caso do Ribeirão Pípiripau (DF/GO).

GRAU: Mestre

ANO: 2008

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Deise Maria de Oliveira Galvão

dz.oliveira@yahoo.com.br

SHIN QL 05 Conj. 02 Casa 18.

CEP: 71505-725, Brasília-DF – Brasil.

AGRADECIMENTOS

Sou profundamente grata a todos aqueles que auxiliaram para que esse projeto fosse possível, em especial ao meu orientador Henrique Chaves pela dedicação, à minha família nas pessoas de Tássia Carvalho, Denise Oliveira, Érica Oliveira e Gabriel de Oliveira Sá, pela extensiva colaboração e à Andréia Bastos, Adriana Bastos, Maria Cristina Bastos, Isabela Mattos e Felipe Pontes, amigos de todas as horas. À turma de Manejo de Bacias Hidrográficas da Pós-Graduação em Ciências Florestais (1/2007) pelo material da aplicação do Protocolo de Avaliação SVAP à Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau cedido para este trabalho e ao Geólogo Admir Ferreira pela ida a campo. Ao coordenador da Pós-Graduação, professor Ailton Teixeira do Vale e a secretária Alcione Martins pela atenção e colaboração. À CAESB pelas informações fornecidas, e à Capes pela bolsa de auxílio à pesquisa.

Contamos também, com a importante colaboração de técnicos de diversos ramos do conhecimento, participantes dos dois Painéis de Especialistas realizados ao longo do trabalho, para a aplicação do método proposto, e colaborações adicionais via comunicações pessoais.

Agradecemos aos participantes dos painéis:

À Senhora Adriana Cristina Marinho Fernandes do Depto. de Ecologia Universidade de Brasília, Bióloga, graduada na Universidade Federal de Sergipe, Mestre e Doutora em Ecologia pela Universidade de Brasília. Neste período desenvolveu trabalhos com organismos bentônicos de ambientes marinhos, estuarinos e continentais. Atualmente desenvolve projetos em Integridade Biológica para recuperação dos ecossistemas aquáticos.

Ao Senhor Glauco Kimura Freitas, Biólogo da *The Nature Conservancy* Brasil – TNC, Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo - Ribeirão Preto (1995) e Mestre em Ecologia pela Universidade de São Paulo (1999), São Paulo. Atualmente é Gerente do Programa "Aliança dos Grandes Rios" – TNC. Tem experiência na área de Biologia Geral, com ênfase em

Biologia da Conservação, atuando principalmente nos seguintes temas: manejo e controle de espécies invasoras, Cerrado, Pantanal, regimes hidrológicos naturais em rios e conservação de ecossistemas aquáticos.

Ao Senhor Luciano Meneses Cardoso da Silva, Engenheiro Civil pela Universidade Católica do Salvador (1995), Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH (1997), Especialização em Saneamento Ecológico pela Universidade de *Linköpings* - Suécia (2000) e Doutor em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Brasília - Centro de Desenvolvimento Sustentável (2002). É Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas - ANA e Gerente de Outorga da Superintendência de Outorga e Fiscalização da ANA. Tem atuado em planejamento e gestão de recursos hídricos, outorga de direito de uso de recursos hídricos e hidrologia.

Ao Senhor Lúcio Taveira Valadão, Engenheiro Agrônomo, extensionista rural, M.Sc. em Irrigação e Drenagem, atua na EMATER-DF, unidade local do Jardim. Desenvolve trabalhos relacionados à área de irrigação e recursos hídricos.

À Senhora Suzana Maria Fernandes Alípaz, Coordenação de Meio Ambiente CAESB, Engenheira Florestal e funcionária da CAESB desde 1998.

Agradecemos pelas comunicações pessoais:

Ao Professor Reuber A. Brandão do Depto. Engenharia Florestal Universidade de Brasília – UnB, Bacharel em Biologia pela Universidade de Brasília (1995) e Doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília (2002). Tem experiência na área de Ecologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Conservação, ecologia e taxonomia da herpetofauna do Cerrado; fragmentação de habitats, inventários e unidades de conservação.

Ao senhor Mario Lambert, Doutor em Zoologia pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (UNESP, Rio Claro, SP). Mestre em Biologia de água Doce e Pesca de Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA,

Manaus, AM). Graduação Ciências Biológicas bacharel em Biologia Marinha, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pesquisador titular Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Gerente de Recursos Naturais na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. Professor da União Pioneira de Integração Social – UPIS. Área de concentração de pesquisa: ecologia, análise de impactos ambientais, conservação e uso sustentável da biodiversidade aquática. Área de concentração acadêmica; biogeografia e estatística aplicada à análise ambiental. Prêmio Rodolpho von Ihering (melhor tese de Zoologia do Brasil, 1983).

DEDICO

**Aos meus pais,
José Paula de Oliveira Sobrinho,
Agostinha Nunes de Oliveira.**

**E aos meus filhos,
Lucas Oliveira de Carvalho Galvão,
André Oliveira de Carvalho Galvão.**

Pela alegria no aprendizado que é viver.

RESUMO

SUBSÍDIOS À DETERMINAÇÃO DE VAZÕES AMBIENTAIS EM CURSOS D'ÁGUA NÃO REGULADOS: O CASO DO RIBEIRÃO PIPIRIPAU (DF/GO)

Autor: Deise Maria de Oliveira Galvão

Orientador: Henrique Marinho Leite Chaves

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, março de 2008

Bacias hidrográficas com elevado desenvolvimento urbano e agrícola, como nos planaltos do Brasil Central, as altas taxas de extração de água dos rios podem levar a impactos ambientais e sociais, particularmente durante períodos de estiagem. Embora a legislação brasileira estabeleça a vazão mínima em rios, elas são freqüentemente subestimadas, e, portanto, incapazes de manter os serviços dos ecossistemas e outros valores dos cursos d'água. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um método adequado para o estabelecimento de vazões ambientais e regras de gestão para rios não regulados, e aplicá-la a uma bacia hidrográfica no Distrito Federal. O método proposto foi uma modificação da Metodologia australiana *Macro Water Sharing Plans – MWSP* (NSW, 2006, Harris *et al.*, 2006) do Governo de *New South Wales* – Austrália. Assim, o Potencial de Vazão Ambiental (PVA) para uma unidade de manejo (rio, trecho de rio, etc.) possui três níveis (baixo, médio e alto) e foi definido como sendo o produto de três indicadores: i) o Estresse Hidrológico (Eh); ii) o Valor Ecológico e Cultural (Vec); e iii) a Dependência Econômica (De). Cada indicador possui também, por sua vez, três níveis (baixo, médio e alto correspondendo aos valores 1, 2 e 3), e são calculados através de diferentes parâmetros. Quanto maior o valor do PVA, maiores são as restrições de acesso a água (outorgas existentes e futuras), e maior a necessidade de mecanismos de compensação para otimização do uso da água. Dois painéis com especialistas foram realizados para o cálculo dos indicadores, e o PVA obtido foi médio, indicando um aumento de 25% das vazões de restrição no Ribeirão Pípiripau dentre outras medidas mitigadoras sugeridas. Os resultados deste trabalho mostram que o método é útil no estabelecimento de vazões ambientais preliminares em áreas sensíveis, e também como ferramenta para gestores de recursos hídricos, agências de água, e comitês de bacias hidrográficas.

ABSTRACT

A TOOL FOR ESTABLISHING ENVIRONMENTAL FLOWS AND ACCESS RULES IN UNREGULATED RIVERS: PIPIRIPAU RIVER

Author: Deise Maria de Oliveira Galvão

Supervisor: Henrique Marinho Leite Chaves

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, march of 2008.

In river basins with strong urban and agricultural development, such as the highlands of Central Brazil, high water demands and extraction rates can lead to unwanted environmental and social impacts, particularly during low flow periods. Although the Brazilian legislation has provisions for the establishment of minimum flows in rivers, they are often underestimated, and therefore unable to provide the necessary ecosystem services and other instream values. The objective of this work was develop a suitable methodology for the establishment of environmental flows and water management rules for unregulated rivers, and apply it to a river in the Federal District. The method chosen was a modified version of New South Wales' (Australia) Macro Water Sharing Plans – MWSP (NSW, 2006; Harris *et al.*, 2006). The modification was required because the Brazilian legislation does not allow for water trading, and because some of the indicator data are not available. Therefore, an environmental flow potential (PVA) for a given management unit (river, reach, etc.) was defined as the product of 3 indicators: i) the hydrologic risk (Eh); ii) the instream value (Vec); iii) the economic dependence (De). Each indicator has 3 levels (low, medium, and high, corresponding to the scores 1, 2 e 3), and a number of different parameters. The environmental flow potencial (PVA) is divided into 3 classes (low, medium, and high), based on the scores of the indicador product. The higher the value of PVA, the higher the restrictions to access to water (existing and future licenses), and the higher the need for compensation mechanisms for optimizing water-use. We illustrate usefulness of the method by discussing its application to Pipiripau river. Two expert panels were asked to calculate the indicators, and the final score of (PVA) has medium, requiring the minimum flow in the river to be increased by 25%. Results of this work show that the method is useful in establishing preliminary environmental flows in sensitive areas, and as a tool for water planners, water licensing agencies, and river basin committees.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS.....	5
2.1 – OBJETIVO GERAL.....	5
2.2 – NATUREZA DO PROBLEMA.....	5
3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1 – PANORAMA DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	6
3.1.1 – Situação da água no mundo.....	8
3.1.2 – Situação da água no Brasil.....	10
3.1.3 – Situação da água no Distrito Federal	11
3.2 – DEFINIÇÕES DE VAZÕES MÍNIMAS	12
3.2.1 – Vazão Mínima.....	14
3.2.2 – Vazão Mínima Garantida	14
3.2.3 – Vazão Ecológica	15
3.2.4 – Vazão Mínima Ecológica.....	15
3.2.5 – Vazão de Restrição	15
3.2.6 – Vazão de Referência	15
3.2.7 – Vazão Ambiental.....	16
3.3 – MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE VAZÕES AMBIENTAIS	16
3.3.1 – Métodos Hidrológicos.....	18
3.3.1.1 – Vazão Mínima de Referência – $Q_{7,10}$	19
3.3.1.2 – Vazão Mínima de Permanência – $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$	20
3.3.1.3 – Método de Tennant ou Montana	21
3.3.2 – Métodos Hidráulicos	23
3.3.2.1 – Método do Perímetro Molhado	23
3.3.3 – Métodos de Classificação de Hábitats	24
3.3.3.1 – Método de Idaho	25
3.3.4 – Métodos Holísticos	25
3.3.4.1 – <i>Building Block Methodology</i> – <i>BBM</i>	26
3.4 – ESTRUTURAS PARA DETERMINAÇÃO DE VAZÕES AMBIENTAIS	27
3.4.1 – <i>In-stream Flow Incremental Methodology</i> – <i>IFIM</i>	28

3.4.2 – <i>Downstream Response to Imposed Flow Transformation – DRIFT</i>	28
3.4.3 – <i>Catchment Abstraction Management Strategies – CAMS</i> ..	29
3.5 – <i>MACRO WATER SHARING PLANS – MWSP (NSW, 2006)</i>	30
3.6 – APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE DETERMINAÇÃO DE VAZÕES AMBIENTAIS NO BRASIL	34
3.6.1 – Aplicação de metodologias no Brasil	34
3.6.2 – Aplicação de metodologias no Distrito Federal	36
3.7 – LEGISLAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	38
3.7.1 – Legislação Federal	39
3.7.1.1 – Instrumentos de Gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos	41
3.7.2 – Legislação Estadual	46
3.7.3 – Legislação Distrital	48
3.7.4 – Políticas de Recursos Hídricos e Legislação em outros países	51
3.7.4.1 – África do Sul	51
3.7.4.2 – Austrália	52
3.7.4.3 – Estados Unidos	53
4 – METODOLOGIA	55
4.1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	57
4.2 – DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO	57
4.3 – APLICAÇÃO DO MÉTODO AO RIBEIRÃO PIPIRIPAU	59
4.4 – CONCEITOS QUE NORTEARAM O DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE VAZÕES AMBIENTAIS EM RIOS NÃO REGULADOS	60
4.4.1 – Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997	60
4.4.2 – Princípio de Rutherford <i>et al.</i> (2000)	61
4.4.3 – Manejo Adaptativo	61
4.4.4 – Princípio da Precaução	62
4.5 – MÉTODO POTENCIAL DE VAZÃO AMBIENTAL – PVA	63
4.5.1 – Estresse Hidrológico – Eh	64
4.5.1.1 – Razão de Uso dos Recursos Hídricos	65

4.5.1.2 – Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas	67
4.5.2 – Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada	74
4.5.2.1 – Sensibilidade à Redução da Vazão.....	77
4.5.2.2 – Integridade do Meio Físico	80
4.5.2.3 – Diversidade	85
4.5.2.4 – Raridade.....	90
4.5.2.5 – Características Especiais	94
4.5.2.6 – Valores Não-Extraíveis.....	95
4.5.3 – Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada (SVAP e parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d’água).....	99
4.5.4 – Dependência Econômica – De	103
4.5.4.1 – Valor Econômico da Extração dos Recursos Hídricos	104
4.5.4.2 – Potencial de Gestão da Demanda dos Recursos Hídricos..	107
4.5.5 – Valor do Potencial de Vazão Ambiental – PVA	113
5 – ESTUDO DE CASO	116
5.1 – CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PIPIRIPAU	118
5.1.1 – Clima	119
5.1.2 – Hidrografia	120
5.1.3 – População	121
5.1.4 – Legislação e Outorga dos Recursos Hídricos.....	123
5.1.5 – Conflitos pelo uso da água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau.....	126
5.2 – APLICAÇÃO DO POTENCIAL DE VAZÃO AMBIENTAL – PVA À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PIPIRIPAU	129
5.2.1 – Estresse Hidrológico – Eh	129
5.2.1.1 – Razão de uso dos Recursos Hídricos	130
5.2.1.2 – Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas.....	132
5.2.2 – Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada	136
5.2.2.1 – Sensibilidade à Redução da Vazão.....	138

5.2.2.2 – Integridade do Meio Físico	139
5.2.2.3 – Diversidade	145
5.2.2.4 – Raridade.....	151
5.2.2.5 – Características Especiais	156
5.2.2.6 – Valores Não Extraíveis	159
5.2.3 – Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada (SVAP e parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d’água).....	162
5.2.4 – Dependência Econômica – De	166
5.2.4.1 – Valor Econômico da Extração dos Recursos Hídricos	166
5.2.4.2 – Potencial de Gestão da Demanda dos Recursos Hídricos..	170
5.2.5 – Valor Final para o Potencial de Vazão Ambiental – PVA ..	176
5.2.5.1 – Valor Final para o PVA segundo o Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada.....	176
5.2.5.2 – Valor Final para o PVA segundo o Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada (SVAP e parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d’água).....	179
6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	181
6.1 – CONCLUSÕES	181
6.2 – RECOMENDAÇÕES.....	186
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	188
APÊNDICES	200
A – ESTRESSE HIDROLÓGICO – Eh.....	201
B – VALOR ECOLÓGICO E CULTURAL – Vec.....	204
C – DEPENDÊNCIA ECONÔMICA – De	218

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Recomendações de vazão mínima garantida a partir de categorias de percentagem de vazão média anual do método de Montana (Tennant, 1976).....	22
Tabela 3.2 – Categorias ambientais utilizadas na abordagem CAMS de acordo com a sensibilidade à extração e a percentagem da $Q_{95\%}$ que pode ser extraída do corpo d'água (Dyson <i>et al</i> , 2003).	30
Tabela 3.3 Listagem de estudos relacionados à determinação de vazões ambientais no Brasil (modificado de Sarmiento, 2007).....	35
Tabela 3.4 – Critérios de vazão de referência, vazões outorgáveis e vazões mínimas nos estados brasileiros e no Distrito Federal.....	48
Tabela 3.5 – Vazões outorgáveis, critérios de vazão de referência e os usos da água para o Distrito Federal de acordo com a Resolução ADASA nº 350/2006	50
Tabela 4.1 – Especialidades dos participantes dos painéis relacionadas aos indicadores avaliados para a determinação do PVA.....	60
Tabela 4.2 – Variação do parâmetro de Razão de Uso dos Recursos Hídricos... 66	
Tabela 4.3 – Classificação dos corpos de água com relação à vazão de retirada e à vazão média ofertada (PNRH, 2006)	66
Tabela 4.4 – Variação do subparâmetro Variabilidade da Série Histórica de Vazões	68
Tabela 4.5 – Variação do subparâmetro Não-Estacionariedade da Série Histórica de Vazões	70
Tabela 4.6 – Combinação dos subparâmetros de Variabilidade e Não-Estacionariedade da Série Histórica de Vazões	71
Tabela 4.7 – Variação do Nível e Escore para o parâmetro de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas	71
Tabela 4.8 – Combinação dos parâmetros de Razão de Uso dos Recursos Hídricos e Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas.....	72
Tabela 4.9 – Variação do Nível, Escore e Valor Final para o indicador Estresse Hidrológico – Eh.....	72
Tabela 4.10 – Síntese das Tabelas parciais para o cálculo final do indicador Estresse Hidrológico – Eh.....	73

Tabela 4.11 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Sensibilidade à Redução da Vazão, que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada.....	77
Tabela 4.12 – Variação do subparâmetro Gradiente no Trecho na unidade de manejo avaliada	78
Tabela 4.13 – Variação do subparâmetro Razão Largura/Profundidade na unidade de manejo avaliada	80
Tabela 4.14 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Integridade do Meio Físico, que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada	81
Tabela 4.15 – Variação do subparâmetro Qualidade da Água na unidade de manejo avaliada	82
Tabela 4.16 – Variação do subparâmetro Presença de Barreiras Artificiais na unidade de manejo avaliada	84
Tabela 4.17 – Variação do subparâmetro Integridade da Vegetação Ripária na unidade de manejo avaliada	85
Tabela 4.18 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Diversidade, que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada, e o Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada	87
Tabela 4.19 – Variação do subparâmetro Diversidade da Ictiofauna na unidade de manejo avaliada	88
Tabela 4.20 – Variação do subparâmetro Diversidade dos Macroinvertebrados na unidade de manejo avaliada	89
Tabela 4.21 – Variação do subparâmetro Diversidade da Fauna Ripária na unidade de manejo avaliada	90
Tabela 4.22 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Raridade, que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada e o Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada	92
Tabela 4.23 – Variação do subparâmetro Presença de Espécies Ameaçadas de Fauna na unidade de manejo avaliada	92
Tabela 4.24 – Variação do subparâmetro Presença de Espécies Ameaçadas de Flora na unidade de manejo avaliada	93

Tabela 4.25 – Variação do subparâmetro Presença de Espécies Endêmicas na unidade de manejo avaliada	93
Tabela 4.26 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Características Especiais, que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada	94
Tabela 4.27 – Variação do subparâmetro Áreas Protegidas/Tombadas vinculadas à unidade de manejo avaliada	95
Tabela 4.28 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Valores Não-Extraíveis que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada e o Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada	96
Tabela 4.29 – Variação do subparâmetro Potencial Turístico na unidade de manejo avaliada	96
Tabela 4.30 – Variação do subparâmetro Potencial para Pesca na unidade de manejo avaliada	97
Tabela 4.31 – Variação do Nível, Escore e Valor final para o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada	97
Tabela 4.32 – Síntese das tabelas parciais para o cálculo final do indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada.	98
Tabela 4.33 Síntese das tabelas parciais para o cálculo dos parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis na unidade de manejo avaliada, que compõem o Valor Ecológico – Vec avaliado de forma simplificada	100
Tabela 4.34 Variação do Nível, Escore e Valor final para a soma dos parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis na unidade de manejo avaliada, que compõem o Valor Ecológico – Vec avaliado de forma simplificada.	100
Tabela 4.35 Variação do <i>SVAP</i> na unidade de manejo avaliada	101
Tabela 4.36 Combinação dos parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis com o <i>SVAP</i> na unidade de manejo avaliada.....	101
Tabela 4.37 Variação do Nível, Escore e Valor final para o indicador Valor Ecológico e Cultural final – Vec avaliado de forma simplificada (<i>SVAP</i> e os parâmetros de Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis na unidade de manejo avaliada).....	101

Tabela 4.38 – Síntese das tabelas parciais para o cálculo final do indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada (SVAP, Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis da unidade de manejo avaliada).....	102
Tabela 4.39 – Variação do subparâmetro Valor da Água Bruta para Irrigação em R\$/m ³ na unidade de manejo avaliada.....	105
Tabela 4.40 – Variação do subparâmetro Valor da Água Tratada para Abastecimento Urbano em R\$/m ³ na unidade de manejo avaliada	106
Tabela 4.41 – Combinação dos subparâmetros Valor do Uso da Água Tratada para Abastecimento Urbano em R\$/m ³ e Valor do Uso da Água Bruta para Irrigação em R\$/m ³ na unidade de manejo avaliada.....	106
Tabela 4.42– Variação do Nível e Escore para o parâmetro Valor Econômico da Extração de Água na unidade de manejo avaliada	106
Tabela 4.43 – Categorias e medidas mitigadoras para manejo da demanda por água (Christofidis, 2001).	108
Tabela 4.44 – Variação do subparâmetro Potencial de Adoção de Novas Técnicas de Irrigação na unidade de manejo avaliada.....	109
Tabela 4.45 – Variação do subparâmetro Potencial em Reduzir Perdas nos Sistemas de Distribuição Urbana na unidade de manejo avaliada	110
Tabela 4.46 – Combinação dos subparâmetros Potencial de Adoção de Novas Técnicas de Irrigação e Potencial em Reduzir Perdas nos Sistemas de Distribuição Urbana na unidade de manejo avaliada	110
Tabela 4.47– Variação do Nível e Escore para o parâmetro Potencial de Gestão da Demanda na unidade de manejo avaliada	110
Tabela 4.48 – Combinação dos parâmetros Valor Econômico da Extração Potencial de Gestão da Demanda na unidade de manejo avaliada.....	111
Tabela 4.49 – Variação do Nível, Escore e Valor Final para o indicador Dependência Econômica – De na unidade de manejo avaliada	111
Tabela 4.50 – Síntese das tabelas parciais para o cálculo final do indicador Dependência Econômica – De.....	112
Tabela 4.51 – Síntese das Tabelas finais para o cálculo do Potencial de Vazão Ambiental – PVA segundo avaliação detalhada: Estresse Hidrológico – Eh, Valor Ecológico e Cultural – Vec (avaliado de forma detalhada) e Dependência Econômica – De.....	114

Tabela 4.52 – Síntese das Tabelas finais para o cálculo do Potencial de Vazão Ambiental – PVA segundo avaliação simplificada: Estresse Hidrológico – Eh, Valor Ecológico e Cultural – Vec (SVAP e parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d’água) e Dependência Econômica – De.	115
Tabela 5.1 – Critérios de outorga dos recursos hídricos no Distrito Federal e Goiás	124
Tabela 5.2 – Vazões de referência calculadas para dois diferentes períodos da Série Histórica de Vazões para o Ribeirão Pípiripau (ANA, 2004)	127
Tabela 5.3 – Série histórica de vazões mínimas anuais no posto FRINOCAP (1971-2003).....	129
Tabela 5.4 – Valores de vazão média anual em m ³ /s ofertada no posto FRINOCAP no período (1971-1988).....	131
Tabela 5.5 – Demandas consuntivas mensais em m ³ /s na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau (ANA, 2004)	131
Tabela 5.6 – Resultado (hachurado) para o parâmetro Razão de Uso dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau.....	132
Tabela 5.7 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Variabilidade da Série Histórica de Vazões na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau	133
Tabela 5.8 – Valores de Não-Estacionariedade (Salas, 1992) para diferentes períodos da série histórica de vazões na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau	133
Tabela 5.9 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Não-Estacionariedade da Série Histórica de Vazões Q _{med} (1971-1988) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau.....	134
Tabela 5.10 – Resultados (hachurados) para o indicador Estresse Hidrológico – Eh na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau	135
Tabela 5.11 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Gradiente no Trecho do Ribeirão Pípiripau.....	138
Tabela 5.12 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Razão Largura/Profundidade no Ribeirão Pípiripau	139
Tabela 5.13 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Qualidade da Água segundo classes para enquadramento dos corpos d’água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau.....	141

Tabela 5.14 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Presença de Barreiras Artificiais em cursos d'água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau ...	141
Tabela 5.15 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Integridade da Vegetação Ripária na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau	145
Tabela 5.16 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Diversidade da Ictiofauna no Ribeirão Pipiripau	146
Tabela 5.17 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Diversidade dos Macroinvertebrados no Ribeirão Pipiripau	147
Tabela 5.18 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Diversidade da Fauna Ripária segundo o número de espécies de anfíbios existentes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau.....	151
Tabela 5.19 – Número de espécies de fauna ameaçadas de extinção para o Distrito Federal por classe taxonômica (Fonte: MMA de 28/05/2003).....	152
Tabela 5.20 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Presença de Espécies Ameaçadas de Fauna na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau.....	153
Tabela 5.21 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Presença de Espécies Ameaçadas de Flora na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau.....	155
Tabela 5.22 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Presença de Espécies Endêmicas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau	156
Tabela 5.23 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Áreas Protegidas/Tombadas vinculadas à cursos d'água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau.....	157
Tabela 5.24 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Potencial Turístico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau.....	160
Tabela 5.25 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Potencial para pesca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau.....	160
Tabela 5.26 – Resultados para o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, avaliado de forma detalhada.....	161
Tabela 5.27 – Parâmetros avaliados pelo Protocolo SVAP nos cinco trechos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, seus valores e médias por trecho (Notas de aula, Manejo de Bacias Hidrográficas, Pós-graduação em Ciências Florestais, UnB (2007)	162
Tabela 5.28 – Resultados para o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau avaliado de forma simplificada	

(SVAP e os parâmetros Diversidade, Raridade, e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água).....	165
Tabela 5.29 – Áreas ocupadas com agricultura sob a assistência da EMATER/DF, (2000) <i>apud</i> CAESB (2001)	166
Tabela 5.30 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Valor do Uso da Água Bruta para Irrigação em R\$/m ³ na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau	167
Tabela 5.31 – Cálculo do subparâmetro Valor do Uso da Água para Irrigação em R\$/m ³ , dependendo do tipo de irrigação utilizada	168
Tabela 5.32 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Valor de Uso da Água para Abastecimento Urbano em R\$/m ³ na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau	169
Tabela 5.33 – Resultado (hachurado) para o parâmetro Valor Econômico da Extração de Água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau	169
Tabela 5.34 – Quantidade de água necessária ao suprimento de cultivos irrigados existentes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau e cadastrados pela EMATER/DF (modificado de CAESB, 2001).....	171
Tabela 5.35 – Vazões de captação do Canal de Irrigação Santos Dumont e vazões necessárias para os usos cadastrados no Núcleo Rural Santos Dumont (ANA, 2004).....	172
Tabela 5.36 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Potencial de Adoção de Novas Técnicas de Irrigação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau	173
Tabela 5.37 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Potencial em Reduzir Perdas nos Sistemas de Distribuição Urbana na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau.....	174
Tabela 5.38 – Resultado Final (hachurado) para o indicador Dependência Econômica – De na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau.....	174
Tabela 5.39 – Síntese dos resultados para os parâmetros e subparâmetros que compõem o indicador Dependência Econômica – De na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau.....	175
Tabela 5.40 – Aumento de 25% nas vazões dos pontos de controle ao longo do Ribeirão Pípiripau sugeridas pelo nível médio do PVA	177

Tabela 5.41 – Síntese dos resultados da aplicação do método Potencial de Vazão Ambiental – PVA avaliado de forma detalhada: Estresse Hidrológico – Eh, Vec (avaliado de forma detalhada) e Dependência Econômica – De.	178
Tabela 5.42 – Síntese dos resultados da aplicação do método Potencial de Vazão Ambiental – PVA avaliado de forma simplificada: Estresse Hidrológico – Eh, Vec (SVAP e os parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d’água) e Dependência Econômica – De.....	180
Tabela A.1 – Série histórica de vazões médias, mínimas e vazão mínima absoluta no Posto FRINOCAP e seu coeficiente de variação, coeficiente de correlação e Razão de Uso para o período (1971-2003) excetuando-se os anos de (1976-1978) por ausência de dados.	201
Tabela A.2 – Série histórica de vazões médias, mínimas e vazão mínima absoluta no Posto FRINOCAP e seu coeficiente de variação, coeficiente de correlação e Razão de Uso para o período (1971-1988) excetuando-se os anos de (1976-1978) por ausência de dados.	202
Tabela A.3 – Série histórica de vazões médias, mínimas e vazão mínima absoluta no Posto FRINOCAP e seu coeficiente de variação, coeficiente de correlação e Razão de Uso para o período (1989-2003).....	203
Tabela B.1 – Principais características físicas do Ribeirão Pípiripau e a Razão Largura/Profundidade nos pontos Ppau1 a Ppau7 (modificado de Fernandes, 2007).....	205
Tabela B.2 – Aplicação do Protocolo de Callisto <i>et al.</i> (2002) no Ribeirão Pípiripau nos pontos Ppau1 a Ppau7 (Fernandes, 2007).....	206
Tabela B.3 – Descrição dos sítios amostrados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau (campanha de campo realizada em 2000, Fonte: CAESB, 2001)	209
Tabela B.4 – Lista dos mamíferos de médio e grande porte registrados para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, classificados por família e espécie, com respectivos nomes comuns (modificado de CAESB, 2001)	210
Tabela B.5 – Espécies de répteis da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau (modificado de CAESB, 2001).	211
Tabela B.6 – Anfíbios amostrados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau (modificado de CAESB, 2001).	212
Tabela B.7 – Avifauna amostrada na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, Distrito Federal (CAESB, 2001).	213

Tabela B.8 – Espécies nativas de Mata de Galeria amostradas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (modificado de CAESB, 2001).....	215
Tabela B.9 Categorias e critérios criados pela IUCN para identificação de espécies ameaçadas (modificado de http://pt.Wikipédia. Org).....	217
Tabela C.1 – Problemas e propostas relacionados à Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, sob a ótica dos produtores rurais da Associação de Produtores Rurais do Núcleo Santos Dumont (CAESB, 2001).	218

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Curvas de permanência de vazões mensal e diária – Arroio Iruí-Piquiri/RS (Silveira e Silveira, 2003).	20
Figura 3.2 – Representação esquemática do fluviograma e respectiva curva de permanência baseada em Quimpo e McNally (1983) <i>apud</i> Cruz (2001).....	21
Figura 3.3 – Definição de vazão mínima garantida no método do perímetro molhado a partir do ponto crítico (Loar e Sale, 1981 <i>apud</i> Gonçalves, 2003)24	
Figura 3.4 Vazões recomendadas para cada mês do ano na aplicação de métodos hidrológicos e hidráulicos recomendados pelo FTA, em trecho à jusante da Barragem do Rio Descoberto (Bezerra, 2001).....	36
Figura 3.5 Comparação entre os métodos indicados no FTA e vazões médias mensais para o primeiro trecho estudado no Rio São Bartolomeu (Gonçalves, 2003)	37
Figura 3.6 Comparação entre os métodos indicados no FTA e vazões médias mensais para o segundo trecho estudado no Rio São Bartolomeu (Gonçalves, 2003).....	38
Figura 3.7 – Demonstra a relação complementar existente entre a percentagem de vazão outorgável e a vazão de restrição que resta para os cursos d'água.	47
Figura 4.1 – Representação esquemática da metodologia adotada neste estudo.	56
Figura 4.2 – Potencial de Vazão Ambiental segundo os três indicadores que o compõe.	63
Figura 4.3 – Parâmetros e subparâmetros que compõem o indicador Estresse Hidrológico – Eh.....	65
Figura 4.4 – Hidrograma hipotético representando a variabilidade de uma série histórica de vazões.	68
Figura 4.5 – Hidrograma hipotético representando a não-estacionariedade (salto) com tendência negativa de uma série histórica de vazões.	70
Figura 4.6 – Parâmetros e subparâmetros que compõem o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada	76
Figura – 4.7 Tipologia de rios relacionada a valores de Razão Largura/Profundidade (Fonte: Rosgen, 1996).....	79

Figura 4.8 – Representação esquemática da razão largura/profundidade em perfil transversal do curso d'água (a) Baixa razão largura/profundidade; (b) Alta razão largura/profundidade.	79
Figura 4.9 – Parâmetros e subparâmetros que compõem o indicador Dependência Econômica – De.....	104
Figura 5.1 Fotos dos Painéis de especialistas (05 e 12/12/2007)	116
Figura 5.2 – Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piriapau (CAESB, 2001).....	118
Figura 5.3 – Variabilidade da precipitação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piriapau, Estação Taquara Cód. 01547013, no período de 1972-2004 (Fonte: ANA, 2005).....	120
Figura 5.4 – Pontos de controle estabelecidos pela Resolução ADASA nº 293/06 ao longo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piriapau e suas respectivas vazões de entrega por trecho.....	125
Figura 5.5 – Vazões médias anuais em m ³ /s no posto FRINOCAP no período (1971-1988).....	130
Figura 5.6 – Vazões médias anuais em m ³ /s no posto FRINOCAP no período (1971-2003).....	130
Figura 5.7 – Demandas mensais por trecho na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piriapau (modificado de ANA, 2004)	132
Figura 5.8 – Localização dos estudos pontuais realizados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piriapau.....	137
Figura 5.9 – Exemplo de Barreiras Artificiais em trechos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piriapau.....	142
Figura 5.10 – Matas Ciliares e Matas de Galeria ao longo da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piriapau.....	144
Figura 5.11 – Pontos de amostragem de macroinvertebrados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piriapau utilizados por Fernandes (2007)	147
Figura 5.12 Áreas protegidas na Bacia Hidrográfica do Piriapau (Modificado de SEMARH/DF, 2006).....	158
Figura 5.13 – Áreas com potencial turístico vinculadas à água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piriapau.....	159

Figura 5.14 – Trechos selecionados na Bacia para a aplicação do SVAP. (Fonte: Notas de aula, Manejo de Bacias Hidrográficas, Pós-graduação em Ciências Florestais, UnB, 2007).....	164
Figura B.1 – Perfil longitudinal do Ribeirão Pípiripau e representação gráfica das linhas S1, S2 e S3 (CAESB, 2001)	204
Figura B.2 – Percentagem do somatório do número de indivíduos, no período de seca, nos principais táxons registrados nos diferentes pontos de coleta de macroinvertebrados no Ribeirão Pípiripau (Fernandes, 2007).....	207
Figura B.3 – Distribuição dos grupos funcionais de alimentação entre os pontos de coleta de macroinvertebrados no Ribeirão Pípiripau (Fernandes, 2007)	208

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 4.1	64
Equação 4.2	66
Equação 4.3	70
Equação 4.4	105

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIações

<i>ABF</i>	<i>Aquatic Base Flow</i>
ADASA	Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APA	Área de Proteção Ambiental
APANRURAL	Associação dos Produtores Rurais do Núcleo Rural Santos Dumont
APM	Área de Preservação de Manancial
<i>BBM</i>	<i>Building Block Methodology</i>
CAESB	Companhia de Saneamento Básico do Distrito Federal
<i>CAMS</i>	<i>Catchment Abstraction Management Strategies</i>
CDB	Convenção da Diversidade Biológica
CEASA/DF	Central de Abastecimento S.A. do Distrito Federal
CERH	Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos
CF	Constituição Federal
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente

CR	Criticamente em perigo – categoria de espécie ameaçada de extinção (IUCN, 2001)
CV	Coeficiente de Variação
Cwa	Clima Tropical de Altitude
DBO	Demanda Bioquímica por Oxigênio
DDT	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
De	Dependência Econômica
DF	Distrito Federal
<i>DNR</i>	<i>Department of Natural Resources</i>
DP	Desvio Padrão
<i>DRIFT</i>	<i>Downstream Response to Imposed Flow Transformation</i>
Eh	Estresse Hidrológico
EMATER/DF	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal
<i>EMU</i>	<i>Extraction Management Unit</i>
EN	Em perigo – categoria de espécie ameaçada de extinção (IUCN, 2001)
ENC	Engenharia Civil
ENF	Engenharia Florestal
ESECAE	Estação Ecológica de Águas Emendadas
EUA	Estados Unidos da América
EW	Extinto na Natureza – categoria de espécie ameaçada de extinção (IUCN, 2001)
EX	Extinto (categoria de espécie ameaçada de extinção (IUCN, 2001)
<i>FISRWG</i>	<i>Federal Interagency Stream Restoration Working Group</i>
FT	Faculdade de Tecnologia
FTA	Fluxograma Teórico de Avaliação

GIRH	Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos
GO	Goiás
GWP	<i>Global Water Partnership</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<i>IFIM</i>	<i>In-stream Flow Incremental Methodology</i>
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
<i>IHA</i>	<i>Indicators of Hydrologic Alteration</i>
<i>IPCC</i>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPH	Índice de Preferência de Hábitat
IQA	Índice de Qualidade da Água
<i>IUCN</i>	<i>International Union for Conservation of Nature and Natural Resources</i>
LC	Pouco Preocupante – categoria de espécie ameaçada de extinção (IUCN, 2001)
LODF	Lei Orgânica do Distrito Federal
L/P	Razão Largura/Profundidade
LR/lc	Pouco Preocupante – categoria de espécie ameaçada de extinção (IUCN, 2001)
MCE	Método dos Custos Evitados
MCR	Método dos Custos de Reposição
MCV	Método dos Custos de Viagem
MDR	Método Dose-Resposta
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPH	Método dos Preços Hedônicos

MVC	Método de Valoração de Contingente
MWSP	<i>Macro Water Sharing Plans</i>
NGPRP	<i>Northern Great Plains Resource Program</i>
NRCS	<i>Natural Resources Conservation Service</i>
NSW	<i>New South Wales</i>
NT	Quase Ameaçada – categoria de espécie ameaçada de extinção (IUCN, 2001)
NWC	<i>National Water Commission</i>
OD	Oxigênio Dissolvido
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PDOT	Plano Diretor de ordenamento Territorial
PGIRH-DF	Plano de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos do Distrito Federal
<i>PHABSIM</i>	<i>Physical Habitat Simulation</i>
PMSS	Programa de Modernização do Setor de Saneamento
PNB	Parque Nacional de Brasília
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PVA	Potencial de Vazão Ambiental
Q _{7,10}	Vazão média mínima de sete dias consecutivos que pode ser igualada ou inferiorizada uma vez a cada 10 anos em média
Q ₉₀	Vazão mínima de permanência – vazão que pode ser igualada ou excedida em 90% do tempo
Q ₉₅	Vazão mínima de permanência – vazão que pode ser igualada ou excedida em 95% do tempo
Q _d	Demanda (m ³ /s) no mês mais crítico
Q _{méd.}	Vazão média

Q_{\min}	Vazão mínima
<i>QUAL2E</i>	<i>Stream Water Quality Model</i>
RA	Região Administrativa
<i>RAM</i>	<i>Resource Assessment and Management</i>
<i>RFOs</i>	<i>River Flow Objectives</i>
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Ru	Razão de Uso dos recursos Hídricos
<i>RWSI</i>	<i>Relative Water Stress Index</i>
SEAPA	Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, e Abastecimento do DF
SEMA	Secretaria Especial de Meio Ambiente
SEMARH-DF	Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal
SEMARH-GO	Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás
SEMATEC	Secretaria do Meio Ambiente Ciência e Tecnologia
SERLA/RJ	Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas/RJ
SGIRH/DF	Sistema de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos do Distrito Federal
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
SIÁGUA	Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água - CAESB
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SOC	Superintendência de Outorga e Cobrança
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
<i>SVAP</i>	<i>Stream Visual Assessment Protocol</i>
TERRACAP	Companhia Imobiliária de Brasília

<i>TNC</i>	<i>The Nature Conservancy do Brasil</i>
UC	Unidade de Conservação
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
<i>UNCED</i>	<i>United Nations Conference of Environment and Development</i>
UnB	Universidade de Brasília
<i>UNESCO</i>	<i>United Nations Education Scientific and Cultural Organization</i>
<i>USFWS</i>	<i>United States Fish and Wildlife Service</i>
Vec	Valor Ecológico e Cultural
Vu	Valor de Uso da Água para a Irrigação
VU	Vulnerável – categoria de espécie ameaçada de extinção (IUCN, 2001)
<i>WASP</i>	<i>Water Analysis Simulation Program</i>

1 – INTRODUÇÃO

Os rios do planeta têm sido extremamente modificados ao longo dos últimos cem anos pelo caráter utilitarista com o qual o homem trata as águas. A construção de represas e reservatórios, desvios de curso e aumento da extração de água a níveis insustentáveis têm ocorrido a ponto desses ecossistemas complexos em seus elementos constituintes e interações perderem a sua resiliência¹, tornando-se ambientes simplificados e exauridos.

Um dos maiores desafios dos profissionais de recursos hídricos é equacionar oferta e demanda de água de forma que as atividades econômicas e sociais na bacia hidrográfica² sejam desenvolvidas em sua plenitude, sem prejuízo dos ecossistemas aquáticos e terrestres que os complementam. Há a necessidade crescente de alocação de água para usos múltiplos devido ao aumento populacional e o desenvolvimento econômico das comunidades, e essa demanda afeta o meio ambiente aquático e ripário, tornando-o vulnerável, devido à retirada excessiva de água, ou à processos de gestão da oferta como a regularização da vazão³ em rios.

Diante dessas preocupações, surgiram, então, diversas denominações para vazões que deveriam permanecer nos ecossistemas aquáticos e metodologias para sua determinação, que diferenciam-se pelos objetivos, tipo de dados requeridos, material e corpo técnico para sua implementação.

Podemos encontrar na literatura as seguintes denominações: vazão mínima (Lamb, 1995), vazão mínima garantida (Wesche e Rechard, 1980 *apud*

¹ Resiliência é a capacidade que o ecossistema possui de absorver mudanças sem perder suas funções e propriedades básicas estando sob estresse, e se recuperar de danos por meio da capacidade de reorganização e renovação; quando um ecossistema perde a resiliência ele se torna vulnerável a mudanças que anteriormente poderiam ser absorvidas, ou seja, a redução da resiliência aumenta a vulnerabilidade (Falkenmark, 2003).

² Área de terra drenada por determinado curso d'água, delimitada no espaço geográfico pelo divisor de águas, representado pela linha que une pontos de cotas mais elevadas do terreno (Valente e Gomes, 2005).

³ Quantidade de água que passa por seções (de rios, córregos) na unidade de tempo (m³/s, L/s, m³/ano, etc.) (Valente e Gomes, 2005).

Gonçalves, 2003; Bezerra, 2001; Gonçalves, 2003); vazão ecológica (Decreto Distrital nº 22.359, de 31 de agosto de 2001), vazão mínima ecológica (Silveira e Silveira, 2003), vazão de restrição (ANA, 2004), e vazão ambiental (Dyson *et al.*, 2003; *World Bank*, 2003; Richter *et al.*, 2006; Poff *et al.*, 2003; NSW, 2006).

Entretanto, dentre as diversas designações existentes, o termo vazão ambiental é considerado pelo *World Bank* (2003), como aquele que melhor traduz a variedade de aspectos que envolvem os cursos d'água e a variabilidade das vazões necessária à sua manutenção, observando-se necessidades sociais, econômicas e biofísicas.

Métodos desenvolvidos para quantificar vazões mínimas para manutenção de espécies de peixes tiveram início nos EUA na década de 40 do século passado (Arthington *et al.*, 2006). O estabelecimento de vazões mínimas sob o foco da preservação de espécies economicamente viáveis permaneceu até a década de 70, e a década de 90 trouxe muitos avanços na avaliação de vazões ambientais com grande variedade de métodos desenvolvidos em todo o mundo e extensivos trabalhos realizados na África do Sul, Austrália e EUA (Moore, 2004).

Sarmiento (2007), em revisão do estado da arte em vazões ecológicas no Brasil e no mundo identifica o início desses estudos no Brasil em 1999 com trabalho de revisão do próprio autor e estudo realizado por Pelissari *et al.* (1999) do Índice de Preferência de Hábitat – IPH para determinação de vazão residual no Rio Timbuí/ES, e especificamente no Distrito Federal com Bezerra (2001) e Gonçalves (2003), respectivamente, desenvolvendo e aperfeiçoando o Fluxograma Teórico de Avaliação – FTA para avaliação de metodologias de determinação de vazões mínimas garantidas em rios, com a aplicação de métodos hidrológicos e hidráulicos a dois cursos d'água da região.

Apesar dos avanços na gestão de recursos hídricos no Brasil, as vazões ambientais são estabelecidas indiretamente por meio da outorga⁴ não havendo

⁴ A outorga é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/1997, no seu Art. 11 estabelece que o regime de outorga de direito de uso de recursos

dispositivos legais específicos para este fim (ANA, 2007). No país, a outorga é definida segundo critérios hidrológicos e estatísticos, não sendo utilizados estudos ecológicos e socioeconômicos que relacionem os limites estabelecidos para vazões outorgáveis e de restrição com os dados hidrológicos já existentes, garantindo de forma integrada, as reais necessidades dos ecossistemas e das populações que dependem deles para sua sobrevivência.

Segundo Dyson *et al.* (2003), cada vez mais métodos de determinação de vazão possuem uma abordagem holística⁵ que explicitamente incluem avaliações de todo o ecossistema (terras úmidas, águas subterrâneas e estuários), como também espécies sensíveis à variação na vazão (macroinvertebrados, fauna e flora) e todos os aspectos do regime hidrológico (cheias, secas e qualidade da água). Em acréscimo, Naiman *et al.* (2002) *apud* Poff *et al.* (2003) evidenciam a necessidade da integração dos conhecimentos das ciências sociais sobre valores, percepções, comportamentos e cultura institucional à ciência que guia a gestão de recursos hídricos.

No Brasil, há desproporção entre os suprimentos de água doce, a distribuição da população e as demandas per capita (Tundisi, 2005). Bacias hidrográficas com menor volume de água ofertada, freqüentemente, são mais populosas, havendo potencial risco de contaminação da água, extração excessiva, degradação da vegetação ripária, gerando conflitos decorrentes do uso inadequado desses recursos.

Somado a esse quadro de preocupação quanto à quantidade e qualidade das águas ofertadas, mudanças climáticas podem aumentar problemas de acesso a água. De acordo com estudos de alterações climáticas para o território brasileiro no Século XXI realizados por Marengo *et al.* (2007), a combinação das alterações do clima na forma de ausência ou escassez de chuvas, acompanhada de

hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

⁵ Teoria filosófica aplicada as ciências ambientais, que prioriza a abordagem integral dos fenômenos, em oposição à abordagem analítica onde componentes são tratados isoladamente; em relação ao meio ambiente, o holismo considera as inter-relações entre todos os componentes para a formação do todo (Mazzini, 2004).

temperaturas mais elevadas propiciam maiores taxas de evaporação e conseqüentemente maior competição por recursos hídricos, podendo levar a uma crise potencialmente catastrófica.

Rocha (1993) já mencionava, à época da publicação, sua preocupação com o abastecimento de água no Distrito Federal devido principalmente a fatores como crescimento populacional acelerado, altas taxas de consumo de água, degradação de mananciais e problemas de poluição. Lima e Silva (2005) estimaram a disponibilidade hídrica superficial para o DF em 1.400m³/ha.ano, e citando Beekman (1999), os autores salientaram a necessidade de um manejo cuidadoso dos recursos hídricos como uma forma de mitigar a ocorrência de conflitos que a falta de água pode ocasionar.

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, área selecionada para este estudo, já apresenta conflito pelo uso da água entre os irrigantes do Núcleo Rural Santos Dumont e a Companhia de Saneamento Básico do Distrito Federal – CAESB. O conflito se dá pela redução do volume de água no período de estiagem, prejudicando, assim, a produção agrícola dos usuários do Núcleo Rural Santos Dumont e a população das cidades de Planaltina e Sobradinho (Oliveira e Wehrmann, 2005).

Esta dissertação tem o objetivo de revisar a questão das vazões mínimas de restrição, propor um método mais objetivo para a sua determinação em cursos d'água não regulados e aplicá-la ao Ribeirão Pipiripau. Optou-se, então, pelo estudo de vazões ambientais e da adaptação da metodologia australiana *Macro Water Sharing Plans – MWSP* para cursos d'água não regulados, descrita por NSW (2006). Esta metodologia prevê a realização de Painel com Especialistas das áreas social, hidrológica, ecológica, de gestão de recursos hídricos e grandes usuários de água.

Neste estudo, o segundo capítulo apresenta os objetivos e natureza do problema. O terceiro capítulo contém a revisão bibliográfica sobre métodos de determinação de vazões mínimas, legislação sobre outorga, além de um panorama da água no mundo, no Brasil e no Distrito Federal. O quarto capítulo trata do método

proposto. No quinto capítulo é apresentado o estudo de caso com a caracterização da bacia hidrográfica selecionada, aplicação do método proposto, resultados e discussão. No capítulo seis são apresentadas respectivamente as conclusões e recomendações, e finalmente a bibliografia pesquisada. Dados complementares estão expostos nos Apêndices A, B e C.

2 – OBJETIVOS

2.1 – OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho consistiu no desenvolvimento de método de determinação de vazões ambientais mínimas em rios não regulados por meio de enfoque multidisciplinar, considerando aspectos ecológicos, hidrológicos, sociais, econômicos e culturais da região, conforme preconiza o inciso II, do artigo 3º, capítulo 3 da Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.

Os objetivos específicos são:

- Caracterização das vazões de restrição da bacia estudada;
- Caracterização da área de estudo segundo aspectos ecológicos, hidrológicos, sociais, econômicos e culturais da região;
- Adaptação da metodologia australiana de determinação de vazões ambientais para rios não regulados *Macro Water Sharing Plans – MWSP (NSW, 2006; Harris et al., 2006)* para as condições brasileiras;
- Aplicação do método adaptado à Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau (DF/GO), por meio de painel de especialistas;
- Recomendação de vazão ambiental para o Ribeirão Pípiripau, segundo resultados obtidos no estudo.

2.2 – NATUREZA DO PROBLEMA

A determinação das vazões de restrição segundo critérios estatísticos e hidrológicos não é, por si só, suficiente para garantir, ao mesmo tempo, o atendimento das necessidades múltiplas de água dos usuários e dos

ecossistemas aquáticos e ripários de rios não regulados, particularmente, o Ribeirão Pipiripau, requerendo a análise de aspectos ecológicos, sociais, econômicos e culturais.

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo destina-se a abordar aspectos de utilização das águas, o panorama mundial, brasileiro e mais especificamente a realidade do Distrito Federal sobre o tema, conceitos de vazões mínimas e métodos para sua determinação, aplicações desses métodos no Brasil, alguns aspectos da legislação sobre recursos hídricos no âmbito Federal e Distrital, como também, particularidades da política de recursos hídricos na Austrália, África do Sul e EUA.

3.1 – PANORAMA DOS RECURSOS HÍDRICOS

A evolução do pensamento ambiental intensificou-se em meados da década de 70 do século passado, pela percepção dos impactos causados aos recursos naturais devido ao crescimento econômico e populacional no modelo vigente.

Marcos históricos desta evolução foram a publicação em 1969 do primeiro Relatório do Clube de Roma, intitulado “Os Limites do Crescimento” (trata-se de um alerta ao modelo de crescimento de caráter exploratório, com a concepção de que as fontes são inesgotáveis). A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano que teve lugar em Estocolmo, em 1972, onde se inicia um amplo movimento ambientalista nos países desenvolvidos, abrindo um novo debate ideológico sobre estilos de desenvolvimento (Buarque, 2002). Mais tarde, em 1987, a Comissão Mundial da Organização das Nações Unidas – ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – UNCED apresentou o documento “Nosso Futuro Comum” apontando a incompatibilidade entre o desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes (Gadotti, 2002). Já em 1992, ocorreram a Declaração de Dublin e a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD/UNCED, a última propagou a proposta de desenvolvimento sustentável e aprovou a Agenda 21, com os

postulados centrais de um modelo de desenvolvimento sustentável e a busca de comprometimento das nações com as gerações futuras (Buarque, 2002).

Esses eventos geraram desdobramentos para gestão de recursos hídricos. Os princípios da Declaração de Dublin estabeleceram as bases do gerenciamento integrado de recursos hídricos – GIRH (Tucci e Mendes, 2006), definido pelo *Global Water Partnership – GWP* (2000) como “o processo que promove o desenvolvimento coordenado e o gerenciamento da água, terra e recursos relacionados para maximizar o resultado econômico e social de forma eqüitativa sem comprometer a sustentabilidade vital do ecossistema”. A UNCED produziu importantes documentos, o mais importante deles foi a Agenda 21, documento composto por 40 capítulos (Gadotti, 2002), sendo o capítulo 18 destinado a discussão sobre o tema recursos hídricos.

Segundo Tucci *et al* (2003a), o desenvolvimento do setor de gestão dos recursos hídricos, em países em desenvolvimento, como os da América do Sul, passou por estágios semelhantes aos dos países desenvolvidos, mas em períodos diferentes. Os autores fazem distinção entre os vários enfoques dados ao aproveitamento de água em diversos períodos para o continente Sul-Americano: entre 1945 e 1960 houve período da engenharia com pouca preocupação ambiental (construção de muitas obras hidráulicas, principalmente de geração de energia elétrica); entre 1960 e 1970 ocorreu o início da pressão ambiental nos países desenvolvidos (devido à degradação das águas superficiais, resultando nas primeiras legislações restritivas quanto ao despejo de efluentes); entre 1970 e 80 teve lugar o controle ambiental (início de conscientização nos países em desenvolvimento e controle ambiental nos países desenvolvidos); entre 1980 e 1990 buscou-se estudar as interações do ambiente global (aprovação da legislação ambiental no Brasil, e eliminação de créditos internacionais para construção de hidroelétricas); entre 1990 e 2000 observou-se uma maior preocupação com o desenvolvimento sustentável (busca de maior eficiência no uso da água), e a partir de 2000 as iniciativas tiveram uma maior ênfase na água (desafios na consolidação dos aspectos institucionais do gerenciamento dos recursos hídricos).

Esta mudança de paradigma se reflete na forma de se lidar com os recursos hídricos, e nas soluções encontradas para os conflitos de uso. Historicamente, o equacionamento do problema relativo ao desequilíbrio entre demanda e oferta de água, em nível mundial, tem passado invariavelmente pelo aumento do suprimento de água, através da exploração de novos recursos, em ações relacionadas à Gestão da Oferta (Stuart e Campos, 2003). Entretanto, atualmente, novas iniciativas têm sido feitas no sentido de um melhor aproveitamento dos recursos hídricos, e o manejo de demanda é o processo que promove o uso mais eficiente e justo da água, melhorando o balanço entre o suprimento e demanda atuais, reduzindo o seu uso excessivo (UNESCO, 2006).

3.1.1 – Situação da água no mundo

Os relatórios do *Global Environment Outlook*, do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (2000 e 2003), indicaram que a falta de água será um grave problema em 2025, enquanto o *The United Nations World Water Development Report – UNESCO*, resultado da participação conjunta de 23 agências da ONU, apresentado em Kyoto, em 2003, apontou que faltará água para cerca de 2 bilhões de pessoas, na visão otimista, e cerca de 7 bilhões, no cenário pessimista, em 2050 (Ribeiro, 2003).

Devido ao crescente aumento populacional e o uso preponderante da água para irrigação, os recursos hídricos estão cada vez mais alocados. Observa-se, então, conflitos de interesse entre usuários de água que recrudescem onde há menor oferta desse bem. A UNESCO (2003) indicou 507 pontos de tensão mundial por água, e em alguns casos, esta tensão levou ao confronto militar (Ribeiro, 2003).

Problemas no lançamento de efluentes não tratados nos corpos d'água, juntamente com a diminuição da quantidade de água para a sua diluição, dentre outros fatores, têm afetado a qualidade da água ofertada às populações. No mundo em desenvolvimento, 90% das doenças infecciosas estão relacionadas à qualidade da água (Selborne, 2002), causando a morte de 1,7 milhão de pessoas a cada ano, sendo 90% crianças (Clarke e King, 2005).

Berbert (2003) afirma que diante dos grandes desafios decorrentes do aumento populacional, a água será o maior de todos, menos por seu volume e mais por sua distribuição irregular na face da Terra, acrescida de seu desperdício, poluição e degradação de mananciais e reservatórios naturais. Ribeiro (2003), mencionou que países como o Brasil e outros países da África têm e manterão excedente hídrico, o que não se verifica em países Europeus e nos Estados Unidos.

Com relação aos usos consuntivos da água em nível mundial, cerca de 8% são utilizados para abastecimento doméstico, 22% são utilizados pela indústria e 70% são utilizados na agricultura e pecuária para produção de alimentos e fibras dos quais a sociedade humana depende (Banco Mundial, 2000). Das terras irrigadas no mundo, atualmente, quase 40% dependem de represas para o suprimento de água (Clarke e King, 2005). Há expectativa de que impactos causados aos rios pelo uso humano se intensificarão durante as próximas décadas, particularmente em regiões em desenvolvimento, com o aumento das populações, das taxas de consumo de água, e das porções de terra irrigadas para suprir demandas futuras de alimento (Richter *et al*, 2006).

A preocupação com a gestão de recursos hídricos no mundo tem aumentado consideravelmente nas últimas duas décadas, e isto se reflete no número de fóruns mundiais em que a água fez parte de pautas de discussão e negociação. A partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, CNUMAD/UNCED, conclaves específicos sobre hidrologia tornaram-se mais freqüentes, com abrangência nacional, continental, ou mundial, sendo promovidas e aprimoradas leis específicas para águas em diversas nações (Ribeiro, 2003).

É importante citar que alguns aspectos sobre o tema vazões ambientais foram abordados no 3º Fórum Mundial da Água, ocorrido em Kyoto no Japão, dentre eles: i) vazões ambientais são essenciais para a integridade dos ecossistemas aquáticos; ii) na definição das vazões ambientais devem ser considerados aspectos de quantidade e qualidade, sua variabilidade no tempo; iii) as vazões ambientais não podem ser estabelecidas de forma isolada, mas sim no contexto de gerenciamento integrado da bacia hidrográfica; iv) na definição das vazões

ambientais devem ser levadas em conta questões econômicas, sociais (inclusive culturais) e ambientais; v) a “definição” das vazões ambientais é fundamentalmente uma questão científica e vi) a sociedade deve estar informada para fazer melhor uso da ciência disponível na “definição” (ANA, 2007).

3.1.2 – Situação da água no Brasil

O Brasil apresenta 80% da população em áreas urbanas e nos estados mais desenvolvidos esses números chegam à vizinhança de 90%; devido à essa grande concentração urbana, vários conflitos e problemas têm sido gerados neste ambiente, tais como: i) degradação ambiental dos mananciais; ii) aumento do risco das áreas de abastecimento com a poluição orgânica e química; iii) contaminação dos rios por esgotos doméstico, industrial e pluvial; iv) enchente urbana gerada pela inadequada ocupação do espaço e pelo gerenciamento inadequado da drenagem urbana e v) falta de coleta e disposição do lixo urbano (Tucci *et al.*, 2003a).

As águas brasileiras drenam para oito grandes bacias hidrográficas, e destas, seis têm nascentes na região do Cerrado, tais como: a Bacia Amazônica, a Bacia do Tocantins, a Bacia Atlântico Norte/Nordeste, a Bacia do Rio São Francisco, a Bacia Atlântico Leste, a Bacia dos rios Paraná/Paraguai (Lima e Silva, 2005). Sendo que das bacias citadas, a do Tocantins, Paraná e São Francisco possuem nascentes no território do Distrito Federal. Dadas as dimensões do país, a variabilidade climática anual e sazonal⁶ no território brasileiro é significativa. Essa variabilidade é o maior condicionante da disponibilidade hídrica, constituindo-se em fator de sustentabilidade das atividades socioeconômicas (Tucci *et al.*, 2003b).

No Brasil, a disponibilidade hídrica coloca os estados de Alagoas (1.545 m³ / hab.ano), de Sergipe (1.422 m³ / hab.ano), Rio Grande do Norte (1.523 m³ / hab.ano), Paraíba (1.327 m³ / hab.ano), Pernambuco (1.173 m³ / hab.ano) e o Distrito Federal (1.338 m³ / hab.ano), em situação crítica (Christofidis, 2001). Esses valores encontram-se abaixo do patamar considerado por Falkenmark e

⁶ Relativo a estações do ano.

Widstrand (1992) como alerta de escassez hídrica, em sua avaliação das necessidades humanas básicas de água, ou seja: i) alerta de escassez hídrica 1.700 m³ / hab.ano; ii) seca crônica 1.000 m³ / hab.ano; iii) escassez hídrica absoluta 500 m³/ hab.ano.

Somado a este contexto de escassez, existe um conflito natural entre o uso da água para a agricultura e o abastecimento humano em algumas regiões brasileiras, principalmente quando a demanda é muito alta; a solução deste conflito passa pelo aumento da eficiência dos sistemas de irrigação e o gerenciamento adequado dos efluentes agrícolas quanto à contaminação (Tucci *et al*, 2003b). No Rio Grande do Sul, em Minas Gerais, nos estados da Região Nordeste e no Distrito Federal observa-se que o uso agrícola de água se constitui no uso consuntivo de maior importância, a exemplo do que ocorre em outros países tipicamente produtores de alimentos (Christofidis, 2001).

3.1.3 – Situação da água no Distrito Federal

A região geográfica de Brasília abriga um dos mais importantes e singulares divisores de águas⁷ do Brasil. De uma área relativamente restrita, situada no Planalto do Distrito Federal, partem cursos de água que drenam para as bacias hidrográficas dos rios Tocantins-Araguaia, São Francisco e Paraná (PGIRH-DF, 2006). O Distrito Federal está dividido em sete sub-bacias: do Rio Descoberto; do Lago Paranoá; do Rio Maranhão; do Rio São Marcos; do Rio Preto; do Rio Corumbá e do Rio São Bartolomeu, da qual, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau é parte integrante.

As condições climáticas sazonais da região do Cerrado e as águas superficiais e subterrâneas desse sistema geralmente se encontram a montante⁸ dos principais rios brasileiros, por conseguinte, atividades desenvolvidas no Cerrado poderão, potencialmente, afetar quase todo país (Tucci *et al*, 2003b).

⁷ Diz-se da linha separadora de águas pluviais, que pode ser a linha de cumeada de montanhas, planaltos, ou chapadas, separando bacias hidrográficas contíguas (Mazzini, 2004).

⁸ Direção de onde correm as águas de uma corrente fluvial

Como visto anteriormente, o Distrito Federal já é a terceira pior unidade federativa brasileira em disponibilidade hídrica superficial per capita por ano, superando apenas os estados da Paraíba e de Pernambuco (Lima e Silva, 2005). Apresenta uma densidade demográfica de 345 hab/Km², a maior entre as unidades da federação, sendo o padrão de consumo residencial de água no DF o mais alto do Brasil, superior 400L por hab/dia (Blaskevicz e Dolabella, 2003).

Além disso, o DF tem experimentado um acelerado crescimento populacional, necessitando cada vez mais de recursos hídricos. Agravam-se então, os conflitos de uso da água principalmente para a utilização humana e irrigação.

Nas áreas de pequenas e médias captações de água operadas pela CAESB tem surgido uma série de impactos, como desmatamentos, disposição inadequada de lixo urbano, atividades agrícolas e pecuárias, loteamentos e atividades de lazer, que contribuem para a degradação dos mananciais (Goepfert, 2000). Portanto, nos últimos dez anos, mais de 720 mil litros de água por hora deixaram de ser oferecidos à população do Distrito Federal, até mesmo com a completa desativação de algumas captações, devido à implementação de atividades humanas mal planejadas em áreas de mananciais (CAESB, 1995 *apud* Goepfert, 2000).

3.2 – DEFINIÇÕES DE VAZÕES MÍNIMAS

A transformação do mundo natural pelo homem tem ocorrido em todo o planeta e os rios provavelmente sejam o elemento natural que mais tem sofrido alterações. Segundo o *World Bank* (2003), as vazões estão sendo incrivelmente modificadas por meio de barragens e represas, abstrações para a agricultura e suprimento urbano, pela manutenção de vazões para a navegação e estruturas para o controle de cheias. E, em muitos casos, essas modificações têm afetado os serviços ecológicos e hidrológicos oferecidos pelos ecossistemas aquáticos.

São chamados rios regulados aqueles cujo leito possui estruturas que impeçam a livre passagem da água, havendo uma regularização da vazão. Ou seja, ocorre uma alteração do regime natural de vazões. Rios não regulados são aqueles cujo

suprimento de água depende somente da precipitação e da vazão natural (NSW, 2006). Em rios com esta característica, o fator de maior risco para os ecossistemas são as vazões mínimas, pois as vazões máximas e os pulsos de cheia praticamente não são retidos pelas estruturas de captação e regularização.

A preocupação com as alterações nos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos devido à regularização da vazão nos rios gerou estudos não somente sobre vazões mínimas de restrição para os cursos d'água, mas estudos de todo um regime de vazão com a variabilidade necessária à manutenção desses ecossistemas e usos existentes (Collischonn *et al.*, 2005). Essa variabilidade é determinada por meio de amplo estudo multidisciplinar do curso d'água em questão, estabelecendo-se valores de vazões mínimas, vazões máximas e pulsos de cheia e atendo-se às diferenças sazonais entre anos secos, medianos e mais úmidos.

O início dos estudos de vazões ambientais ocorreu na década de 40 do século XX, no rio Colorado – EUA. Ao final da década de 60, vários estados norte-americanos começaram a reconhecer a importância de se manter uma vazão mínima garantida nos rios, refletindo, em alguns casos, na modificação da legislação ambiental (Loar e Sale, 1981 *apud* Gonçalves, 2003).

As décadas de 1970 e 1980 se caracterizaram como um período de testes, padronização e refinamento dessas metodologias (Wesche e Rechar, 1980 *apud* Gonçalves, 2003). Em outros países, como na África do Sul, tentativas de quantificar vazões ambientais apareceram nos anos 80 (King *et al.*, 2003 *apud* Moore, 2004); e na Austrália, ao final desta mesma década (Arthington e Pusey, 2003; Schofield *et al.*, 2003 *apud* Moore, 2004). Segundo Tharme (2003), países como o Brasil, República Tcheca, Japão e Portugal iniciaram o processo de estimar vazões ambientais mais tarde, e em muitas partes do mundo, particularmente em regiões em desenvolvimento, são ainda incipientes.

A seguir serão apresentadas algumas das denominações e definições para vazões ambientais que devem permanecer nos cursos d'água para resguardar certas características dos ecossistemas, seja para uso econômico seja para

preservação ambiental, observando-se a inexistência de consenso quanto a essas denominações, definições e objetivos de preservação.

3.2.1 – Vazão Mínima

O conceito de vazão mínima originou-se nos Estados Unidos como uma vazão padrão para limitar a extração de água durante a estação seca (*World Bank*, 2003). Segundo Lamb (1995), até 1975, o termo vazão mínima era a expressão mais usada para descrever a quantidade mínima de água a ser conservada no rio, de modo a atender às demandas dos ecossistemas aquáticos.

A Agência Nacional de Águas – ANA (2007) define vazão mínima ou remanescente como a vazão que inclui, além dos requisitos de conservação e de preservação do meio ambiente (vazão ecológica), os usos de recursos hídricos (consuntivos⁹ e não-consuntivos¹⁰) que devem ser preservados no corpo d'água, como a manutenção de calado para navegação, vazões mínimas de diluição¹¹ para atender à classe em que o corpo d'água estiver enquadrado e outros. Entretanto, Gonçalves (2003) se refere à vazão que atende a todas as demandas à jusante das derivações e regularizações incluindo a demanda para a biota aquática como vazão reservada.

3.2.2 – Vazão Mínima Garantida

A vazão mínima garantida é a vazão que permite assegurar a conservação e a manutenção de ecossistemas aquáticos naturais, a produção de espécies com interesses desportivo ou comercial, além de outros interesses de caráter científico ou cultural (Wesche e Rechard, 1980 *apud* Gonçalves, 2003).

⁹ Refere-se ao uso de água que diminui espacial e temporalmente as disponibilidades quantitativa e/ou qualitativa de um corpo hídrico (Christofidis, 2001).

¹⁰ São aqueles em que o consumo de água não ocorre, ou é muito pequeno e a água permanece ou retorna ao manancial; incluem navegação, recreação, mineração, manutenção de ecossistemas, diluição de resíduos, piscicultura, controle de cheias e geração de energia (Christofidis, 2001).

¹¹ É a parcela da vazão do corpo receptor necessária para diluir um lançamento de efluentes, de forma que a mistura resultante tenha concentração máxima permitida pelo enquadramento do respectivo trecho (Decreto Distrital nº 22.359 de 31 de agosto de 2001).

3.2.3 – Vazão Ecológica

Vazão ecológica foi a busca por restrições à quantidade de água que poderia ser retirada de um rio, na forma de uma vazão mínima que deveria permanecer neste mesmo rio após todas as retiradas de água para uso humano (Collischonn *et al*, 2005).

A vazão ecológica é considerada pelo Decreto Distrital nº 22.359, de 31 de agosto de 2001, como sendo a vazão mínima necessária para garantir a preservação do equilíbrio natural e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos.

3.2.4 – Vazão Mínima Ecológica

As vazões mínimas ecológicas, ou de preservação ambiental, são aquelas vazões mínimas necessárias que garantem a sobrevivência de ecossistemas; para defini-las é preciso um estudo multidisciplinar eco-hidrológico, ou seja, dados fluviométricos devem ser estudados em conjunto com a evolução dos ecossistemas dependentes do regime hidrológico do curso d'água, e isto abrange naturalmente a preservação da flora e da fauna que acompanham os períodos de estiagem (Silveira e Silveira, 2003).

3.2.5 – Vazão de Restrição

Vazão de restrição é a vazão que deve ser mantida no rio, de forma a assegurar a manutenção e a conservação dos ecossistemas aquáticos naturais, dos aspectos da paisagem, além de outros de interesse científico e cultural (ANA, 2004).

3.2.6 – Vazão de Referência

Vazão do corpo hídrico utilizada como base no processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGRH (Resolução CONAMA nº 357/2005).

3.2.7 – Vazão Ambiental

Segundo Dyson *et al.* (2003), vazão ambiental é a quantidade de água necessária à manutenção dos rios, terras úmidas adjacentes, zonas costeiras e sistemas de águas subterrâneas para que continuem exercendo suas funções, usos e benefícios a seus usuários; onde existam conflitos pelo uso da água e a vazão seja regulada.

E de acordo com o *World Bank* (2003), vários termos são usados para descrever vazões para manutenção ecológica de rios, entretanto, vazão ambiental é um termo que abarca todos os componentes do curso d'água, pois é dinâmico, reconhece a necessidade da variabilidade natural, e leva em conta as preocupações econômicas, sociais e biofísicas.

Por outro lado, o objetivo de implementação das vazões ambientais não é o retorno do manancial a condição pristina¹², e sim, estimar as demandas ambientais dos ecossistemas aquáticos, para que essas demandas juntamente com as necessidades sociais e econômicas possam ser consideradas no processo de alocação de água (Moore, 2004).

3.3 – MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE VAZÕES AMBIENTAIS

A crescente preocupação com a integridade dos ecossistemas aquáticos e ripários devido principalmente a excessiva extração de água e a processos de regularização em rios, levou ao desenvolvimento de mais de 200 metodologias em todo o mundo (Arthington *et al.*, 2006). Este ítem destina-se a apresentar os métodos de determinação de vazões ambientais mais utilizados no Brasil e no mundo.

Assim como existem diversos métodos para determinação de vazões ambientais, existem diferentes critérios para agrupá-los em categorias. Os autores os diferenciam pelos objetivos, quantidade e qualidade dos dados necessários à sua

¹² Condição natural

determinação, como também, o material humano para sua análise e implementação.

O *World Bank* (2003) propõe sua divisão dos métodos em duas categorias: i) métodos prescritivos, que resultam na recomendação de um valor único de vazão (ex: Tennant, Perímetro Molhado, Painel de Especialistas e Método Holístico) e ii) métodos interativos, que estão focados na interação entre mudanças nos regimes de vazão e aspectos do curso d'água em questão (ex: *IFIM* e *DRIFT*).

Dyson *et al.* (2003), classificam os métodos em quatro categorias com a intenção de produzir uma classificação que fosse facilmente acessível para não especialistas, são elas: i) métodos de tabelas – *Look-up table* – foram adotados para estabelecer vazões ambientais na operação de reservatórios onde nenhum ou poucos dados ecológicos estejam disponíveis (ex: Q_{95} e Tennant); ii) métodos de análises de escritório – *Desk top analysis* – podem ser puramente hidrológicos, ou levar em conta informações hidráulicas e aspectos ecológicos (ex: Método de Richter e Método do Perímetro Molhado); iii) métodos de análises funcionais – *Functional analysis* – buscam um maior entendimento das ligações funcionais entre os aspectos hidrológicos e ecológicos do sistema ribeirinho (ex: *Building Blocks Methodology* – *BBM*, *Expert Panel Assessment*, *Scientific Panel Approach*); e iv) método de modelagem de habitats – *Habitat modelling* – é aplicado descrevendo-se a relação entre a vazão, habitat e espécies juntamente com as propriedades físicas de trechos dos cursos d'água por meio do modelo computacional (*Physical Habitat Simulation* – *PHABISM*). Entretanto, Dyson *et al.*, (2003) descrevem separadamente o que intitulam de estruturas para determinação de vazões ambientais: i) *IFIM*; ii) *DRIFT* e iii) *CAMS*, considerando estas estruturas mais completas para análise e determinação de vazões ambientais.

Segundo Collischonn *et al.* (2005), estes métodos podem ser distribuídos em cinco categorias: i) hidrológicos (ex: Vazão $Q_{7,10}$, Curva de Permanência de Vazões e Método de Tennant); ii) hidráulicos (ex: Perímetro Molhado e Regressões Múltiplas); iii) classificação de habitats (ex: Método de Idaho, Método do Departamento de Pesca de Washington e *IFIM*); iv) holísticos (ex: *Building*

Blocks Methodology – BBM); v) outros métodos (ex: Vazão de Pulso de Enchentes).

Em revisão dos métodos de determinação de vazões mínimas, Bezerra (2001) e Gonçalves (2003) os classificam em cinco grupos embora tenham evidenciado exemplos diferentes para alguns dos métodos: i) hidrológicos (ex: $Q_{7,10}$, *Northern Great Plains Resource Program – NGPRP*, Método de Montana – Tennant e Método *Aquatic Base Flow – ABF*); ii) hidráulicos (ex: Método do Perímetro Molhado e Método de Idaho); iii) ecológicos (ex: *In-stream Flow Incremental Methodology – IFIM*); iv) sanitários (ex: *Stream Water Quality Model – QUAL2E*, *Water Analysis Simulation Program – WASP*); v) econômicos (ex: Método de Valoração de Demanda por Água, Método de Estimativa de Vazão Mínima Garantida, Método de Valoração Contingente – MVC, Método dos Custos de Viagem – MCV, Método dos Preços Hedônicos – MPH, Método Dose-Resposta – MDR, Método dos Custos de Reposição – MCR, e Método dos Custos Evitados – MCE).

Os exemplos de métodos de determinação de vazões ambientais que serão detalhados a seguir foram selecionados por serem mais amplamente utilizados no Brasil e por outros países, as estruturas para determinação de vazões ambientais – *IFIM*, *DRIFT*, *CAMS* – por serem formas mais amplas de avaliação, e a metodologia australiana *Macro Water Sharing Plans – MWSP*, por ser ponto de partida para o método proposto neste estudo. As quatro categorias e respectivos métodos descritos a seguir são propostos por Collischonn *et al.* (2005) e Sarmiento (2007), e as estruturas são propostas por Dyson *et al.* (2003).

3.3.1 – Métodos Hidrológicos

Os métodos hidrológicos caracterizam-se por estabelecer vazões de restrição usando somente dados de séries históricas de vazão, entendendo que esta vazão é suficiente para a manutenção de certas características do ecossistema. São métodos considerados simples, baratos, de fácil aplicação e necessitam basicamente de dados hidrológicos coletados em estações fluviométricas, que, muitas vezes, são os únicos disponíveis para a região de estudo. Os métodos

dessa categoria utilizam ferramentas da hidrologia estatística, como média, mediana e curva de permanência para fornecer as recomendações de vazão mínima garantida (Gonçalves, 2003). Das 207 metodologias identificadas em todo o mundo, os métodos hidrológicos possuem o maior percentual de utilização, correspondente a 29,5% (Tharme, 2003).

Esses métodos apresentam, no entanto, grande especificidade relativamente ao local e espécies para os quais foram desenvolvidos e apresentam limitações (Alves e Henriques, 1994), devendo ser utilizados apenas em nível de levantamento preliminar na gestão de recursos hídricos e identificação de pontos críticos em bacias hidrográficas.

Ainda que haja o entendimento sobre a necessidade de estabelecer estudos holísticos para determinação de vazões ambientais para cursos d'água observando os diversos aspectos destes ecossistemas, o Brasil tem adotado critérios estatísticos para a determinação dessas vazões. Do ponto de vista ambiental, não há qualquer fundamentação científica nos critérios de outorga em vigor no Brasil, esses são números baseados, exclusivamente, em estatísticas de vazão observada, apenas sob aspectos quantitativos, visando somente, à garantia de existência de água para usos antrópicos e a manutenção de saldo hídrico em situações de escassez (ANA, 2007).

As principais funções hidrológicas utilizadas para definir vazões de referência para outorga de recursos hídricos no Brasil são a $Q_{90\%}$, a $Q_{95\%}$ e a $Q_{7,10}$. A $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$ caracterizam uma situação de permanência, enquanto, a $Q_{7,10}$ indica uma situação de estado mínimo (Tucci e Mendes, 2006).

3.3.1.1 – Vazão Mínima de Referência – $Q_{7,10}$

A Curva de Frequência de Vazão Mínima – $Q_{7,10}$ é considerada um valor de referência para identificação de vazões mínimas. A $Q_{7,10}$ é uma função hidrológica usada para recomendação de vazão mínima, depois de calculada a média mínima de sete dias consecutivos que pode ser igualada ou inferiorizada uma vez a cada dez anos em média. Entretanto, esta função pode ser calculada para diferentes

combinações de número de dias e período de retorno. Estimativas de freqüências de vazões mínimas, são usadas atualmente em avaliações de disponibilidade hídrica para uso quali-quantitativo (Cruz, 2001).

3.3.1.2 – Vazão Mínima de Permanência – $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$

A curva de permanência é uma função hidrológica que representa a probabilidade de ocorrência de vazões, ou seja, a percentagem de tempo em que uma vazão é igualada ou excedida para determinado período, onde podem ser utilizados dados de vazões diárias, semanais, mensais ou anuais, havendo uma curva individualizada para cada ponto de curso d'água em dado intervalo de tempo e dada seção. Observa-se na Figura 3.1 um aumento dos valores de vazão na faixa de permanência de vazões mínimas devido à ampliação da escala temporal (Silveira e Silveira, 2003).

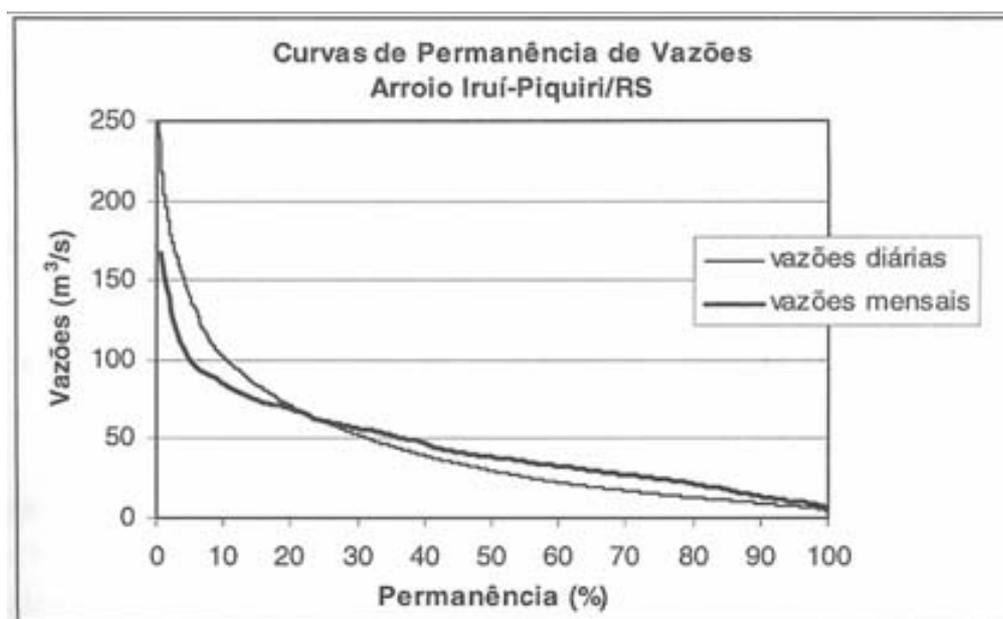


Figura 3.1 – Curvas de permanência de vazões mensal e diária – Arroio Iruí-Piquiri/RS (Silveira e Silveira, 2003).

No caso das curvas de permanência $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$, as vazões são igualadas ou excedidas em 90 e 95% do tempo respectivamente, de acordo com a curva de permanência estabelecida segundo séries históricas de vazão do período estudado para determinado trecho, ou para o curso d'água como um todo.

A relação entre o hidrograma¹³ e a respectiva curva de permanência pode ser observada na Figura 3.2. A curva de permanência pode ser determinada por meio da equação de probabilidade de posição de locação, ordenando-se os valores de forma decrescente, entretanto o limite inferior da curva não fica definido com 100% (Tucci e Mendes, 2006). A cada valor é associada uma frequência, onde a maior vazão (vazão de pico) é o valor correspondente a parte superior da curva (curva toca o eixo das ordenadas), e a menor vazão do período estudado é o menor valor correspondente a curva no eixo das ordenadas, estando os valores intermediários dispostos em ordem decrescente dentro deste intervalo.

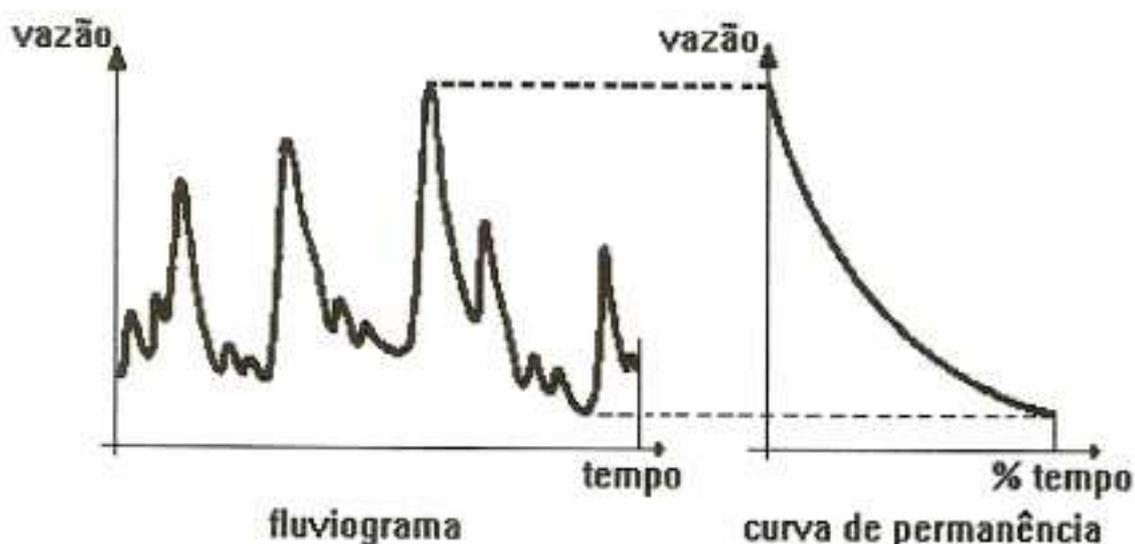


Figura 3.2 – Representação esquemática do fluviograma e respectiva curva de permanência baseada em Quimpo e McNally (1983) *apud* Cruz (2001).

3.3.1.3 – Método de Tennant ou Montana

O Método de Tennant ou Montana originou-se de estudo feito por Tennant no ano de 1976 com a ajuda de hidrólogos e biólogos, a partir de dados de centenas de rios do meio-oeste americano (Dyson *et al.*, 2003). Foram relacionadas, então, percentagens da vazão média anual a diferentes qualidades de habitat para peixes, determinando assim as vazões mínimas necessárias à manutenção dos

¹³ Hidrograma ou fluviograma é o registro temporal da produção hídrica da bacia, constituindo-se na série cronológica das vazões, podendo ser descrito como uma sucessão de cheias intercaladas por períodos de estiagem (Silveira e Silveira, 2003)

ecossistemas aquáticos, recreação e recursos ambientais vinculados (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Recomendações de vazão mínima garantida a partir de categorias de percentagem de vazão média anual do método de Montana (Tennant, 1976).

DESCRIÇÃO DA QUALIDADE DAS VAZÕES	REGIMES DE VAZÕES MÍNIMAS RECOMENDADAS ⁽¹⁾	
	OUTUBRO-MARÇO ⁽²⁾	ABRIL-SETEMBRO ⁽³⁾
Máxima ⁽⁴⁾	200%	200%
Faixa ótima	60-100%	60-100%
Excelente	40%	60%
Muito boa	30%	50%
Boa	20%	40%
Degradante (fraca)	10%	30%
Mínima (pobre)	10%	10%
Degradação elevada	10-0%	10-0%

(1) Percentagem em relação à vazão média anual.

(2) Período seco.

(3) Período chuvoso.

(4) Vazão recomendada para lavagem do substrato (transporte de sedimentos).

Basicamente, Tennant (1976) concluiu que 10% da vazão média anual é a vazão mínima que proporciona hábitat saudável para grande parte dos organismos aquáticos, por curto espaço de tempo, 30% da vazão média anual é o mínimo recomendado para a manutenção de um bom hábitat para a maioria dos organismos aquáticos e 60% da vazão média anual é a percentagem que proporciona uma qualidade de hábitat excelente para a maioria dos organismos aquáticos e dos usos recreativos no curso d'água.

Entretanto, alguns autores concluem que métodos baseados em proporções da vazão média anual não são adequados para estabelecer regimes de vazão, no Texas (EUA), elas freqüentemente resultam em valores superestimados (Dyson *et al.*, 2003).

3.3.2 – Métodos Hidráulicos

Os métodos de classificação hidráulica também utilizam-se de dados hidrológicos (*World Bank*, 2003). Entretanto, consideram a relação entre a descarga e o habitat aquático por meio de parâmetros hidráulicos como profundidade, perímetro molhado e largura, obtidos em campo, em seções transversais estrategicamente selecionadas para permitir uma avaliação adequada (Gonçalves, 2003).

A seleção de variáveis que são afetadas pela variação nos padrões de vazão, e que possam afetar organismos aquáticos, é fundamental para a aplicação dessa categoria de métodos. As vazões ambientais são obtidas através de gráfico no qual é representado a variável em estudo e a vazão (Sarmiento, 2007).

Esses métodos têm maior consideração ecológica que os métodos hidrológicos, mas, para sua correta aplicação, os métodos hidráulicos necessitam de relações específicas para a região de estudo (Collischonn *et al.*, 2005).

Dentre as categorias de métodos de determinação de vazão ambiental, as metodologias hidráulicas posicionam-se em terceiro lugar entre as mais utilizadas no mundo (11,1%), e são as mais utilizadas na América do Norte (76%) com grande uso também, na Europa e Australásia (Tharme, 2003).

3.3.2.1 – Método do Perímetro Molhado

O método do perímetro molhado sugere vazões mínimas relacionando a vazão a mudanças no perímetro molhado de seções transversais consideradas críticas no curso d'água.

A aplicação se dá em três etapas: i) seleção de uma ou mais seções críticas do curso d'água, onde julga-se haver grande variação do perímetro molhado com a mudança da vazão, que possam afetar o ecossistema aquático (zonas de corredeiras onde a velocidade é alta e a profundidade baixa); ii) são feitas medições de velocidade do fluxo e profundidade da seção, sendo necessárias

várias medições de vazão para utilização de simulação hidráulica, com valores bastante diferenciados para calibração do modelo e iii) traça-se um gráfico relacionando o perímetro molhado à vazão do curso d'água, identifica-se então o ponto na curva em que o aumento da vazão produziria um aumento pouco significativo no perímetro molhado; sendo esse valor a vazão mínima para o curso d'água em questão (Figura 3.3).

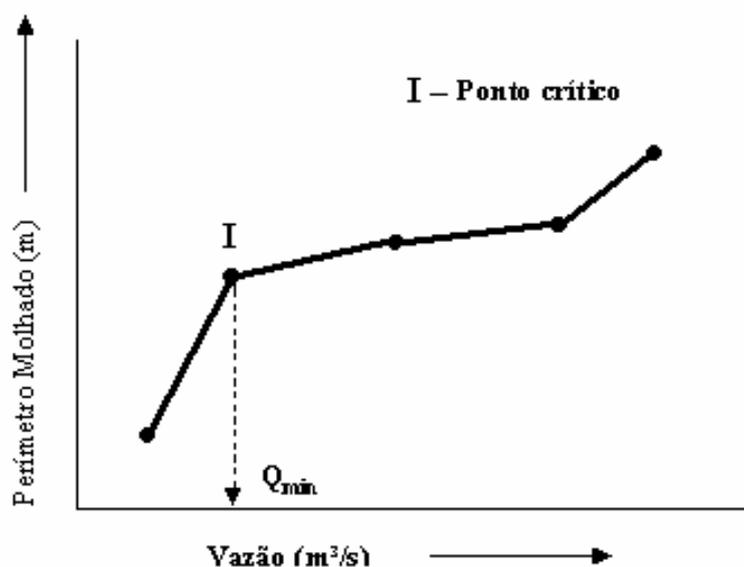


Figura 3.3 – Definição de vazão mínima garantida no método do perímetro molhado a partir do ponto crítico (Loar e Sale, 1981 *apud* Gonçalves, 2003)

Lopes (2001), aplicando diversas metodologias para a determinação de vazão ecológica na Barragem do Touvedo no noroeste de Portugal, afirma que, apesar da definição da vazão ecológica pela metodologia do perímetro molhado ser muito simples, a escolha do principal ponto de inflexão da curva é muito subjetiva.

3.3.3 – Métodos de Classificação de Hábitats

Os métodos classificados por Collischonn *et al.* (2005) como de avaliação de hábitats, caracterizam-se por análises detalhadas de qualidade e quantidade de hábitat disponível para tipos de organismos aquáticos selecionados, em relação a diferentes regimes de vazão, por meio de informações sobre o espaço físico necessário ao desenvolvimento de determinadas espécies aquáticas, indicam-se vazões que proporcionam aos peixes a maior quantidade de hábitat propício, esses métodos requerem estudos de campo intensivos sobre as características

hidráulicas do rio e condições de hábitat necessárias para os peixes (Gonçalves, 2003).

Os métodos de classificação de hábitats posicionam-se em segundo lugar dentre as categorias de métodos mais utilizadas no mundo com 28%, dentre as metodologias utilizadas nos EUA, 51% são metodologias que utilizam o hábitat para a avaliação (Tharme, 2003).

3.3.3.1 – Método de Idaho

É uma metodologia de determinação de vazões ambientais elaborada para grandes rios do Estado de Idaho nos EUA. Ele tem por objetivo prognosticar a perda de hábitat de acordo com a redução nas descargas utilizando um modelo de simulação hidráulica, e relacionando essa perda com as condições físicas e biológicas do hábitat estudado. Esse método também faz recomendações de vazões mínimas garantidas adequadas para a passagem, reprodução e crescimento dos peixes (Morhardt, 1986 *apud* Gonçalves, 2003).

Para a simulação hidráulica, são selecionadas seções transversais críticas, nas quais são feitos levantamentos de dados de profundidade, velocidade e substrato do leito no período de vazões mais baixas e utilizadas simulações hidráulicas. Para determinar as vazões mínimas garantidas, é selecionada a vazão mais alta entre as vazões mínimas recomendadas para circulação, postura e crescimento dos peixes, para o período considerado (Bezerra, 2001).

3.3.4 – Métodos Holísticos

A partir da década de 90 do Século XX, abordagens holísticas começaram a ser desenvolvidas e aplicadas por especialistas sul-africanos e australianos. Atualmente, essas abordagens são cada vez mais encontradas em métodos de determinação de vazões ambientais. Fazendo uso de times de especialistas, inclusive com a participação de *stakeholders* (Dyson *et al.*, 2003).

Os métodos holísticos têm por objetivo definir vazões mínimas, máximas e de cheia (hidrograma ecológico) visando a manutenção ou a restauração de aspectos físicos, bióticos e de qualidade das águas, buscando atender, também, os usos humanos no rio ou bacia hidrográfica em questão. Portanto, a avaliação pode ser considerada holística não só por procurar mimetizar as vazões naturais, observando suas interações com o ecossistema aquático e terrestre, como também por priorizar o envolvimento das partes interessadas no seu uso e preservação.

Os métodos holísticos, assim como os métodos de classificação de habitats, contemplam várias etapas, incluindo uma identificação das características físicas e ambientais do local de estudo, um plano de estudo elaborado por uma equipe multidisciplinar, chegando até a análise de diferentes alternativas antes da tomada de decisão (Collischonn *et al.*, 2005).

A utilização de metodologias holísticas se destaca a região da Australásia com 65% de uso, em segundo plano no uso desta metodologia está a África com 29%, e na Europa o seu uso se restringiu a região do Reino Unido (Tharme, 2003).

3.3.4.1 – *Building Block Methodology* – *BBM*

O Método de Construção de Blocos – *BBM* é uma abordagem essencialmente prescritiva, criada para a construção de um regime de vazão para manutenção de rios numa condição pré-determinada.

Segundo Postel e Richter (2003), trata-se de uma metodologia holística que leva em conta a saúde (estrutura e função) de todos os componentes do ecossistema ribeirinho, ao contrário do foco em espécies selecionadas, como proposto por outras metodologias. Essa abordagem holística tem sido aplicada a diversos cursos d'água na África do Sul e Austrália.

3.3.4.2 – Benchmark Methodology

Segundo Postel e Richter (2003), cientistas australianos avaliaram as metodologias existentes e verificaram que elas se estabeleciam sob a premissa da quantidade de água que os rios precisam para sua recuperação (mais adequadas a rios já degradados que precisam de restauração ecológica – o que torna os resultados subestimados – esses cientistas decidiram, então, desenvolver uma metodologia que identificasse o nível de alteração na vazão cujas mudanças ecológicas importantes começariam a ser detectadas.

Surgiu então a metodologia denominada *Benchmark* mais adequada para rios em condição relativamente pristina, que estão sendo cogitados como futuros mananciais, onde a grande preocupação seria quanta alteração das vazões ambientais pode ser realizada.

Para a aplicação do método são feitas extensivas coletas de dados de características físicas e bióticas de diferentes locais dentro de bacias hidrográficas. Cada uma das variáveis estudadas é avaliada segundo os níveis: i) natural; ii) próximo ao natural, e iii) uma maior modificação comparada ao nível natural. Uma vez definido esse *status* para cada variável são avaliados os níveis de alteração hidrológica, a partir dos quais, os impactos são menores e quando eles se tornam de maior relevância para os ecossistemas (Postel e Richter, 2003).

3.4 – ESTRUTURAS PARA DETERMINAÇÃO DE VAZÕES AMBIENTAIS

Ainda segundo Dyson *et al.* (2003), estruturas mais conhecidas de estimativas de vazões ambientais são *IFIM*, *DRIFT* e *CAMS*. Os autores as diferenciam das outras metodologias e abordagens existentes, por serem estruturas amplas de avaliação, que identificam o problema, usam a melhor metodologia de determinação de vazões ambientais existente (como aquelas vistas anteriormente) e apresentam os resultados aos tomadores de decisão. Essas estruturas são apresentadas abaixo.

3.4.1 – *In-stream Flow Incremental Methodology – IFIM*

O *In-stream Flow Incremental Methodology – IFIM* é uma estrutura para determinar os impactos nos ecossistemas ribeirinhos relacionados às mudanças no regime de vazão dos cursos d'água. O *US Fish and Wildlife Service* desenvolveu esta estrutura e seu uso se tornou uma exigência legal em alguns estados dos EUA, especialmente para determinar os impactos das represas ou de abstrações. Este método consiste de cinco fases: (1) Identificação de problemas; (2) Planejamento do projeto e caracterização da bacia; (3) Desenvolvimento de modelos; (4) Formulação e teste de cenários; (5) Resultados e negociações. A estrutura considera preocupações políticas e técnicas, há integração entre micro e macro hábitat. Um estudo completo demanda tempo, e somado a um grande número de itens a serem avaliados e podem gerar críticas por parte dos usuários (Dyson *et al.*, 2003).

3.4.2 – *Downstream Response to Imposed Flow Transformation – DRIFT*

O *Downstream Response to Imposed Flow Transformation – DRIFT* foi desenvolvido na África do Sul, com sua maior aplicação ocorrendo no Lesotho. É similar ao método *Building Block Methodology – BBM* e possui uma forma mais holística de trabalhar todos os aspectos dos ecossistemas ribeirinhos. É uma estrutura baseada no uso de cenários, suprimindo os tomadores de decisão com várias opções de regimes de vazão futuros, juntamente com as conseqüências para as condições dos cursos d'água. A estrutura *DRIFT* possui quatro módulos para determinar os vários cenários e suas implicações ecológicas, sociais e econômicas. Provavelmente sua característica mais importante e inovadora seja um robusto módulo de avaliação sócio-econômica, que descreve os impactos previstos para cada cenário com relação à abstração para subsistência dos usuários. Os módulos são: (1) biofísico – hidrologia, hidráulica, geomorfologia, qualidade da água, vegetação ribeirinha e aquática, invertebrados aquáticos, peixes, mamíferos semi-aquáticos, herpetofauna, micobiota; (2) Socioeconômico – estudos sociais são conduzidos para todos os recursos do curso d'água de propriedade comum usados pelos usuários para a sua subsistência. Os recursos usados são contabilizados e todos os estudos são relacionados ao regime de

vazão, com o objetivo de prever como as pessoas serão afetadas por mudanças específicas neste regime; (3) Construção de cenários – As mudanças previstas no ecossistema são descritas com base nos dados obtidos nos módulos 1 e 2. O impacto previsto para cada cenário também é descrito; (4) Econômico – Os custos de compensação para usuários é calculado para cada cenário. Há inovação na introdução de um módulo sócio-econômico, por causa da sua natureza multidisciplinar. Um estudo *DRIFT* num sistema hídrico extenso pode custar mais de 1 milhão de dólares, e tem sido parte de estudos de implantação de represas (Dyson *et al.*, 2003).

3.4.3 – *Catchment Abstraction Management Strategies* – CAMS

Segundo Dyson *et al.* (2003), o *Catchment Abstraction Management Strategies* – CAMS foi desenvolvido no Reino Unido para assegurar que as necessidades dos usuários sejam encontradas salvaguardando o meio ambiente.

O processo CAMS inclui participação das partes interessadas (grupos de *stakeholders*) e uma metodologia de avaliação dos recursos e manejo (*RAM*). O primeiro passo é calcular o peso ambiental que determina a sensibilidade do curso d'água à redução da vazão. São avaliados quatro elementos do ecossistema: (1) Caracterização física; (2) Peixes; (3) Macrófitas; (4) Macroinvertebrados. Para cada elemento é dado um escore *RAM* de 1-5 (1 como sendo menos sensível à redução da vazão, e 5 sendo o mais sensível). Quando os escores para cada um dos quatro elementos estiverem definidos, estes são combinados entre si e então o curso d'água pode ser categorizado em cinco pesos ambientais diferentes **A**, **B**, **C**, **D** e **E**: **A** corresponde ao peso 5 e é o mais sensível; e **E** é o menos sensível e corresponde ao escore 1 (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Categorias ambientais utilizadas na abordagem CAMS de acordo com a sensibilidade à extração e a percentagem da $Q_{95\%}$ que pode ser extraída do corpo d'água (Dyson *et al*, 2003).

CATEGORIAS AMBIENTAIS	% Q_{95} QUE PODE SER ABSTRAÍDA
A	0-5%
B	5-10%
C	10-15%
D	15-25%
E	25-30%
Outras	Tratamento especial

3.5 – MACRO WATER SHARING PLANS – MWSP (NSW, 2006)

A baixa oferta de água, aliada ao aumento na sua extração provocam a diminuição da quantidade e da qualidade das águas dos rios em diversas partes do mundo. Na Austrália, o governo de *New South Wales* sentiu a necessidade de rever sua política de recursos hídricos, por meio de painéis multidisciplinares com especialistas, e estabelecer vazões ambientais para cursos d'água não regulados.

O objetivo primário da recente política de recursos hídricos australiana é promover a proteção dos ecossistemas dependentes de água, permitindo o manejo destes recursos de forma sustentável e o desenvolvimento de acordo com as necessidades dos atuais usuários de água e das futuras gerações (*Water and Rivers Commission*, 2000).

Deve-se ressaltar, também, que a estratégia nacional daquele país para o desenvolvimento ecologicamente sustentável adota o princípio da precaução. Este princípio estabelece que onde existam riscos de graves ou irreversíveis danos aos ecossistemas, a ausência de todos os dados para a avaliação não deve ser usada como razão para postergar medidas preventivas com relação a esta degradação (*Water and Rivers Commission*, 2000).

O *Macro Water Sharing Plans – MWSP (NSW, 2006)*, mecanismo para o estabelecimento de vazões ambientais usado como base para o presente estudo foi desenvolvido pelo governo de *New South Wales – Austrália*. A metodologia original foi definida para manejar o impacto cumulativo da extração, facilitar o mercado de água, tornar claros os direitos do meio ambiente, dos usuários, e do suprimento de água para as cidades (*NSW, 2006*). Apesar desta metodologia

permitir o mercado de água por parte dos usuários, apenas seu conceito foi aplicado ao presente estudo. O *Water Sharing Plans* é considerado o maior componente da *Australia's National Water Initiative* (NWC, 2004).

O processo de compartilhamento de água envolve o balanço entre o risco na sua extração para valores naturais do curso d'água, e a dependência econômica da comunidade no uso desta água, a metodologia australiana é desenvolvida em doze passos, contemplando os diversos componentes socioeconômicos e ambientais (NSW, 2006). Os doze passos serão descritos resumidamente a seguir:

O Passo 1 consiste em definir Unidades de Manejo de Extração (EMU) que são as maiores unidades territoriais do plano de compartilhamento de água, podem ser divididas em zonas menores, contanto que as áreas contenham um ou mais cursos d'água. Uma vez definidas as EMU's foram determinadas as dependências de vazão entre os cursos d'água e seus afluentes por meio de diagrama de forma a elucidar possíveis impactos cumulativos à jusante do local de extração de água.

O Passo 2 visa estimar o estresse hidrológico ao qual o curso d'água estava sendo submetido por meio da razão entre a quantidade de água extraída (baseada nas necessidades de água das culturas agrícolas) relativamente a vazão disponível. É considerado um importante indicador da competição entre usuários de água.

O Passo 3 busca determinar valores para os cursos d'água (*Instream Values*) por meio de dados ecológicos, econômicos e culturais dos cursos d'água que podem ser influenciados pela redução na vazão. Dentre os valores ecológicos estudados estão: i) Integridade do meio físico: estresse hidrológico (razão entre demanda do mês mais crítico e a vazão disponível), presença de barreiras, integridade da vegetação ripária (percentagem de cobertura das margens com vegetação ripária), condições de estuário (classificação das condições do estuário); ii) Diversidade: integridade da ictiofauna, diversidade de macroinvertebrados, diversidade da fauna ripária (percentagem de as espécies encontradas) e Sargaço (percentagem da área coberta por sargaço); iii) Raridade: espécies,

populações e/ou comunidades ameaçadas; iv) Características especiais: refúgio nas secas (baseada em condições geomórficas), representatividade (relativo a número de estuários), presença de áreas protegidas/ou tombadas, rios íntegros (classificação quanto a condição pristina), presença de espécies ícone, presença de espécies migratórias (denominadas *Jamba or Camba*). Os valores econômicos para este indicador dizem respeito à não extração de água: i) Turismo local; ii) Pesca comercial (quantidade de peixes capturada relativo à área de estuário); iii) Pesca recreacional (importância relativa); iv) outras formas recreacionais. Quanto aos valores culturais para composição do valor do curso d'água temos os valores locais representados pela presença de Parques Nacionais e/ou Estaduais (existência e dependência dos cursos d'água existentes).

O Passo 4 trata da determinação da suscetibilidade e risco hidrológico proveniente da redução na vazão em estuários. Este passo é necessário somente para bacias costeiras (NSW, 2006). A suscetibilidade à redução na vazão relaciona a redução o regime de vazão à salinidade nos estuários.

O Passo 5 visa estimar o valor da extração e a dependência econômica da comunidade com relação a extração de água. Estes cálculos são baseados no volume e no valor econômico da água extraída (que varia com o uso); e impactos sociais da extração de água. O cálculo do valor de extração considerou somente usos para irrigação, uso doméstico e dessedentação de animais.

O Passo 6 determina os tipos de cursos d'água que foram avaliados nas seguintes categorias: i) *Gaining streams* – são aqueles cursos d'água nos quais a vazão aumenta por meio de um tributário ou de aporte de águas subterrâneas de acordo com o seu movimento para jusante; ii) *Connected Streams* – são aqueles com uma forte interação entre a superfície e as águas subterrâneas; iii) *Losing Terminal or Effluent Streams* são aqueles em que não existe vazão no final da fonte de água por uma significativa parte do tempo; iv) *Tidal Pools* – são aquelas seções dos cursos d'água costeiros que são afetadas pelas marés e pela água proveniente da bacia; v) *Estuaries* – são qualquer parte de cursos d'água afetados por marés.

O Passo 7 tem por objetivo estimar riscos para os valores dos cursos d'água devido a extração em cada uma das fontes de água, envolvendo dois fatores, avaliação de riscos e impactos cumulativos. i) Avaliação de Riscos – para o estabelecimento de planos de compartilhamento de água é necessário a avaliação dos riscos para os valores dos cursos d'água que ocorrem pela extração, e este risco é calculado por meio da multiplicação do valor do curso d'água obtido no passo 3 e do estresse hidrológico obtido no passo 2; ii) Impactos cumulativos – são obtidos usando-se o diagrama das dependências de vazão do Passo 1 e a percentagem de extração ocorrendo a jusante da fonte de água em questão.

O Passo 8 visa reunir e considerar de forma extensiva as políticas de compartilhamento de água e estrutura legislativa já existentes para que as reformas no manejo de água em *New South Wales* fossem efetivas; e estabelece objetivos para vazão dos rios (RFOs) que representam características chave dos regimes de vazão que suportam ou afetam valores ambientais, tais como: proteger a vazão mínima natural dos cursos d'água, manter a água subterrânea dentro de níveis naturais e variabilidade crítica para vazões em águas superficiais e ecossistemas, dentre outros. Estas políticas e a estrutura administrativa provêm a base administrativa para o *Macro Water Sharing Plans –MWSP*.

O Passo 9 visa determinar regras para o mercado de troca de títulos de água. O gerenciamento da negociação de licenças teve como objetivo a proteção de altos valores dos cursos d'água, a diminuição do estresse hidrológico em bacias, e proporcionar oportunidades de desenvolvimento econômico em bacias que não estão sob estresse hídrico. As regras de troca foram estabelecidas pela análise conjunta de dois parâmetros: o estresse hidrológico obtido no Passo 2 e o valor do curso d'água obtido no Passo 3.

O Passo 10 visa determinar as regras de acesso à água por meio de comparação entre os parâmetros: dependência econômica obtida no Passo 5 e o risco para o curso d'água obtido no Passo 7. As regras são classificadas em quatro níveis para facilitar o acesso e o impacto das licenças já existentes, sendo o nível 1 o maior nível de proteção e o nível 4 o de menor proteção.

O Passo 11 reúne as regras e acordos já existentes para cada fonte de água e estas foram documentadas. Isto incluiu: regras formais ou informais usadas pelo *NSW* ou grupos de usuários; condição das licenças já existentes; localização de estações de medição e pontos de controle e se a condição de licenças existentes refletem diferentes níveis de acesso à vazão.

O Passo 12 consiste nos painéis regionais para a recomendação das regras para o compartilhamento de água. Os Passos de 1 a 10 permitiram uma avaliação técnica a ser usada pelos painéis regionais. As regras contidas nos Passos 9 e 10 foram indicativas e elaboradas somente como guias. A comparação das regras indicativas com os acordos existentes permitiu aos painéis regionais julgar a adequação das regras existentes em termos de proteção dos valores dos cursos d'água e manejar riscos. Os painéis regionais também consideram a habilidade de manejar e monitorar a vazão nas fontes de água.

3.6 – APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE DETERMINAÇÃO DE VAZÕES AMBIENTAIS NO BRASIL

O tema vazões ambientais é bastante recente no Brasil, tendo sido pouco explorado em estudos até o momento. Os trabalhos de pesquisa existentes aplicam metodologias diversas, resultado da falta de consenso ressaltada anteriormente. Dentre as metodologias aplicadas predominam as de caráter hidrológico e hidráulico. Neste ítem serão apresentados os principais trabalhos elaborados no Brasil sobre vazões ambientais segundo revisão de Sarmiento (2007), e mais especificamente no Distrito Federal, serão descritos resumidamente os resultados dos trabalhos de Bezerra (2001) e Gonçalves (2003).

3.6.1 – Aplicação de metodologias no Brasil

Sarmiento (2007), em revisão do estado da arte em vazões ambientais (intituladas pelo autor como vazões ecológicas), enumera as diversas denominações existentes, métodos para determinação mais utilizados, e sua aplicação no Brasil. Esses eventos estão descritos na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 Listagem de estudos relacionados à determinação de vazões ambientais no Brasil (modificado de Sarmento, 2007)

ANO	AUTORES	EVENTO
1999	Sarmento <i>et al.</i>	Apresentam revisão do estado da arte em vazões ecológicas.
1999	Pelissari <i>et al.</i>	Desenvolveram estudos de Índice de Preferência de Hábitats – IPH para peixes na determinação de vazão residual no Rio Timbuí (ES).
2000	Pelissari <i>et al.</i>	Realizaram o primeiro trabalho de pesquisa formal no Brasil sobre vazões ecológicas, utilizando os métodos <i>IFIM</i> , Tennant, Perímetro Molhado, ABF e $Q_{7,10}$ para determinação da vazão ecológica no Rio Timbuí (ES).
2001	Pelissari <i>et al.</i>	Determinação da demanda ecológica para o Rio Santa Maria da Vitória (ES).
2001	Pelissari <i>et al.</i>	Vazão ecológica a ser considerada no licenciamento ambiental dos sistemas de abastecimento de água.
2003	Pelissari <i>et al.</i>	Vazão ecológica para o Rio Santa Maria da Vitória (ES).
2003	Benetti <i>et al.</i>	Apresentam uma revisão dos métodos empregados para definição de vazões residuais agrupando-os em: hidrológicos, hidráulicos, de regressões múltiplas, de classificação de hábitats, holísticos e informais.
2003	Marques <i>et al.</i>	Determinação da influência dos métodos de determinação da vazão ecológica no custo de geração de energia em aproveitamentos hidroelétricos.
2003	Curado, L.C.	Aplicação de métodos para o estabelecimento de vazões mínimas de referência em sub-bacias do Rio Miranda (MS).
2004	Pelissari <i>et al.</i>	Determinação de vazão ecológica do Rio Santa Maria da Vitória, para caracterização da disponibilidade hídrica atual e futura da Grande Vitória (ES).
2004	ANA	Na ocasião de elaboração do Plano Decenal (2004-2013) para a Bacia do Rio São Francisco, utilizou-se o método de Tennant para a determinação da vazão ecológica para a sobrevivência de peixes e definiu-se a vazão ecológica para a foz de 1.300m ³ /s.
2004	Luz	Traz discussão sobre aspectos da ecologia de rios, enfatizando fundamentos e a importância dos processos hidrológicos e biogeoquímicos, das cabeceiras à foz, como também em áreas úmidas adjacentes à calha do rio.
2004 – 2006	Sarmento <i>et al.</i>	Executaram projeto de pesquisa e desenvolvimento da ANEEL, para a determinação da vazão ecológica do Rio Paraíba do Sul a jusante da Usina Hidroelétrica de Funil (RJ) pelo método <i>IFIM</i> .
2005	Collischonn <i>et al.</i>	Apresentam algumas reflexões acerca dos critérios utilizados para definir as vazões remanescentes em rios, procurando demonstrar a necessidade de um hidrograma ecológico.
2005	Sarmento <i>et al.</i>	Elaboraram trabalho intitulado metodologia para avaliar a vazão ecológica do Rio Paraíba do Sul a jusante da Usina Hidroelétrica de Funil.
2006	Luz	Empregou o modelo <i>Indicators of Hydrologic Alteration – IHA</i> para analisar as alterações ocorridas no regime fluvial do baixo trecho do Rio São Francisco.
2006	Froes	Empregou método de Tennant na elaboração de planos diretores de recursos hídricos das bacias do Rio das Velhas e Rio Paracatu (MG)

3.6.2 – Aplicação de metodologias no Distrito Federal

O trabalho de Bezerra (2001) teve como objetivo avaliar diferentes métodos para auxiliar no processo de definição de vazões ambientais (denominadas pelo autor de vazões mínimas garantidas) em cursos d'água, desenvolvendo um diagrama decisório (Fluxograma Teórico de Avaliação – FTA) que indicaria, ao gestor, em quais circunstâncias de decisão e de base de informações cada um desses métodos e técnicas poderia ser utilizado, ou para estabelecer um programa de levantamento complementar de dados. Foram aplicados por Bezerra (2001), em trecho a jusante da Barragem do Rio Descoberto (DF), as metodologias: hidrológicas (Montana, $Q_{7,10}$, $Q_{90\%}$) e hidráulicas (Perímetro Molhado) e os resultados obtidos estão apresentados resumidamente na Figura 3.4.

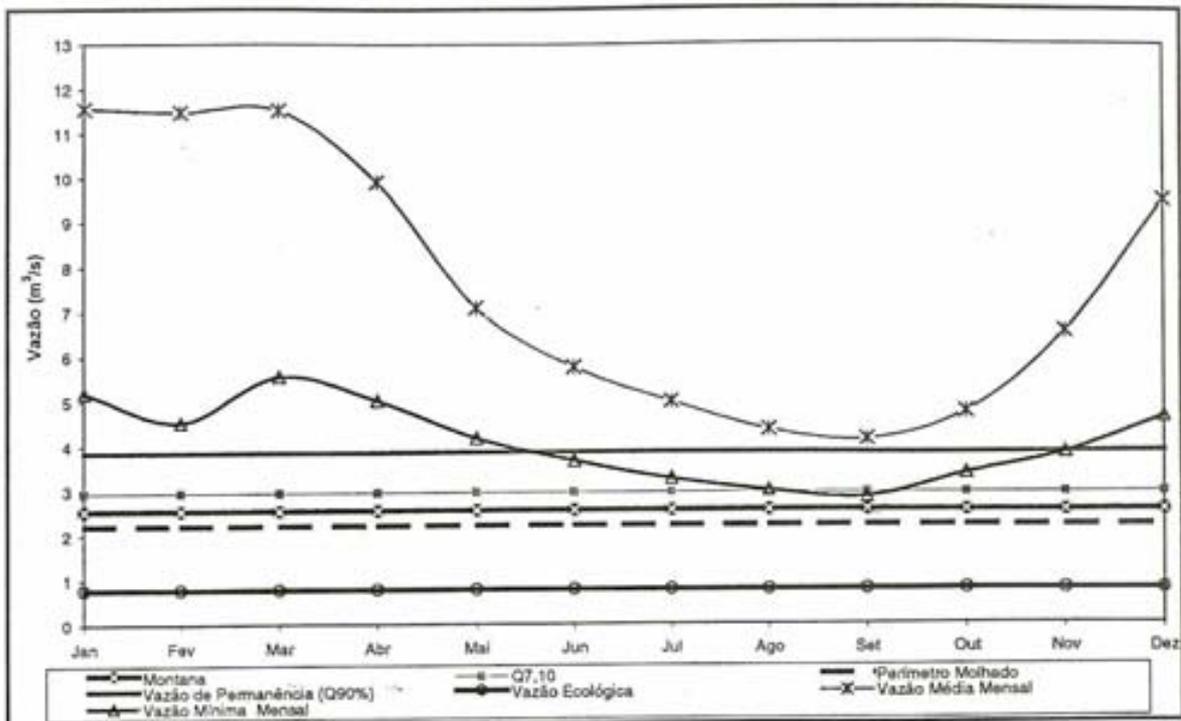


Figura 3.4 Vazões recomendadas para cada mês do ano na aplicação de métodos hidrológicos e hidráulicos recomendados pelo FTA, em trecho à jusante da Barragem do Rio Descoberto (Bezerra, 2001)

Quanto aos resultados, Bezerra (2001) concluiu que a aplicação do Método de Montana leva a definir um único valor para a vazão mínima garantida sem qualquer relação com a ictiofauna do ecossistema, e que o valor da vazão encontrado ficou superestimado em comparação com o Método do Perímetro Molhado e critério de outorga chamado de vazão ecológica (20% da $Q_{90\%}$). O

método do perímetro molhado, que envolve correlação de vários parâmetros hidráulicos para as condições do hábitat, apresentou uma vazão mínima garantida inferior à dos outros métodos (Montana, $Q_{7,10}$, $Q_{90\%}$). Entretanto, a vazão mínima garantida (vazão ecológica) obtida por meio de percentagem do critério de outorga (20% da $Q_{90\%}$) foi o menor valor encontrado.

Gonçalves (2003), teve como objetivo do seu trabalho a avaliação, teste e verificação do suporte metodológico denominado Fluxograma Teórico de Avaliação desenvolvido por Bezerra (2001), com vistas ao seu aprimoramento. Para isso, aplicou o FTA e diversos métodos de determinação de vazão mínima garantida (NGPRP, Montana, Perímetro Molhado, ABF, $Q_{90\%}$, $Q_{7,10}$) a duas seções do Rio São Bartolomeu (DF). Os resultados estão demonstrados nas Figuras 3.5 referente ao primeiro trecho, e 3.6 referente ao segundo trecho estudado.

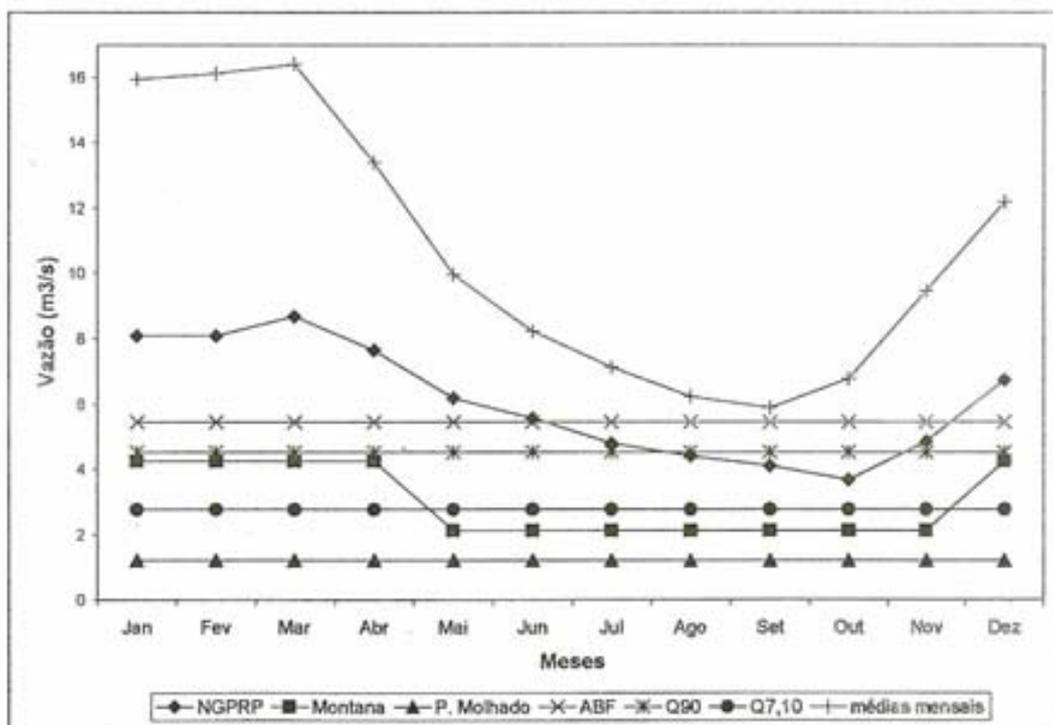


Figura 3.5 Comparação entre os métodos indicados no FTA e vazões médias mensais para o primeiro trecho estudado no Rio São Bartolomeu (Gonçalves, 2003)

Gonçalves (2003), descreve o Método ABF como bastante conservativo para o período de estiagem (maiores valores de vazão mínima garantida permanecem no curso d'água) nos dois trechos avaliados. O método do Perímetro Molhado como aquele que geralmente fornece uma recomendação de vazão mínima

garantida relativamente baixa em relação aos demais métodos para seções transversais com geometria regular, em que o ponto crítico da curva do perímetro molhado em função da vazão ocorre em profundidades muito baixas, suficientes apenas para manter o leito do rio com água.

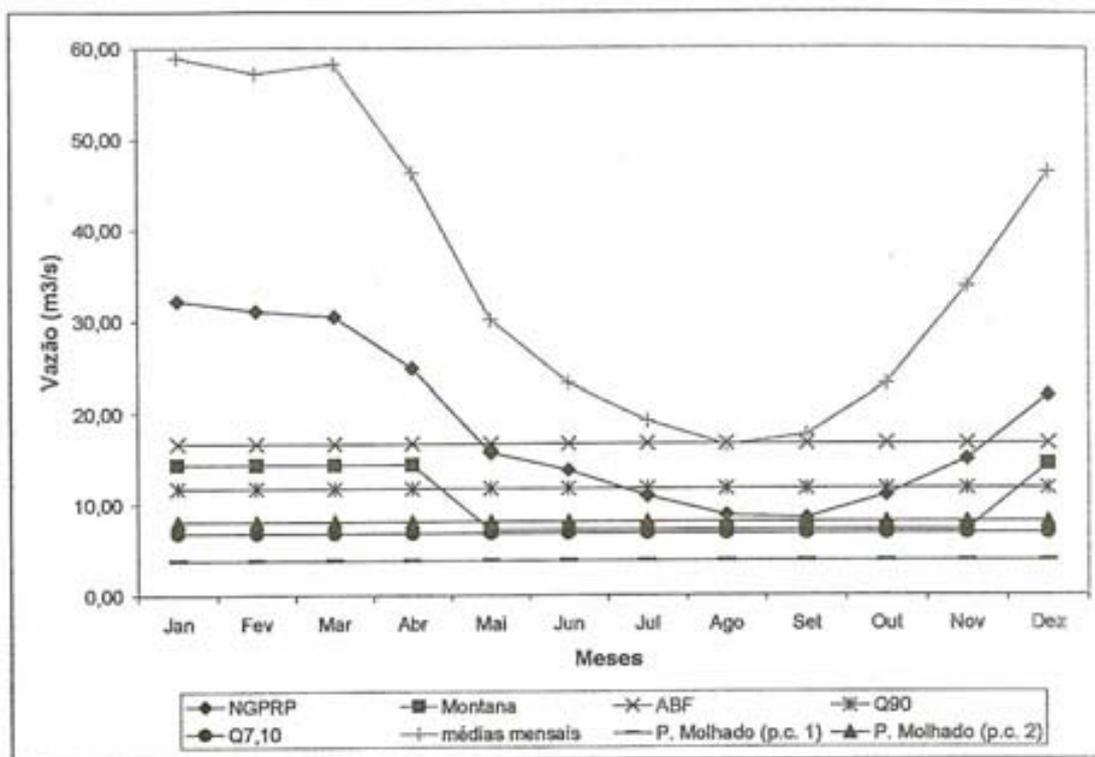


Figura 3.6 Comparação entre os métodos indicados no FTA e vazões médias mensais para o segundo trecho estudado no Rio São Bartolomeu (Gonçalves, 2003)

Dentre as conclusões do autor, os valores determinados pelos critérios da legislação são sensivelmente inferiores aos métodos que levam em consideração, mesmo que indiretamente, fatores ambientais na determinação da vazão mínima garantida, podendo ocasionar, como conseqüência, profundos impactos sobre o ecossistema aquático.

3.7 – LEGISLAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

A evolução do cenário político brasileiro no âmbito dos recursos hídricos possui algumas particularidades que são de grande importância para entendimento e reflexão, quando comparados a políticas de outros países reconhecidamente atuantes na incorporação e aplicação dos princípios de vazões ambientais e

metodologias holísticas em seus diplomas legais, e, portanto, serão comentadas a seguir.

3.7.1 – Legislação Federal

Denominado Código de Águas, o Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934, teve como objetivo atualizar a legislação de águas então vigente, permitindo ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento racional das águas para utilização principalmente industrial e hidroelétrica. Entretanto, esta lei faz distinção entre águas públicas, comuns e particulares. O Código de Águas brasileiro é considerado mundialmente como das mais completas leis de águas já produzidas, cujo princípio “poluidor-pagador”, introduzido na Europa como novidade na década de 1970, está presente em seus Artigos 111 e 112 (Pompeu, 2006). Inclusive, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e a outorga de direito de uso desses recursos.

No Brasil, a questão ambiental passou a ter relevância jurídica, pois o direito de viver num ambiente ecologicamente equilibrado foi erigido a categoria de Direito Humano Fundamental pela Constituição Federal de 05 de outubro de 1988 (Colombo, 2004). A Constituição Federal de 1988 – CF 88, alterou o Decreto-Lei nº 24.643/34, em cujo corpo do texto dividia a água em três categorias: águas públicas, águas comuns e águas particulares. Pelo inciso III, Art. 20, da CF 88 *“são bens da União: as águas dos lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a territórios estrangeiros ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais”*; e Art. 26, inciso I *“incluem-se entre os bens dos Estados: águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União”*. Pompeu (2006) apontou que a definição expressa do domínio das águas situadas no Distrito Federal teria sido importante para evitar dúvidas a esse respeito.

O Art. 21 da CF 88 estabelece em seu inciso XIX que é competência da União *“instituir Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e definir*

critérios de outorga de direitos de seu uso". O Art. 22, inciso IV, trata da competência da União em legislar privativamente sobre água e energia dentre outras matérias; já o Art. 23, inciso XI, define que "*é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direito de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios*". Já no Capítulo VI (Do Meio Ambiente), o Art. 225 incumbe o poder público de preservar e restaurar processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistema para que todos tenham direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

A nova Lei das Águas no Brasil nº 9.433/97 , de 08 de janeiro de 1997, promoveu em realidade, uma importante descentralização da gestão: da sede do poder público para a esfera local da bacia hidrográfica (Tucci *et al.*, 2003b). A Lei nº 9.433/97 tem fundamentos semelhantes ao modelo francês, ou seja, adota a bacia hidrográfica como unidade de gestão, garante o uso múltiplo da água, o valor econômico e ainda a gestão com participação do poder público, dos usuários e da comunidade (Campos e Sousa, 2003). Como também, a dominialidade das águas e o seu usos prioritários.

A Lei nº 9.433/97, que regulamenta o Art. 21 da CF 88, dentre outros dispositivos, estabelece em seu Artigo 3º inciso II, das suas diretrizes gerais de ação "*a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do país*". E no inciso III: "*a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental*".

Segundo a ANA (2007), a leitura da Lei nº 9.433/97 permite constatar que em nenhum momento há determinação ou referência específica à necessidade de ter cuidados com o meio ambiente como, por exemplo, necessidade de manutenção de vazões ecológicas, necessidade de manutenção de condições mínimas para manutenção dos ecossistemas, fluxo de sedimentos ou de nutrientes, etc.; isso significa que essa lei não apresenta qualquer tipo de prioridade explícita para a conservação de comunidades aquáticas ou manutenção do equilíbrio ecológico, exceto, quando prevê (em situações extremas), a possibilidade de suspensão de outorgas para prevenir ou reverter grave degradação ambiental (ANA, 2007). Com

o agravante de que, as legislações ambientais e de recursos hídricos do país não apontam explicitamente o detentor da competência para a definição da vazão ecológica (Silva, 2005 *apud* Sarmiento, 2007).

Este novo arranjo institucional para o Setor de Recursos Hídricos, prevê a implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, que é integrado pelo Conselho Nacional dos Recursos Hídricos, a Agência Nacional de Águas, os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e do DF, os comitês de bacia hidrográfica, os órgãos dos poderes federal, estaduais, do DF e municipais que tenham gestão de recursos hídricos e as agências de água (Tucci e Mendes, 2006). O Ministério do Meio Ambiente por meio da Secretaria de Recursos Hídricos, formula a Política Nacional de Recursos Hídricos e avalia os resultados de sua implementação, e a Agência Nacional de Águas criada pela Lei Federal nº 9.984 , de 17 de julho de 2000, é a entidade federal responsável pela implementação da PNRH e da coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Os autores Tucci *et al.* (2003b) ponderam que, embora existam entidades responsáveis por praticamente todas as atividades ligadas à gestão de recursos hídricos, verifica-se que a articulação interinstitucional é, ainda, frágil e incipiente, produto de fatores estruturais (três esferas de decisão – União, Estados e Municípios) e circunstanciais associados (falta histórica de prioridade política dada ao setor e momento de mudanças institucionais pelo qual passa o país), principalmente, a própria organização político-administrativa do país.

3.7.1.1 – Instrumentos de Gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos

Hoje, depois de mais de dez anos da promulgação da Lei nº 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, muitos estados da Federação possuem suas leis estaduais de recursos hídricos, porém, ainda não regulamentaram os instrumentos que constam da Política Nacional para as suas especificidades locais. Estes instrumentos são: i) os Planos de Recursos Hídricos; ii) o enquadramento dos corpos d'água, em classes, segundo usos preponderantes da

água; iii) a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos; v) a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; vi) a compensação a municípios e vii) o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Características desses instrumentos são destacadas abaixo.

Planos de Recursos Hídricos

Segundo o Art. 6º da Lei nº 9.433/97, os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam fundamentar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos. No Art. 8º fica estabelecido que os Planos de Recursos Hídricos devem ser elaborados em três níveis, por bacia hidrográfica, por estado e para o país. Entretanto, o Plano de Recursos Hídricos estadual não irá planejar somente para os limites políticos do estado, mas para a realidade de todas as bacias e sub-bacias hidrográficas, levando em conta relações hídricas com os outros estados brasileiros ou até países vizinhos e caminhando naturalmente para um Plano Nacional de Recursos Hídricos (Silva e Pruski, 2000). Dentre os itens elencados no Art. 7º dessa Lei, como conteúdo mínimo que os Planos de Recursos Hídricos devem conter estão: os Incisos VIII – Prioridades para outorga de direito de uso dos recursos hídricos, IX – Diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e X – Proposta para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

Enquadramento dos corpos d'água em classes

O enquadramento é o instrumento de estabelecimento de metas intermediárias e finais de qualidade da água (Tucci e Mendes, 2006). O Art. 9º da Lei nº 9.433/97 determina que o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, e diminuir os custos de combate à poluição das águas mediante ações preventivas permanentes. No Art. 10 fica determinado que a legislação ambiental estabelecerá as classes dos corpos d'água.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, que revogou e substituiu a resolução CONAMA nº 20, de 18 de julho de 1986, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água em classes e diretrizes ambientais para o enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. A Resolução do CNRH nº 12/2000 estabelece os procedimentos para o enquadramento dos corpos d'água.

Na opinião de Carrera-Fernandez e Garrido (2002), o enquadramento dos corpos d'água em classes de usos proponderantes é um instrumento de gestão que, antes de tudo, permite manter ativo o importante vínculo entre o setor de gerenciamento do uso da água e o setor ambiental solidarizando dois aspectos relevantes da gestão dos recursos hídricos (quantidade e qualidade).

Outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos

Segundo Sugai (2003), a implantação e operacionalização do regime de outorga de direito de uso dos recursos hídricos respaldam-se em uma base legal, uma base institucional e uma base técnica: a base legal, compreende os instrumentos legais e normativos; a base institucional é constituída basicamente pelos Conselhos de Recursos Hídricos, os órgãos gestores de recursos hídricos, os Comitês de Bacia Hidrográfica e as Agências de Água, além de entidades intervenientes; a base técnica compreende: i) informações quanto às disponibilidades hídricas do corpo hídrico, em termos de quantidade e qualidade; ii) cadastro de usuários; iii) informações hidrometeorológicas para avaliar as necessidades de demandas dos usuários de irrigação principalmente; iv) critérios técnicos para análise das demandas dos pedidos; v) modelos de análise dos impactos do uso no corpo hídrico, os chamados modelos de suporte de decisão.

A Lei nº 9.433/97, no seu Art. 11 estabelece que o “*regime de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água*”. O Art. 12 dessa lei traz os usos sujeitos à outorga, como também aqueles que independem desta. O Art. 13 determina que toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos

Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso. E ainda, a outorga de uso dos recursos hídricos deverá preservar o uso múltiplo destes (Parágrafo Único, Art 13).

É através do instrumento de outorga que o setor público deve conhecer e controlar as quantidades de água utilizadas pelos usuários múltiplos, a importância da outorga reside, também, no fato de que se pode, por seu intermédio, atenuar ou mesmo eliminar os conflitos de uso, normalmente motivados pela escassez de água em relação à sua demanda em algumas bacias hidrográficas (Carrera-Fernandez e Garrido, 2002).

Cobrança pelo uso dos recursos hídricos

A Lei nº 9.433/97, em seu Art. 19, enumera os objetivos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos: Inciso I – reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação do seu real valor; Inciso II – incentivar a racionalização do uso e; Inciso III – obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Para Garrido (2003), a cobrança pelo uso dos recursos hídricos vem juntar-se aos demais instrumentos com o objetivo de induzir o usuário da água a uma postura de racionalidade quando da tomada de decisões de consumo em relação ao recurso natural. A cobrança pelos recursos hídricos objetiva reconhecer a água como um bem econômico e dar ao usuário uma indicação do seu real valor, entretanto, a Lei nº 9.433/97 não instaura o mercado de águas. (Silva e Pruski, 2000).

Domingues e Santos (2004), por sua vez, afirmam que a experiência internacional tem mostrado que a cobrança pelo uso e poluição da água, além de ser utilizada como forma de racionalizar o uso dos recursos hídricos, atua também como mecanismo eficiente de: i) gerenciamento da demanda, aumentando a produtividade e a eficiência na utilização dos recursos hídricos; ii) redistribuição dos custos sociais de forma mais equitativa; iii) localização dos usuários

buscando a conservação dos recursos hídricos; iv) promoção do desenvolvimento regional integrado, principalmente nas suas dimensões social e ambiental e v) incentivo à melhoria dos níveis de qualidade dos efluentes lançados nos mananciais.

Compensação a municípios

A compensação financeira a municípios é uma contrapartida a ser paga a estes em razão das perdas de áreas por inundações causadas por reservatórios artificiais, mediante realização de programas de desenvolvimento desses municípios, compatíveis com a proteção dos reservatórios (Carrera-Fernandez e Garrido, 2002). Entretanto, trata-se de assunto controverso, com conflitos de interpretação e duplicidades com o Setor Elétrico, como consequência dessas indefinições, na sessão V da Lei nº 9.433/97, que trata da compensação a municípios, não consta sequer um artigo (Campos, 2003), pois este instrumento da PNRH teve seu detalhamento vetado no corpo da lei.

Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos trata-se do mecanismo responsável não só pela coleta, organização, tratamento, crítica de base de dados das ofertas, dos usos e do balanço hídrico de cada bacia hidrográfica e aquífero, como da descentralização e da divulgação de informações atualizadas e consistentes para a sociedade, bem como de subsídios na elaboração dos planos de recursos hídricos (Christofidis, 2001).

A Resolução CNRH nº 13 de 25 de setembro de 2000, estabelece diretrizes para implementação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Estabelece em seu artigo 1º *“que órgãos e entidades federais responsáveis pelos recursos hídricos serão coordenados pela Agência Nacional de Águas – ANA, visando promover a gestão integrada das águas e em especial a produção, consolidação, organização e disponibilização à sociedade de informações e ações, dentre elas a alínea “b” deste mesmo artigo “sistemas de avaliação de outorga dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, em todo território nacional”.*

Tucci e Mendes (2006), afirmam que o sistema de informações hidrológicas foi mantido ao longo do tempo, mas necessita de ampliação e modernização, entretanto, o caminho para ampliação e modernização da base de dados envolve: a ampliação das informações além das hidrológicas básicas, ampliação da rede de coleta e a modernização do banco de dados e acesso à informação.

3.7.2 – Legislação Estadual

O princípio da verticalização das normas jurídicas determina que a União legisle normas gerais, ficando cada estado da Federação responsável por legislar complementarmente à União e à Constituição Federal, especificando as matérias para a sua realidade local. Entretanto, é competência privativa da União legislar sobre águas. Em razão do impedimento constitucional para os estados legislarem sobre águas, as Constituições Estaduais e as decorrentes de leis regulamentadoras somente tratam de política, diretrizes e critérios de gerenciamento dos recursos hídricos (Tucci *et al.* 2003b) .

Quanto à outorga de direito de uso dos recursos hídricos, cada estado a regulamenta complementarmente à união, por meio de decreto estadual ou outro diploma legal especificando uma porcentagem de vazão de restrição segundo as especificidades locais. As normas jurídicas federais e nacionais relativas aos recursos hídricos não priorizam a necessidade de vazões mínimas e máximas nos corpos de água para fins ecológicos, porém, indiretamente, por meio de critérios de outorga estabelecidos pela União, Estados e DF, pratica-se o que se convencionou chamar de “vazão ecológica” (ANA, 2007; Gonçalves, 2003).

Entretanto, não existe um consenso com relação a vazões de referência, vazões outorgáveis e vazões de restrição (vazões ambientais), nos diversos estados brasileiros, e até mesmo dentro de uma mesma unidade federativa. As diferenças de critérios de outorga estaduais podem, em parte, ser creditadas a fatores regionais, mas em sua grande maioria, são atribuídas à diversidade de opiniões técnicas, métodos de análise, disponibilidade de dados e níveis de garantia que se quer dar aos usuários de recursos hídricos, tem surgido então, uma mistura de

critérios de outorga dentro de uma mesma bacia hidrográfica, cujas repercussões sobre o meio ambiente são, ainda insondáveis (ANA, 2007). Não havendo, então, critério específico na legislação para a determinação de vazões ambientais.

Pompeu (2006) observa que embora existam diversidades regionais, diferentes bases institucionais, técnicas e legais, a exploração dos recursos hídricos não pode comprometer a preservação do patrimônio natural e cultural do seu território, e a proteção das microbacias para abastecimento de água às populações e a articulação entre instituições em integração com as demais ações, entre as quais as de recursos hídricos.

Observa-se na Figura 3.7 a relação entre vazão de referência, vazão outorgável e vazão de restrição. Enquanto a Tabela 3.3, mostra diferenças de critérios estaduais de vazões de referência ($Q_{7,10}$, $Q_{90\%}$, $Q_{95\%}$), vazões outorgáveis (percentagem da vazões de referência) e vazão ambiental (a diferença entre as vazões de referência e percentuais de vazão outorgável), o que faz com que Estados próximos geograficamente, como Minas Gerais e Distrito Federal, possuam vazões mínimas tão distintas entre si.

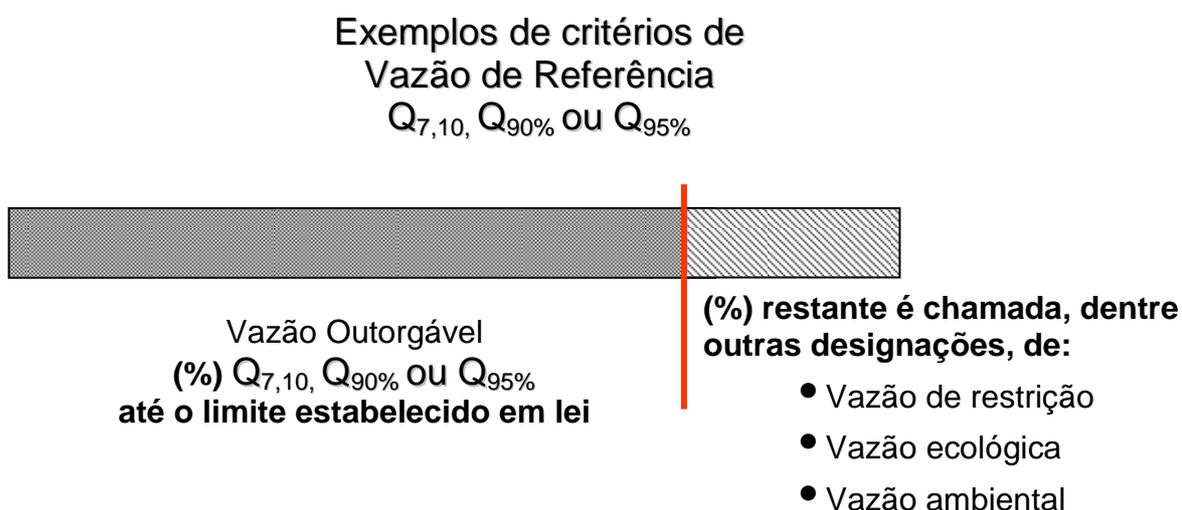


Figura 3.7 – Demonstra a relação complementar existente entre a percentagem de vazão outorgável e a vazão de restrição que resta para os cursos d'água.

Tabela 3.4 – Critérios de vazão de referência, vazões outorgáveis e vazões mínimas nos estados brasileiros e no Distrito Federal

ESTADO	LEGISLAÇÃO	CRITÉRIO DE VAZÃO DE REFERÊNCIA	VAZÃO MÍNIMA
Bahia	Decreto Estadual nº 6296/1997	O valor de referência será a vazão com permanência de 90% do tempo. O somatório das vazões a serem outorgadas corresponde a 80% da vazão de referência do manancial; 95% nos casos de abastecimento humano.	20% da vazão de referência.
Ceará	Decreto Estadual nº 23.067/1994	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório das vazões a serem outorgadas não poderá exceder a 90% da vazão de referência.	10% da vazão de referência.
Distrito Federal	Decreto Distrital nº 22.359/2001	A vazão de referência no processo de outorga pode ser a $Q_{7,10}$ ou a $Q_{90\%}$. O somatório das vazões a serem outorgadas não poderá exceder 80% das vazões de referência, e 80% das vazões regularizadas. No caso de abastecimento humano, o limite máximo poderá chegar a 90% da $Q_{7,10}$.	20% da vazão de referência.
Goiás	Não possui legislação específica	70% da $Q_{95\%}$.	30% da vazão de referência.
Minas Gerais	Portaria IGAM nº 010/98 e 007/99	A vazão de referência é a $Q_{7,10}$. O somatório das vazões a serem outorgadas corresponde a uma percentagem fixa de 30% da vazão de referência.	70% da vazão de referência.
Paraná	Decreto Estadual nº 4646/2001	A vazão de referência é a $Q_{95\%}$. O somatório das vazões outorgáveis é de 50% da $Q_{95\%}$.	50% da vazão de referência
Rio de Janeiro	Portaria SERLA nº 307/02	A vazão de referência é a $Q_{7,10}$. Considerar como vazão máxima outorgável 50% da $Q_{7,10}$ do curso d'água junto a seção de interesse para todos os casos, inclusive abastecimento humano.	50% da vazão de referência
Rio Grande do Norte	Decreto Estadual nº 13.283/1997	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório das vazões a serem outorgadas não poderá exceder a 90% da vazão de referência.	10% da vazão de referência.
Rio Grande do Sul	Decreto Estadual nº 37.033/1996	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório das vazões a serem outorgadas corresponde a 80% da vazão de referência do manancial.	20% da vazão de referência.

Fonte: Modificado de Gonçalves, 2003; ANA, 2007.

3.7.3 – Legislação Distrital

As principais leis e decretos que dizem respeito ao uso da água superficial e subterrânea no Distrito Federal estão citados a seguir:

A Lei Orgânica do Distrito Federal (LODF) de 1993 está para o DF, assim como a CF está para o Brasil. Sua função é, pois, fazer valer os dispositivos legais da Federação como um todo, disciplinando as peculiaridades do DF - introduzindo os critérios gerais a serem respeitados pela legislação distrital. Nos seus Arts. 282 e 284, disciplina de forma geral as diretrizes específicas para a proteção dos recursos hídricos.

Já a Lei Distrital nº 41, de 13 de setembro de 1989, institui a Política Ambiental no DF – esta dispõe sobre parâmetros básicos para a criação e aplicação de políticas públicas em prol do meio ambiente e também aplicar a política Ambiental Federal no DF, adaptando-a as suas peculiaridades.

A Lei Distrital nº 17, de 28 de janeiro de 1997, institui o Plano Diretor de Ordenamento Territorial do DF-PDOT. Esta é a primeira lei distrital a regular o uso do solo urbano e rural no DF. É finalidade do PDOT/DF *“realizar o pleno desenvolvimento das funções sociais da propriedade urbana e rural e o uso socialmente justo e ecologicamente equilibrado do seu território, de forma a assegurar o bem estar dos seus habitantes”* (Art. 1º, §1º).

A Lei Distrital nº 2.725, de 13 de junho de 2001, por sua vez, institui a Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal, cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal (SGIRH) e revoga a Lei nº 512, de 28 de julho de 1993.

O Decreto nº 22.358, de 31 de agosto de 2001, dispõe sobre a outorga de direito de uso da água subterrânea no Distrito Federal regulamentando o inciso II, do Art. 12 da Lei nº 2.725, de 13 de junho de 2001.

O Decreto nº 22.359, de 31 de agosto de 2001, por seu turno, dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos superficiais no território do Distrito Federal, regulamentando a Lei nº 2.725, de 13 de junho de 2001, que instituiu a Política de Recursos Hídricos no território do Distrito Federal.

No caso do Distrito Federal, a Agência Reguladora de Águas e Saneamento – ADASA, criada pela Lei nº 3.365, de 16 de junho de 2004, tem como finalidade regular, controlar, fiscalizar a qualidade e a quantidade das águas dos corpos hídricos de domínio Distrital ou delegados pela União e Estados, bem como serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

A Resolução ADASA nº 293, de 31 de maio de 2006, estabelece Marco Regulatório de procedimentos e critérios de outorga de direito de uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, considerando a regularização das intervenções e usos atuais.

Já a Resolução ADASA nº 350, de 23 de junho de 2006, estabelece os procedimentos gerais para requerimento e obtenção de outorga do direito de uso dos recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal e em corpos de água delegados pela União e Estados.

Na Tabela 3.4 estão descritos os critérios para outorga em rios de domínio do Distrito Federal. O Art. 24 elenca a prioridade no abastecimento como: *“abastecimento humano, dessedentação animal e os declarados de utilidade pública e interesse social, para fins agrícolas, onde houver sistema coletivo; e finalmente para fins agrícolas de uso individual”*, não fazendo menção a usos ambientais.

Tabela 3.5 – Vazões outorgáveis, critérios de vazão de referência e os usos da água para o Distrito Federal de acordo com a Resolução ADASA nº 350/2006

RESOLUÇÃO ADASA nº 350	VAZÃO OUTORGÁVEL	CRITÉRIO DE VAZÃO DE REFERÊNCIA	USO
Art. 7º Inciso I	até 80%	$Q_{7,10}$, $Q_{90\%}$, ou Q (médias das mínimas mensais)	Uso de águas superficiais quando não houver barramento
Art. 7º Inciso II	até 80%	Das vazões regularizadas	Uso dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais perenes
Art. 7º Parágrafo 2º do Inciso II	até 90%	Da vazão de referência	Nos casos de abastecimento humano

3.7.4 – Políticas de Recursos Hídricos e Legislação em outros países

São apresentados aqui aspectos relevantes das políticas de recursos hídricos na África do Sul, Austrália e Estados Unidos. Segundo Dyson *et al.* (2003), a África do Sul e a Austrália são países onde há legislações hídricas que melhor incorporam aspectos referentes a vazões ambientais. Os EUA também apresentam medidas inovadoras neste setor. Um breve histórico da gestão de recursos hídricos nos países citados, com ênfase em vazões ambientais, é apresentada a seguir, por serem importantes exemplos para gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil.

3.7.4.1 – África do Sul

A África do Sul passou por recentes reformas políticas e transformou completamente sua abordagem com relação ao tema recursos hídricos. Atualmente, a política de recursos hídricos do país é regida pela *South Africa's National Water Act* de 1998, que estabelece o Princípio da Reserva (Postel e Richter, 2003; Dyson *et al.*, 2003; Richter *et al.*, 2006).

O Princípio da Reserva consiste em uma porção de água que não pode ser alocada, ou seja, não está sujeita à competição com outros usos (Dyson *et al.*, 2003), e é dividida em duas partes. A primeira parte está destinada ao atendimento dos usos humanos básicos de água (beber, cozinhar, saneamento), a segunda parte da Reserva é alocada dando suporte aos ecossistemas, para que sejam preservadas as funções e os bens que esses ofertam à sociedade.

A água que constitui a Reserva tem prioridade sobre todos os outros usos e é garantida como direito, o uso da água fora do princípio da Reserva, incluindo usos industriais e para a irrigação, tem menor prioridade e estão sujeitos à autorização de uso (Postel e Richter, 2003).

3.7.4.2 – Austrália

A Austrália possui um território de grandes dimensões, com ecossistemas bastante diversificados como desertos, florestas tropicais, montes nevados e zonas estuarinas. A escassez de água promoveu a construção de inúmeras barragens ao longo dos seus rios com o propósito de armazenamento de água. A presença dessas barragens, aliada à extração excessiva dos recursos hídricos, levou a deterioração dos ecossistemas aquáticos. A busca pelo retorno dos rios a condições desejáveis, levou cientistas australianos ao desenvolvimento de metodologias holísticas para determinação de vazões ambientais, incorporadas às suas políticas de recursos hídricos, de caráter bastante restritivo, que priorizam a água para o meio ambiente.

Em 1994, todos os estados australianos assinaram o *Water Reform Framework* reconhecendo a necessidade de caminhar em direção ao uso sustentável da água e maior proteção dos ecossistemas (Postel e Richter, 2003). Somente mais tarde, em *New South Wales Water Management Act 2000*, haveria considerações sobre o balanço entre aspectos ambientais, sociais e econômicos e provisão de vazões ambientais. E com o *Macro Water Sharing Plans (NSW, 2006)*, visou-se manejar o impacto cumulativo de extração, facilitar a troca de títulos de água e tornar claros os direitos do meio ambiente, dos usuários de água e do suprimento de água para as cidades do Estado de *New South Wales*.

No oeste da Austrália, a *Water and River Commission* – Agência de Recursos Hídricos Australiana, estabelece em sua política de alocação de água que vazões para necessidades ecológicas dos ecossistemas têm prioridade. Primeiro a água é reservada para dar suporte à saúde dos ecossistemas, o restante pode ser alocado para outros usos (Postel e Richter, 2003). Nesse país existem o mercado de água – *Water Trading*, onde são comercializados os títulos de direito de uso de água, e o *Cap*, que consiste na suspensão das abstrações em determinado local devido à ameaça aos ecossistemas. Segundo Postel e Richter (2003), o estabelecimento do *Cap* não foi desenvolvido para reduzir as abstrações nas bacias hidrográficas, mas antes, prevenir o aumento dessas captações a níveis

que ocorreram entre os anos de 1993/1994, quando as vazões ambientais não forem suficientes para prevenir danos aos ecossistemas.

Nesse país, o Governo Federal (*Commonwealth*) tem autoridade limitada sobre o tema água, ficando a principal responsabilidade a cargo dos Estados e Territórios (Postel e Richter, 2003). Entretanto, segundo Graham (2007), no dia 25 de janeiro de 2007, o *National Plan for Water Security* foi anunciado representando uma tentativa sem precedentes do Governo Federal da Austrália de assumir o controle sobre a Bacia Hidrográfica de Murray-Darling, onde 70% da agricultura irrigada da Austrália é praticada (Graham, 2007). Essa política foi estabelecida sem consulta pública prévia e provocou reações tanto de *stakeholders* como dos governos estaduais, causando um quadro de desconfiança na gestão de recursos hídricos no país.

3.7.4.3 – Estados Unidos

A água nos EUA é um bem público com permissão de uso privado sendo monitorada nos âmbitos Federal e Estadual. A experiência americana é marcada pela utilização de licenças negociáveis, com ênfase na esfera privada para solução do problema da água ao incentivar um mercado de compra e venda de direitos de uso (Getches, 1997; Colby, 1999 apud Faria, 2005).

Cada estado possui sua legislação específica com relação a recursos hídricos, de acordo com características ambientais, econômicas e históricas próprias, sendo subordinadas à legislação Federal. A utilização dos recursos hídricos nos EUA gerou um sistema de direito de uso da água fortemente influenciado pelas leis existentes na Europa, porém modificado nos estados do Oeste para adequar-se às condições ali reinantes, em que a água é um recurso limitado (Carrera-Fernandez e Garrido, 2002).

Nos EUA, o rio Mississippi divide o país em terras com maior oferta de água (estados à Leste), e terras com pouca oferta de água (estados à Oeste). Os estados do Leste são orientados segundo a doutrina do direito ribeirinho –

Riparian Rights e os do Oeste americano baseiam-se na doutrina do direito de apropriação – *Prior Appropriation Right*.

A doutrina ribeirinha estabelece que os proprietários de terras adjacentes aos cursos d'água têm direito à utilização do recurso. Já no direito de apropriação, o uso prioritário do recurso é dado para aquele que faz uso primeiro. Entretanto, assim como os *Riparian Rights*, todos os usos exclusivos da água (*Prior Appropriation Right*) exigem licença das agências administrativas americanas, e estas levam em consideração, também, os interesses públicos (Faria, 2005).

Ferramentas para implementação de vazões ambientais estão disponíveis para uso dos estados americanos, entretanto, sua aplicabilidade e praticidade variam de estado para estado. Dentre as opções estão: legislação sobre vazões ambientais, uso de programas que obriguem a modificação de vazões ambientais, concessão ou transferência de direitos de uso para propósitos de preservação, estabelecimento de metas, e aplicação de proteção judicial, como a doutrina direito público (Postel e Richter, 2003).

Moore (2004), em pesquisa acerca das percepções e interpretações sobre o tema vazões ambientais identificou através de questionários enviados à especialistas nos cinco continentes, que os dois maiores obstáculos em termos de implementação de vazões ambientais são a falta de compreensão dos custos e benefícios sócio-econômicos e falta de vontade política. Como pode ser verificado até o momento, a situação brasileira é distinta da dos demais países, no que tange a vazões ambientais. No próximo item, é apresentada um método para preencher esta lacuna.

4 – METODOLOGIA

A metodologia adotada para a realização desta pesquisa consistiu de três etapas: i) revisão bibliográfica; ii) adaptação de metodologia australiana (NSW, 2006; Harris *et al.*, 2006) e iii) aplicação do método proposto ao Ribeirão Pípiripau (DF/GO). A metodologia está representada esquematicamente na Figura 4.1.

O método proposto para o estabelecimento de vazões ambientais em cursos d'água não regulados foi denominado Potencial de Vazão Ambiental – PVA e é uma adaptação da metodologia australiana *Macro Water Sharing Plans – MWSP* (NSW, 2006; Harris *et al.*, 2006). Essa adaptação ocorreu devido a Austrália estabelecer em sua estrutura legislativa o conceito de mercado de águas, o que não ocorre no Brasil, como também algumas particularidades ecológicas distintas da realidade brasileira.

A metodologia australiana *MWSP* para rios não regulados é holística e avalia não somente as características hidrológicas, como também as questões socioeconômicas, ambientais e políticas de recursos hídricos vigentes nas unidades de manejo avaliadas (rio, trecho de rio). Algumas dessas características foram preservadas nesta adaptação, inclusive a realização de painéis com especialistas das diversas disciplinas avaliadas.

O PVA é uma forma de avaliação multicritério para estimar a necessidade do estabelecimento de vazões ambientais em cursos d'água não regulados e sugerir percentuais de vazão de restrição adequados a eles. O método proposto contempla, por meio de indicadores e por processo participativo, os aspectos sociais, econômicos e ambientais de forma a identificar o quadro atual da unidade de manejo em estudo, e sugere medidas mitigadoras para os conflitos observados, medidas essas, que podem ser acrescidas de sugestões com a realização de outros painéis de especialistas de acordo com especificidades locais.

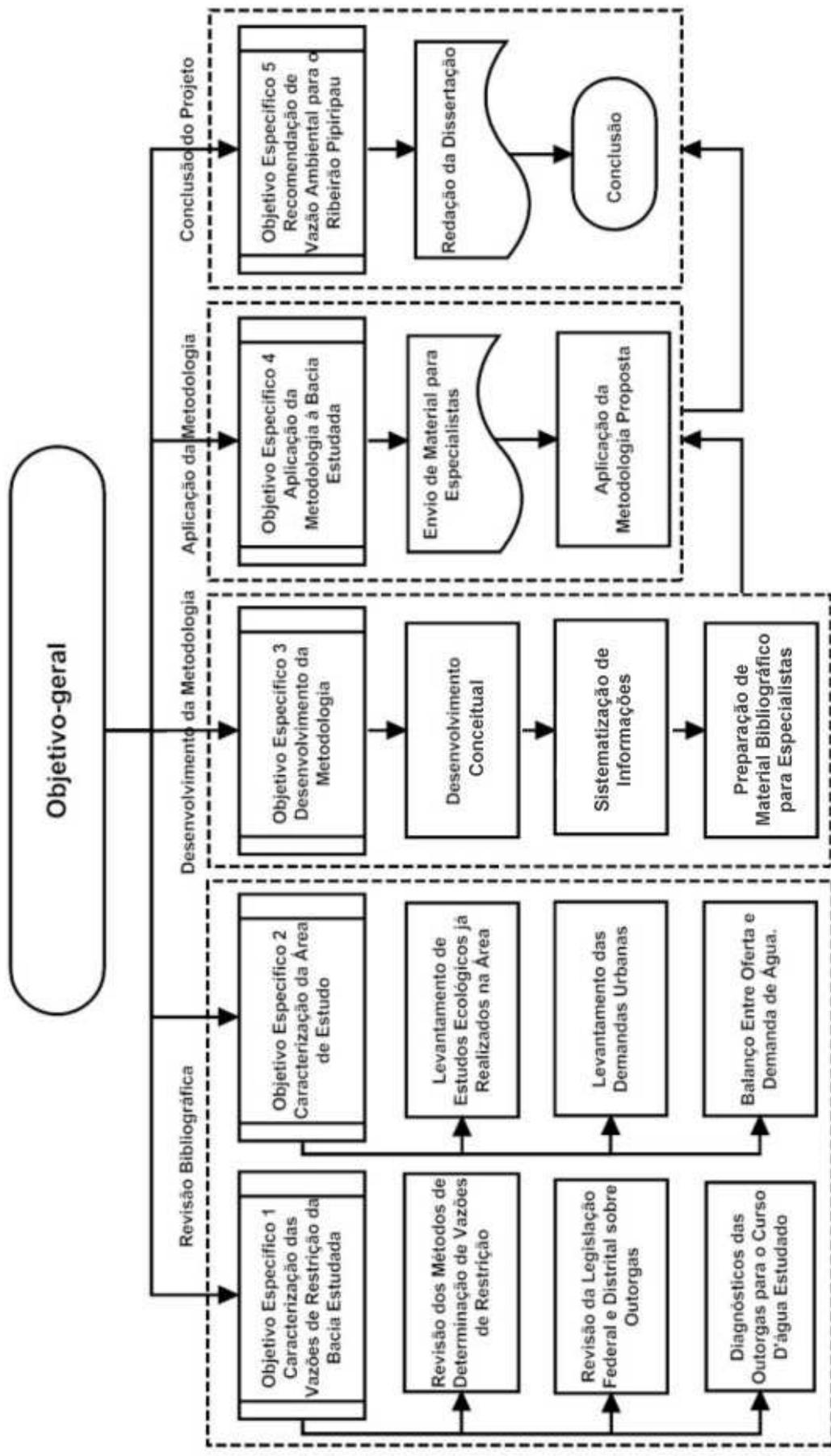


Figura 4.1 – Representação esquemática da metodologia adotada neste estudo.

4.1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O método proposto para o estabelecimento de vazões ambientais é de cunho multidisciplinar. Portanto, foi necessária a revisão de aspectos envolvendo: i) caracterização das vazões mínimas no Brasil e no Distrito Federal e ii) aspectos teóricos multidisciplinares para o desenvolvimento do método e a caracterização da área de estudo segundo esses aspectos.

Quanto à caracterização das vazões mínimas, foram revisados os principais métodos utilizados na sua determinação, os critérios para o estabelecimento destas vazões no Brasil, aspectos legais da outorga dos recursos hídricos e o diagnóstico das outorgas no curso d'água estudado.

Para a caracterização da área de estudo segundo aspectos multidisciplinares foram avaliados os estudos ecológicos já realizados, as demandas humanas, possíveis conflitos existentes na área, e o balanço entre oferta e demanda de água para as séries históricas de vazão disponíveis. O levantamento desta base de dados serviu para aprofundar conhecimentos da área estudada e elaboração de relatório preliminar que foi enviado aos especialistas selecionados para participação nos painéis.

Por causa do tempo reduzido para esse estudo, a caracterização das condições da área selecionada para aplicação do método proposto foi baseada na interpretação de estudos anteriores, em algumas novas análises de dados pré-existentes e em inspeções em seções do curso d'água combinadas com a opinião de especialistas. A participação dos especialistas colaborou para o estabelecimento das vazões ambientais no DF, como também, apontou tópicos para discussões futuras em torno do tema.

4.2 – DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO

A adaptação consistiu de desenvolvimento conceitual, sistematização de dados já publicados da bacia, preparação do material bibliográfico, como também, as

tabelas para preenchimento dos indicadores a serem avaliados pelo painel de especialistas.

A metodologia adotada (*MWSP*) como ponto de partida para essa adaptação foi escolhida, por ser uma abordagem para rios não regulados, possuir características holísticas, ser de aplicação relativamente rápida, utilizando-se de conhecimento e informações disponíveis.

Além disso, o PVA é um método relativamente simples e barato que oferece uma primeira aproximação para vazões ambientais incorporando características de categorias de métodos denominados: Tabelas – *Look-up Tables* (Dyson *et al.*, 2003) por se utilizar de tabelas para cálculo dos indicadores e proposição de percentual de vazões de restrição; Holísticos (Collischonn *et al.*, 2005) por avaliar através de painel de especialistas aspectos físicos, biológicos, econômicos, sociais além das análises hidrológicas comumente utilizadas e de Abordagens Prescritivas (*World Bank*, 2003) por determinar um único percentual de vazão independente da sazonalidade.

A *MWSP* (NSW, 2006; Harris *et al.*, 2006) é desenvolvida em 12 passos e estes estão descritos no capítulo 3 item 3.2. O Potencial de Vazão Ambiental foi desenvolvido centrado nos Passos 2, 3 e 5 do *MWSP*.

O objetivo do Passo 2 para o *MWSP* foi estimar o estresse hidrológico através da razão entre demanda de extração e a vazão disponível. Esse passo foi mantido e corresponde ao primeiro indicador do PVA chamado de Estresse Hidrológico – Eh.

O Passo 3 para o *MWSP* corresponde à determinação dos valores do curso d'água avaliado (Valores ecológicos, econômicos e culturais), que podem ser influenciados pela redução da vazão. Entretanto, para o PVA, o segundo indicador consiste dos valores ecológicos e culturais, sendo designado de Valor Ecológico e Cultural – Vec, e os aspectos econômicos são avaliados pelo terceiro indicador, Dependência Econômica – De.

O *MWSP* avalia no Passo 5 o valor da extração de água e a dependência econômica da comunidade a essa extração, estes aspectos são avaliados no PVA por meio do terceiro indicador chamado Dependência Econômica – De.

Ao longo do desenvolvimento conceitual do projeto surgiu a proposta de duas formas de cálculo do PVA. A primeira com a avaliação do indicador do Valor Ecológico e Cultural – Vec detalhado, e a outra com uma avaliação mais simplificada para o Valor Ecológico e Cultural utilizando o protocolo de avaliação rápida denominado *Stream Visual Assessment Protocol – SVAP*, juntamente com os parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos Cursos D'água, presentes na versão detalhada, julgados pelos especialistas como necessários à avaliação. O detalhamento do método PVA está descrito no item 4.5.

4.3 – APLICAÇÃO DO MÉTODO AO RIBEIRÃO PIPIRIPAU

Depois de desenvolvidas as etapas básicas da metodologia, foi elaborado relatório preliminar com informações coletadas na revisão bibliográfica, e tabelas apropriadas, com indicadores e parâmetros. O material foi enviado aos especialistas selecionados, juntamente com o convite para participação no painel.

Os dois painéis realizados com os especialistas envolveram, com a maior representatividade possível, técnicos cujos conhecimentos dos processos dinâmicos dos ecossistemas aquáticos e terrestres enriqueceram as discussões, e ajudaram a preencher as tabelas que foram importantes na determinação de possíveis vazões ambientais para o Ribeirão Pipiripau.

Os painéis de especialistas tiveram o objetivo, neste caso, de avaliar e fazer sugestões, se necessário, quanto ao método proposto e auxiliar no preenchimento das tabelas para determinação da vazão ambiental para a área selecionada para a aplicação. Os participantes dos painéis foram especialistas em biologia, ecologia aquática, outorga de recursos hídricos, vazões ambientais, extensão rural, e um grande usuário de recursos hídricos. A Tabela 4.1 descreve

a interrelação entre cada um dos três indicadores que compõem o PVA (Eh, Vec e De) e respectivas especialidades dos técnicos que os avaliaram nos painéis.

Tabela 4.1 – Especialidades dos participantes dos painéis relacionadas aos indicadores avaliados para a determinação do PVA

Indicador	Especialidade
Estresse Hidrológico – Eh	- Outorga de RH - Vazões Ecológicas
Valor Ecológico e Cultural – Vec	- Biologia - Ecologia Aquática
Dependência Econômica – De	- Extensão Rural - CAESB (usuário)

Os passos citados anteriormente tiveram o intuito de diagnosticar o estado da bacia hidrográfica, na qual o curso d'água foi selecionado e determinar o Potencial de Vazão Ambiental, bem como, sugerir medidas mitigadoras e de adaptação para as situações observadas.

4.4 – CONCEITOS QUE NORTEARAM O DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE VAZÕES AMBIENTAIS EM RIOS NÃO REGULADOS

Alguns conceitos e critérios importantes que nortearam este projeto de pesquisa na tentativa de diagnosticar e equacionar oferta e demanda de água dentro da unidade de manejo estudada estão descritos a seguir.

4.4.1 – Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997

O atendimento à Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, no seu Art. 3º das diretrizes gerais de ação que propõe, no inciso II, “a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País” e, no inciso III, “a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental”. Não obstante, esta lei não dispõe sobre vazões para preservação ambiental.

Este estudo e a proposição do método PVA vão ao encontro das diretrizes citadas acima, uma vez que abarcam características físicas, ambientais e econômicas

dos ecossistemas buscando desvendar as interações que existem entre elas e os níveis de vazão em rios, tendo a participação de especialistas das áreas de recursos hídricos e ambiental, trabalhando juntos, na determinação de vazões ambientais que conseqüentemente, contribuirão para a construção de uma gestão integrada.

4.4.2 – Princípio de Rutherford *et al.* (2000)

O Princípio de Rutherford *et al.* (2000) é o princípio de proteção ecológica que postula que características mais preservadas deveriam ser protegidas prioritariamente que aquelas menos preservadas. É enfatizado pelos autores que essas características, ou bens naturais, podem ser importantes simplesmente por sua existência, ou por dar suporte a plantas e animais raros.

No caso do PVA, esse princípio é utilizado no indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec, onde, características consideradas de alto valor são categorizadas como de nível alto, recebem o valor mais alto, e portanto, um PVA mais alto, com medidas mitigadoras mais severas visando a preservação desses atributos.

4.4.3 – Manejo Adaptativo

O manejo adaptativo é a aplicação de informação científica e mecanismos explícitos de realimentação para refinar e melhorar decisões de manejo futuras (www.floridadep.net/evergladesforever/about/glossary.htm). Postel e Richter (2003) apontam como características do manejo adaptativo a personificação do espírito de flexibilidade e adaptação que algumas vezes é chamado de “aprender fazendo”, lidar com a necessidade de restaurar vazões para atender certos níveis de saúde dos rios, e com a incerteza sobre quanta restauração será suficiente para cada rio em questão.

O manejo adaptativo tem sido usado na determinação de vazões ambientais em rios. De acordo com Richter *et al.* (2006) e Poff *et al.* (2003), o processo de determinação dessas vazões deveria ser visto como um processo iterativo, no qual cada ação de manejo dos recursos hídricos, como a restauração da vazão, é

tida como um experimento que deve ser monitorado e avaliado cuidadosamente, permitindo o refinamento científico das recomendações de vazões ambientais ao longo do tempo.

Richter *et al.* (2006) afirmam que quando planejado com propriedade, esses experimentos podem ser poderosos meios de redução das incertezas na compreensão científica das condições específicas de vazão e respostas ecológicas associadas, testando várias hipóteses de maneira estruturada e cientificamente confiável.

A gestão de recursos hídricos integrada à gestão ambiental pressupõe o manejo adaptativo, uma vez que, esses ecossistemas não são estanques e estão em contínua transformação e adaptação porque tanto as demandas humanas quanto a dos ecossistemas também sofrem alterações.

4.4.4 – Princípio da Precaução

O Princípio da Precaução é abordado na Alemanha desde 1970, com a Declaração de *Wingspread* (Colombo, 2004). O texto da Declaração se refere ao Princípio da Precaução desta forma: “quando uma atividade representa ameaças de danos ao meio ambiente ou à saúde humana, medidas de precaução devem ser tomadas, mesmo se algumas relações de causa e efeito não forem plenamente estabelecidas cientificamente” (<http://www.fgaia.org.br/texts/t-precau>).

Na Conferência Rio 92, o Princípio da Precaução toma lugar novamente e fica definido por essa convenção da seguinte maneira: “o Princípio da Precaução é a garantia contra riscos potenciais que, de acordo com o estado atual do conhecimento, não podem ser ainda identificados”. E ainda, “na ausência de certeza científica formal, a existência de um risco de dano sério ou irreversível requer a implementação das medidas que possam prever o dano” (<http://www.ufrgs.br/bioetica/precau.htm>).

Ainda segundo Colombo (2004), o Princípio da Precaução se constitui no principal orientador das políticas ambientais, além de ser base para a estruturação do

direito ambiental. Portanto, seguir o Princípio da Precaução é agir preventivamente, para que as atividades dentro da bacia hidrográfica sejam desenvolvidas de forma sustentável e dentro de normas e preceitos legais. Sua aplicação nesse estudo pressupõe a determinação de vazões ambientais preliminares para cursos d'água, que serão monitoradas e avaliadas segundo o manejo adaptativo. Este princípio é evocado aqui porque a ausência de dados, quanto às interações entre vazões ambientais e os ecossistemas associados, não pode ser usada como justificativa para a não adoção dessas vazões, mediante estudos e manejo adaptativo.

4.5 – MÉTODO POTENCIAL DE VAZÃO AMBIENTAL – PVA

Neste item será detalhado o método de determinação de Potencial de Vazão Ambiental – PVA para cursos d'água não regulados, proposto neste trabalho. O método para o cálculo do Potencial de Vazão Ambiental – PVA consiste de três indicadores que, combinados, resultam na vazão ambiental para o curso d'água estudado. Para a aplicação do método proposto, foi solicitado o preenchimento das tabelas, pelos especialistas convidados, durante os dois painéis realizados.

O Potencial de Vazão Ambiental – PVA proposto no presente trabalho é calculado a partir do produto de três indicadores: i) o Estresse Hidrológico (Eh); ii) o Valor Ecológico e Cultural (Vec) e iii) a Dependência Econômica (De) como mostra a Figura 4.2 e a Equação 4.1. Todos os indicadores tem o mesmo peso, visto que não há evidência para ser o contrário (Harr, 1987).



Figura 4.2 – Potencial de Vazão Ambiental segundo os três indicadores que o compõe.

$$P.V.A. = (Eh \times Vec \times De) \quad (4.1)$$

Onde:

P.V.A = Potencial de Vazão Ambiental

Eh = Estresse Hidrológico

Vec = Valor Ecológico/Cultural

De = Dependência Econômica

Cada um dos indicadores (Eh, Vec e De) possui três níveis (Baixo/Médio/Alto) correspondendo aos valores finais (1, 2 ou 3), e são obtidos por meio de tabelas, com parâmetros hidrológicos, econômicos, ambientais e culturais. O produto dos indicadores (PVA) varia de 1 a 27, e, quanto maior for o resultado, maior será a vazão ambiental proposta. Os modelos de tabelas utilizadas para o cálculo do PVA estão detalhados ao longo deste item, e aquelas, já com resultado obtido no painel de especialistas estão dispostas no capítulo 5 (Estudo de Caso).

Nos itens a seguir serão apresentados os indicadores e a forma de cálculo dos parâmetros que os compõem.

4.5.1 – Estresse Hidrológico – Eh

O estresse hídrico é o indicador que estima o nível de impacto ao qual o curso d'água está sendo submetido, por meio do balanço entre oferta e demanda, levando em conta tanto os efeitos da extração de água, como também impactos climáticos nos corpos hídricos.

Este indicador é resultado da combinação de dois parâmetros: Razão de Uso dos Recursos Hídricos (Ru) e a Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas (Figura 4.3). Alguns dados hidrológicos adicionais estão disponíveis no Apêndice A.

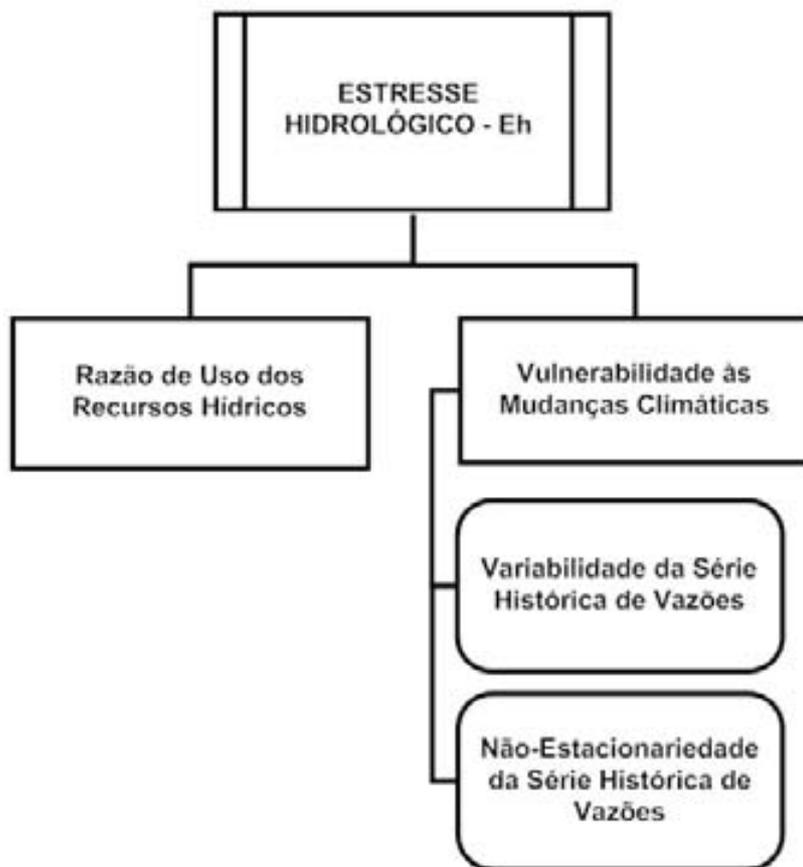


Figura 4.3 – Parâmetros e subparâmetros que compõem o indicador Estresse Hidrológico – Eh

4.5.1.1 – Razão de Uso dos Recursos Hídricos

O parâmetro Razão de Uso dos Recursos Hídricos (Equação 4.2) é uma importante medida de impacto na extração, pois relaciona a quantidade de água disponível à quantidade de água extraída do curso d'água, critério semelhante é utilizado pelo *MWSP* e pelo PNRH (2006). Esse parâmetro leva em conta a demanda na extração, que aqui será considerada como a demanda de água (m^3/s) no mês mais crítico da série de vazão estudada, e a vazão disponível como sendo a média de longo prazo das vazões. Após calculada a razão de uso, seu valor deve ser comparado à Tabela 4.2.

$$Ru = Qd/Q_{méd} \times 100 \quad (4.2)$$

Onde:

Ru = Razão de Uso dos Recursos Hídricos

Qd = Demanda (m³/s) no mês mais crítico

Q_{méd} = Vazão média de longo período (m³/s)

Tabela 4.2 – Variação do parâmetro de Razão de Uso dos Recursos Hídricos

RAZÃO DE USO	% DE USO DE Ru
BAIXO	RU < 20%
MÉDIO	20 ≤ RU ≤ 50%
ALTO	RU > 50%

A Tabela 4.3 é uma simplificação da Razão de Uso do Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (2006). Este estabelece uma classificação para corpos de água brasileiros com relação à vazão de retirada e à vazão média, ou seja, os corpos d'água podem ser discriminados em 5 categorias de acordo com a razão entre oferta e demanda de água (Q_{méd} em m³/ano).

Tabela 4.3 – Classificação dos corpos de água com relação à vazão de retirada e à vazão média ofertada (PNRH, 2006)

CLASSE	RETIRADA/Q _{MÉD} (M ³ /ANO)
Excelente	< 5%
Confortável	5 a 10%
Preocupante	10 a 20%
Crítica	20 a 40%
Muito Crítica	> 40%

Critério semelhante para avaliação do estresse hidrológico é citado pela *UNESCO* (2006), como sendo o índice de estresse relativo da água (*RWSI*), que pode ser calculado baseado na razão do consumo total de água (soma das demandas dos usos doméstico, industrial e agrícola) pelo suprimento de água renovável (Q), que corresponde ao escoamento superficial local disponível (precipitação menos evaporação) que se distribuem por córregos, rios e águas subterrâneas mais superficiais.

4.5.1.2 – Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas

Mudança climática está associada ao aquecimento global, sendo uma mudança a longo prazo cujas origens são fatores naturais e atividades humanas (UNESCO, 2006). Por outro lado, variabilidade climática é um fenômeno inerente ao clima na Terra.

De acordo com Souza Filho (2003), as mudanças climáticas são mais uma forçante no sistema de recursos hídricos. Desta forma, a variabilidade climática gera impactos em todo o sistema de recursos hídricos demandando adaptações e ajustes a esta realidade dos instrumentos e práticas de gestão de recursos hídricos (Souza Filho, 2003). Todavia, as alterações climáticas não modificam somente as vazões de uma bacia, mas também alteram os condicionantes naturais que dão sustentabilidade ao meio natural como a fauna e a flora ao longo do tempo, gerando outros ambientes em função da ocorrência de maior ou menor precipitação, temperatura e umidade (Tucci e Mendes, 2006; Allan, 1995).

Esse parâmetro caracteriza, então, a vulnerabilidade da bacia hidrográfica frente às mudanças climáticas, e classifica-se em três níveis: baixo (B), médio (M) e alto (A). Ele é calculado por meio de dois subparâmetros que verificam o coeficiente de variação da série histórica de vazões (variabilidade), e do grau de estacionariedade¹⁴ da série histórica de vazões. Esses subparâmetros estão descritos a seguir.

Variabilidade da Série Histórica de Vazões

A variabilidade das condições hidrológicas é um processo estocástico no tempo e no espaço em decorrência da combinação de vários fatores como: condições climáticas de precipitação, evapotranspiração, radiação solar, entre outros; relevo; geologia, geomorfologia e solos; cobertura vegetal e uso do solo; ações antrópicas sobre o sistema fluvial (Tucci e Clarke, 2003). A variabilidade hidrológica é entendida com as alterações que possam ocorrer nas entradas e saídas dos sistemas hidrológicos onde as principais entradas são: a precipitação e a

¹⁴ A estacionariedade da série de vazões pode ser estimada pelo teste de Salas (1993).

evapotranspiração (que depende de outras variáveis climáticas), e a principal variável de saída é: a vazão do rio (Tucci, 2003). Na Figura 4.4 observamos a representação gráfica de um hidrograma hipotético de uma série histórica de vazões, onde nota-se a variação da vazão em relação ao tempo em anos.

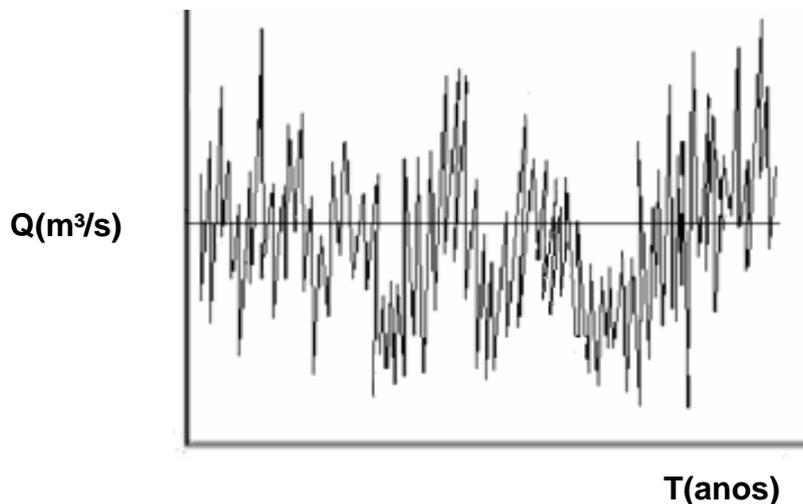


Figura 4.4 – Hidrograma hipotético representando a variabilidade de uma série histórica de vazões.

A variabilidade, neste caso, é estimada por meio do coeficiente de variação das vazões no período estudado. Uma vez obtida a série histórica de vazões médias anuais para o curso d'água estudado, é calculado o seu coeficiente de variação, e o valor encontrado deve ser comparado àqueles da Tabela 4.4, definindo-se assim o nível de variabilidade para a unidade de manejo avaliada.

Tabela 4.4 – Variação do subparâmetro Variabilidade da Série Histórica de Vazões

VARIABILIDADE	CV
BAIXO	< 15%
MÉDIO	15% < CV < 30%
ALTO	> 30%

A variabilidade climática elevada está associada à ocorrência de eventos extremos mais severos que em regiões de menor variabilidade (Souza Filho, 2003). Com a alteração dessas condicionantes climáticas, o escoamento proveniente dessas bacias também se altera (Tucci e Mendes, 2006). Portanto, uma alta variabilidade climática e conseqüentemente hidrológica torna a região mais vulnerável a esses eventos, necessitando de rigorosos critérios de outorga e gestão de recursos hídricos.

Não-Estacionariedade da série histórica de vazões

Segundo Salas (1993), uma série de vazões é considerada estacionária se for livre de tendências, variações ou periodicidades. Isto implica que os parâmetros estatísticos das séries, como média e variância, permanecem constantes através do tempo. Isto é, supõe-se que a seqüência de dados hidrológicos, sejam de vazão ou de precipitação, são estacionárias estatisticamente no sentido de que os valores da seqüência flutuam aleatoriamente em torno de um valor médio que permanece constante no tempo, e que a dispersão dos dados em torno da média também permanece constante (Clarke, 2003). Caso contrário, a série é considerada não-estacionária (Figura 4.5). A não-estacionariedade pode ocorrer por um ou mais dos seguintes fatores: variabilidade climática no período amostrado, mudança climática ou modificação do uso do solo (Tucci e Braga, 2003).

Cruz (2001) afirma que as causas da não-estacionariedade, dentro da ótica do processo da gestão dos recursos hídricos, podem ser naturais ou introduzidas pelo homem devido: i) mudanças climáticas; ii) a mudanças graduais de ordem natural e antrópica, em função de alterações no uso do solo (mudança na cobertura vegetal, impermeabilização), de variações nas demandas de uso das águas, de alterações nos cursos d'água tais como retificações, eclusas, diques entre outras e iii) a alterações bruscas temporais nas séries que podem originar-se em intervenções estruturais, tais como obras de regularização de vazão que provocam mudança no regime hídrico a jusante da barragem a partir do fechamento do reservatório para enchimento, bem como em acidentes catastróficos naturais ou não, tais como terremotos, rompimento de barragens ou

diques que também, conferem tendenciosidades nas séries hidrológicas, conformando situações de séries não-homogêneas (não-estacionárias).

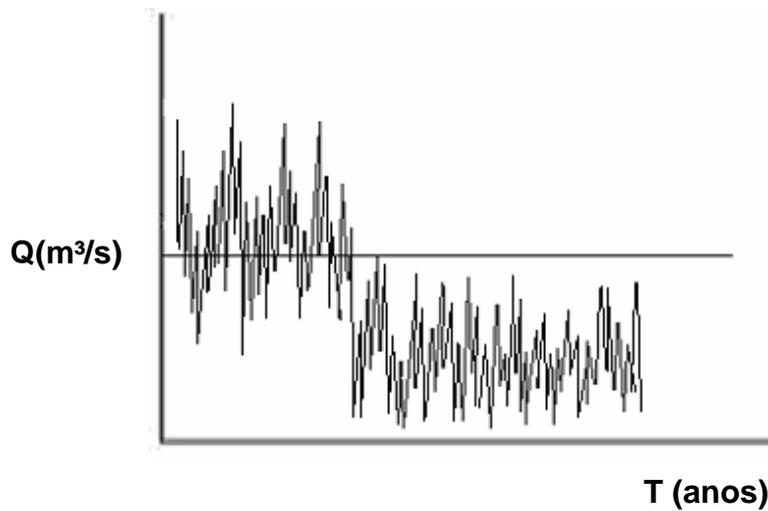


Figura 4.5 – Hidrograma hipotético representando a não-estacionariedade (salto) com tendência negativa de uma série histórica de vazões.

O teste de não-estacionariedade de séries de vazões é dado pela Equação 4.3 (Salas, 1993), e o valor obtido no teste é avaliado segundo a Tabela 4.5.

$$t_c = \left| \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}} \right| > t_{1-\alpha/2, v} \quad (4.3)$$

Onde:

t_c = Valor de t

$t_{1-\alpha/2, v}$ = t de *Student* a 99% de confiança

r = coeficiente de correlação entre $q(i)$ e n° de anos estudados (i)

N = n° de anos da série

v = N- 2 graus de liberdade

Tabela 4.5 – Variação do subparâmetro Não-Estacionariedade da Série Histórica de Vazões

NÃO-ESTACIONARIEDADE	
BAIXO	$t_c < 0,9 t$
MÉDIO	$0,9 t \leq t_c \leq 1,1 t$
ALTO	$t_c > 1,1 t$

Neste método, os valores para as tabelas que combinam parâmetros ou subparâmetros, como a Tabela 4.6, foram criados por meio dos três níveis e seus escores correspondentes (Baixo = 1, Médio = 2 e Alto = 3), já descritos anteriormente para cada indicador, parâmetro e subparâmetro. Cada elemento dentro da tabela é o produto dos escores correspondentes aos níveis da linha e coluna.

A integração dos subparâmetros anteriores Variabilidade e Não-Estacionariedade (Tabela 4.6) possibilita o cálculo final para o parâmetro de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas (Tabela 4.7).

Tabela 4.6 – Combinação dos subparâmetros de Variabilidade e Não-Estacionariedade da Série Histórica de Vazões

		NÃO-ESTACIONARIEDADE		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
VARIABILIDADE	BAIXO	1	2	3
	MÉDIO	2	4	6
	ALTO	3	6	9

Quanto maiores forem os subparâmetros de Variabilidade e Não-Estacionariedade maior será a vulnerabilidade dos ecossistemas e da sociedade que faz uso desses recursos a eventos extremos.

Tabela 4.7 – Variação do Nível e Escore para o parâmetro de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas

VULNERABILIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	ESCORE
BAIXO	1 – 2
MÉDIO	3 – 4
ALTO	6 – 9

Por meio da combinação dos parâmetros Razão de Uso dos Recursos Hídricos e Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas (Tabela 4.8), obtêm-se o indicador de Estresse Hidrológico (Tabela 4.9).

Tabela 4.8 – Combinação dos parâmetros de Razão de Uso dos Recursos Hídricos e Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas

		RAZÃO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Ru		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
VULNERABILIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	BAIXO	1	2	3
	MÉDIO	2	4	6
	ALTO	3	6	9

Tabela 4.9 – Variação do Nível, Escore e Valor Final para o indicador Estresse Hidrológico – Eh

NÍVEL Eh	ESCORE	VALOR
BAIXO	1 – 2	1
MÉDIO	3 – 4	2
ALTO	6 – 9	3

De acordo com as Tabelas 4.8 e 4.9, quanto maiores forem a Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas e a Razão de Uso dos Recursos Hídricos, maior será o Estresse Hidrológico – Eh e mais vulnerável a bacia hidrográfica se encontra, com relação à oferta e à demanda de água, e suscetibilidade a fenômenos climáticos severos. A Tabela 4.10 sintetiza todo o cálculo para o indicador de Estresse Hidrológico (modelos de tabela agrupado).

Tabela 4.10 – Síntese das Tabelas parciais para o cálculo final do indicador Estresse Hidrológico – Eh

ESTRESSE		HIDRICO	
<p>VULNERABILIDADE À MUDANÇAS CLIMÁTICAS</p> <p>VARIABILIDADE</p> <p>CV</p> <p>BAIXO < 15%</p> <p>MÉDIO 15% < CV < 30%</p> <p>ALTO > 30%</p> <p>NÃO-ESTACIONARIEDADE</p> <p>BAIXO $t_c < 0,9 t$</p> <p>MÉDIO $0,9 t \leq t_c \leq 1,1 t$</p> <p>ALTO $t_c > 1,1 t$</p> <p>NÃO-ESTACIONARIEDADE</p> <p>BAIXO 1</p> <p>MÉDIO 2</p> <p>ALTO 3</p> <p>VARIABILIDADE</p> <p>BAIXO 1</p> <p>MÉDIO 2</p> <p>ALTO 3</p> <p>Valor</p> <p>BAIXO 1-2</p> <p>MÉDIO 3-4</p> <p>ALTO 6-9</p>		<p>RAZÃO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS</p> <p>BAIXO 1</p> <p>MÉDIO 2</p> <p>ALTO 3</p> <p>RAZÃO DE USO % DE USO DE QMÉD</p> <p>BAIXO RU < 20%</p> <p>MÉDIO $20 \leq RU \leq 50\%$</p> <p>ALTO RU > 50%</p>	
<p>VULNERABILIDADE À MUDANÇAS CLIMÁTICAS</p> <p>BAIXO 1</p> <p>MÉDIO 2</p> <p>ALTO 3</p>		<p>RAZÃO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS</p> <p>BAIXO 1</p> <p>MÉDIO 2</p> <p>ALTO 3</p>	
<p>VULNERABILIDADE À MUDANÇAS CLIMÁTICAS</p> <p>BAIXO 1-2</p> <p>MÉDIO 3-4</p> <p>ALTO 6-9</p>		<p>ESTRESSE HIDROLÓGICO</p> <p>NÍVEL</p> <p>BAIXO 1-2</p> <p>MÉDIO 3-4</p> <p>ALTO 6-9</p> <p>ESCORE</p> <p>BAIXO 1</p> <p>MÉDIO 2</p> <p>ALTO 3</p>	

4.5.2 – Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada

Os benefícios dos usos dos ecossistemas aquáticos ao homem são múltiplos e variados e, além de apresentarem repercussão econômica, têm valores estéticos e culturais (Tundisi, 2005). Atualmente, há cada vez mais o entendimento de que não somente questões físicas e hidrológicas são importantes no manejo de recursos hídricos, como também a avaliação ecológica, cultural e econômica dos ecossistemas e comunidades envolvidas, com vistas à sua perpetuação e manutenção dos seus benefícios às populações.

Com relação a características importantes para preservação, Rutherford *et al.* (2000) estabelecem que um trecho de rio possui alto valor para a conservação por duas razões: i) suporta espécies ou comunidades raras de plantas ou animais e ii) o trecho está em excelentes condições gerais, como aqueles trechos que são escolhidos como referência ou modelo. Já de acordo com Lima (2006), quando se deseja o manejo de áreas aliado à manutenção do potencial do ecossistema solo e ecossistema aquático de produzir bens e serviços ambientais em perpetuidade, deve-se levar em consideração os seguintes componentes: i) solos, em termos de qualidade e potencial produtivo; ii) água, envolvendo a bacia hidrográfica, regime de vazão e qualidade; iii) diversidade biológica ao longo da paisagem e iv) resiliência, ou seja, resistência a perturbações.

Incorporando os princípios contidos no item 4.4 e os conceitos descritos acima, o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec procura determinar valores dos atributos ecológicos e culturais importantes para o curso d'água estudado, atributos estes, que são influenciados pela redução da vazão. Para o método Potencial de Vazão Ambiental – PVA, foram propostas duas formas de avaliação do Vec, uma detalhada e outra simplificada.

Para a avaliação detalhada do Vec, são acessados na área estudada os parâmetros: i) Sensibilidade à Redução da Vazão; ii) Integridade do Meio Físico; iii) Diversidade; iv) Raridade; v) Características Especiais e vi) Valores Não-Extraíveis dos Cursos D'água, que estão demonstrados na Figura 4.6.

Com relação aos parâmetros elencados acima, foram feitas algumas adaptações da metodologia australiana *MWSP*. Na *MWSP* (NSW, 2006; Harris *et al.*, 2006) os valores ecológicos e culturais são agrupados em seis parâmetros: Integridade do Meio Físico; Diversidade; Raridade; Características Especiais; Valores Não-Extraíveis dos Cursos D'água e Valores Locais. O parâmetro Sensibilidade à Redução da Vazão foi incluído no método PVA para avaliação de características morfológicas dos cursos d'água. Foi retirado o parâmetro Valores Locais (*MWSP*) citado acima, por este já estar representado pelo parâmetro Características Especiais (PVA). As modificações referentes aos subparâmetros serão descritas em cada item específico.

O Valor Ecológico e Cultural – Vec detalhado é calculado por meio de levantamento bibliográfico e da avaliação de especialistas em áreas pré-determinadas observando-se, dentre outras considerações, o Princípio de Rutherford *et al.* (2000) que propõe a priorização de áreas pristinas. Com o uso da tabela, serão calculadas as somas parciais dos subparâmetros, e a soma total referente aos seis parâmetros, cujos dados principais para o cálculo estão apresentados no capítulo cinco, e dados adicionais no Apêndice B.

A forma simplificada de avaliação do Vec ocorre por meio da aplicação do protocolo de avaliação rápida denominado *Stream Visual Assessment Protocol – SVAP* (Bjorkland *et al.*, 2001). O SVAP é aplicado ao curso d'água, juntamente com a avaliação dos parâmetros de Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água, não contemplados pelo protocolo de avaliação rápida, conforme sugerido pelos especialistas presentes no painel.

As tabelas destinadas ao cálculo dos parâmetros referentes ao indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec detalhado e simplificado são apresentadas neste item como modelo para o preenchimento por especialistas, portanto, não apresentam valores específicos. No capítulo 5 – Estudo de caso, essas tabelas são apresentadas com o resultado dos painéis de especialistas para o curso d'água selecionado.

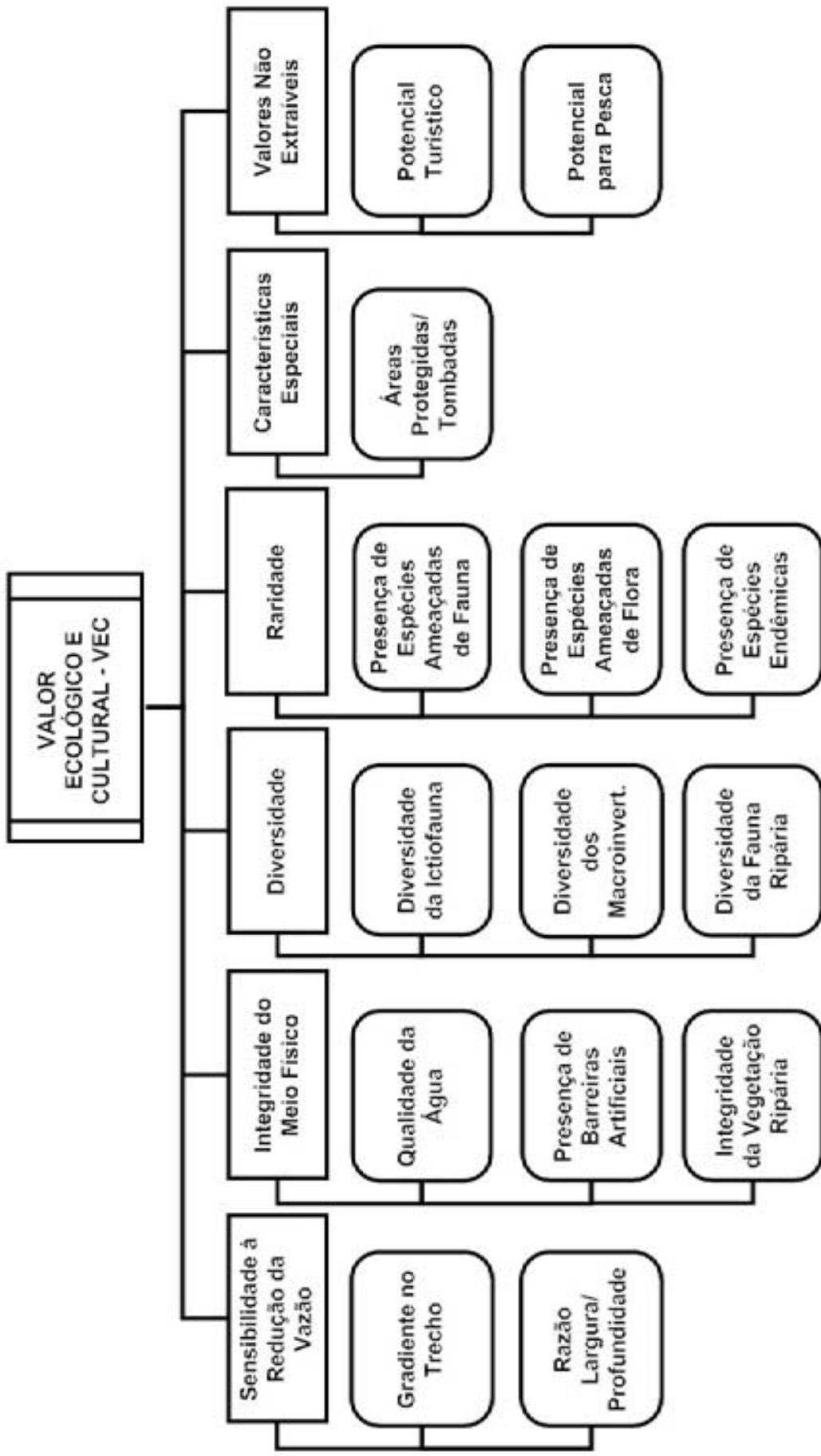


Figura 4.6 – Parâmetros e subparâmetros que compõem o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada

4.5.2.1 – Sensibilidade à Redução da Vazão

A redução de padrões naturais de vazão pode afetar inúmeros componentes dos cursos d'água, estando pequenos rios mais vulneráveis a estas mudanças. Poff *et al.* (1997) afirmam que a manutenção de características da vazão natural é talvez, o fator mais crítico para a manutenção da geomorfologia e da ecologia dos cursos d'água.

Cursos d'água mais largos e com profundidades menores tendem a ser mais afetados pela diminuição na vazão. Esta pode causar redução na continuidade para livre circulação de organismos aquáticos, alterar locais para sua reprodução, causar aumento na temperatura da água, e problemas de diluição de efluentes, dentre outros. Allan (1995) alerta que a modificação das condições físicas e químicas resultam em mudanças no ciclo de vida de plantas e animais.

Os subparâmetros propostos para esta avaliação são: i) Gradiente no Trecho e ii) Razão Largura/Profundidade (Tabela 4.11), que serão avaliados segundo dados disponíveis no apêndice B. Para a MWSP características geomorfológicas são avaliadas pelo parâmetro Características Especiais.

Tabela 4.11 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Sensibilidade à Redução da Vazão, que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada

PARÂMETRO/SUBPARÂMETROS	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Sensibilidade à Redução da Vazão	1	2	3
- Gradiente no Trecho	...	...	...
- Razão Largura/Profundidade	...	...	...
	Soma parcial:		...

Os intervalos propostos para os parâmetros Gradiente no Trecho e Razão Largura/Profundidade levaram em consideração os valores médios observados em rios não regulados do planalto central do Brasil.

Gradiente no Trecho

Gradiente ou queda ao longo da dimensão longitudinal é um importante fator para a determinação de características nos habitats dos cursos d'água. O gradiente do rio pode influenciar importantes fatores físicos como a velocidade da água, composição do substrato do leito e a forma do canal. Para um trecho em particular, a declividade exerce significativo controle sobre características do canal porque ela se ajusta mais lentamente que outras variáveis hidráulicas (Allan, 1995).

O gradiente do trecho ou curso d'água selecionado para a avaliação é determinado segundo a variação da Tabela 4.12, onde o nível baixo corresponde a rios com pouca elevação no perfil longitudinal, o nível médio a média elevação e o nível alto a uma maior elevação deste perfil.

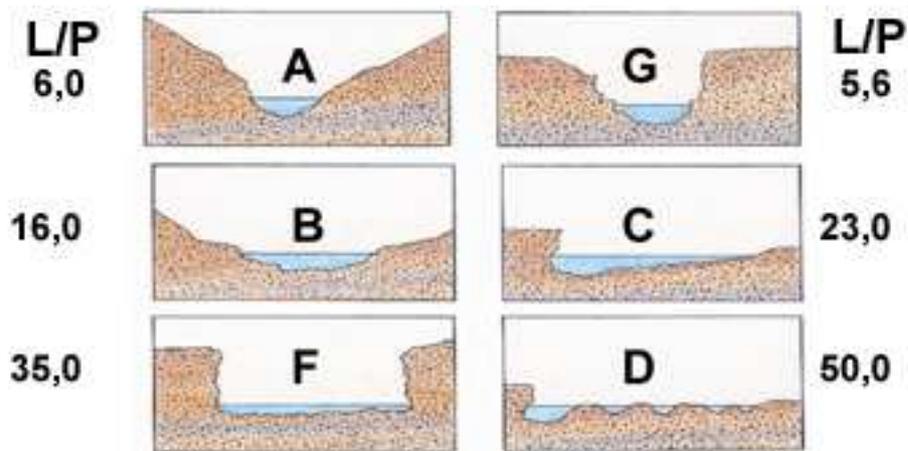
Tabela 4.12 – Variação do subparâmetro Gradiente no Trecho na unidade de manejo avaliada

GRADIENTE NO TRECHO	
BAIXO	$0,001 \leq GT \leq 0,003$
MÉDIO	$0,004 \leq GT \leq 0,007$
ALTO	$GT > 0,007$

Razão Largura/Profundidade

A Razão Largura/Profundidade é importante para identificação de áreas mais suscetíveis à redução na vazão. A avaliação da largura/profundidade em rios foi proposta por Rosgen (1996), dentre várias características dos corpos d'água que são aferidas e comparadas a tabelas para classificação de rios.

A razão Largura/Profundidade é obtida por meio da medição em campo da largura (em nível da calha fluvial) de trechos selecionados e sua respectiva profundidade no mesmo período (Figura 4.7). A Razão Largura/Profundidade é o mais sensível indicador de mudanças na instabilidade do canal, e a sua determinação provê uma avaliação visual rápida da sua estabilidade (Rosgen, 1996).



Exemplos de Razão Largura/Profundidade para seções transversais em rios

Figura – 4.7 Tipologia de rios relacionada a valores de Razão Largura/Profundidade (Fonte: Rosgen, 1996)

Trechos caracterizados por uma baixa razão largura/profundidade exibem um perfil transversal como a Figura 4.8a, com profundidade pronunciada sendo menos suscetíveis à redução da vazão. Ao contrário, trechos onde existe alta razão largura/profundidade são largos e rasos, podendo apresentar corredeiras, estando mais sujeitos a variações na vazão (Figura 4.8b).

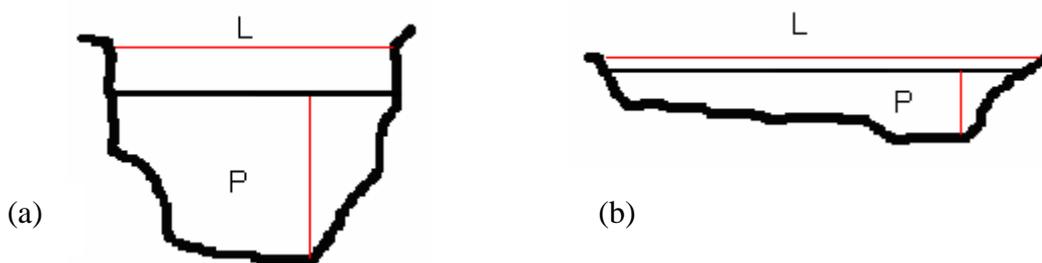


Figura 4.8 – Representação esquemática da razão largura/profundidade em perfil transversal do curso d’água (a) Baixa razão largura/profundidade; (b) Alta razão largura/profundidade.

Canais com alta razão largura/profundidade tornam-se vulneráveis à redução da vazão podendo haver aumento da temperatura da água, redução da sua velocidade e da capacidade de transporte, e aumento da erosão dos bancos no canal.

O subparâmetro Razão Largura/Profundidade pode ser avaliado para o trecho mais crítico na bacia, onde as vazões mínimas seriam as mais preocupantes, como também para a média de diversos trechos selecionados na bacia hidrográfica, e avaliados segundo a Tabela 4.13, proposta para rios não regulados.

Tabela 4.13 – Variação do subparâmetro Razão Largura/Profundidade na unidade de manejo avaliada

RAZÃO LARGURA/PROFUNDIDADE	
BAIXO	$L/P < 6$
MÉDIO	$6 \leq L/P \leq 12$
ALTO	$L/P > 12$

4.5.2.2 – Integridade do Meio Físico

Segundo Lima e Zakia (2006), a integridade reflete as condições decorrentes do processo de evolução natural do ecossistema, ou seja, é o resultado da integração natural da microbacia com a paisagem ao longo do processo evolutivo, fornecendo base ou referência para comparar mudanças ocorridas ou que estão ocorrendo em função das transformações antrópicas da paisagem.

Distúrbios podem ser ocasionados por eventos naturais e/ou atividades antrópicas causando mudanças no ambiente ripário, alterando sua estrutura e prejudicando sua habilidade de realizar funções ecológicas vitais para o ecossistema (FISRWG, 1998). Dentre os impactos ocasionados, as mudanças de regimes de vazão, qualidade da água, conectividade de habitat e transporte de sedimentos podem ter profundos efeitos na integridade dos cursos d'água (Bennet *et al.*, 2002).

Fonseca (2005) afirma que atividades humanas como mineração, retirada de cascalho dos rios, lançamentos de esgotos domésticos e agrotóxicos usados na agricultura representam os principais agentes de degradação da qualidade da água e perda de biodiversidade aquática no Cerrado. Martins *et al.* (2001), por sua vez, consideram como principais formas de uso do solo e da água que provocam impacto direto sobre as matas de galeria, o desmatamento, a construção de represas e o uso da água para a irrigação.

A respeito das interações entre o nível de vazões mínimas e as funções que devem ser mantidas nos ecossistemas, Postel e Richter (2003) apontam que as vazões mínimas devem ser suficientemente altas para manter o habitat de espécies nativas, manter a qualidade da água, especialmente a temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido, e manter o nível do lençol freático.

Portanto, os ambientes menos íntegros podem estar sujeitos a perdas nas suas funções ecológicas, e este parâmetro considera a integridade do meio físico como sendo o meio natural menos perturbado pelas interferências humanas. Nesse sentido, os subparâmetros propostos para a integridade do meio físico são: i) Qualidade da Água; ii) Presença de Barreiras Artificiais e iii) Integridade da Vegetação Ripária (Tabela 4.14), diferentemente da metodologia *MWSP*, que propõe para avaliação desse parâmetro segundo os subparâmetros: Estresse Hidrológico, Barreiras, Vegetação Ripária e Condições de Estuário.

Tabela 4.14 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Integridade do Meio Físico, que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada

PARÂMETRO/SUBPARÂMETROS	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Integridade do Meio Físico	1	2	3
- Qualidade da Água	...	...	...
- Presença de Barreiras Artificiais	...	...	...
- Integridade da Vegetação Ripária	...	...	...
Soma parcial:		...	

Qualidade da Água

A qualidade da água em um corpo hídrico é uma medida de verificação da integridade do meio aquático e dos agentes estressores existentes na bacia hidrográfica. Estas observações podem ser feitas por meio de análises químicas da água, ou levantamentos biológicos de organismos aquáticos como peixes, macroinvertebrados bentônicos, produção algas, macrófitas, e fitoplâncton.

Para detecção de contaminação de origem orgânica como esgoto doméstico utilizam-se parâmetros como: DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, OD – Oxigênio Dissolvido (respectivamente demanda por oxigênio e sua concentração na água, básica para a vida aquática), Coliformes (indicativo bacteriológico de transmissão de doenças), Nitrogênio e Fósforo (nas suas diferentes composições) são indicadores de nutrientes que potencializam a eutrofização do corpo aquático, com diferentes conseqüências em termos de alterações ambientais (Tucci e Mendes, 2006).

Este parâmetro será avaliado segundo medições de parâmetros químicos, comparando-os à Resolução CONAMA n° 357/2005 (Tabela 4.15). Esta resolução classifica as águas doces em cinco classes de acordo com a qualidade requerida para os seus usos preponderantes.

Tabela 4.15 – Variação do subparâmetro Qualidade da Água na unidade de manejo avaliada

QUALIDADE DA ÁGUA	
BAIXO	Para Classes 3 e 4
MÉDIO	Para Classe 2
ALTO	Para Classe Especial e Classe 1

Presença de Barreiras Artificiais

Barreiras artificiais como barragens, estradas, represas ou estruturas similares podem reduzir ou até mesmo impedir a livre movimentação de peixes ao longo do curso d'água, e/ou alterar a vazão natural dos rios, podendo gerar modificação na

qualidade da água e no habitat para peixes (NSW Fisheries, 1999a; 1999b *apud* NSW, 2006).

Além disto, segundo Calijuri e Bubel (2006), o conceito da descontinuidade fluvial, proposto por Ward e Stanford (1983), postula que o represamento rompe o gradiente do rio em relação às condições ambientais, produzindo mudanças longitudinais nos processos bióticos e abióticos. Essas mudanças longitudinais podem ser acentuadas devido à ação sinérgica dos impactos causados pelas barreiras artificiais e pela redução da vazão dos rios por meio da extração de água.

Muitas bacias hidrográficas possuem múltiplos represamentos ou outros tipos de alterações que cumulativamente alteram os regimes de vazão (Pringle, 2001 *apud* Richter *et al.* (2006). A presença de barreiras obstruindo cursos d'água é fonte de preocupação, chegando a se tornar objeto de legislação específica. Em alguns países tem sido adotada legislação para preservação de rios livres de qualquer obstrução, como é o caso do *Wild and Scenic Rivers Act* nos EUA (Dyson *et al.*, 2003).

Em bacias que já apresentam interferência humana, é comum existirem barreiras pelo menos no rio principal. Quando as barreiras ocorrem no rio principal e nos seus tributários aumenta-se o potencial de degradação a que os ecossistemas aquáticos e ripários estão sujeitos.

Aplicando-se o Princípio de Rutherford *et al.*(2000), a avaliação deste parâmetro pode ser feita por meio dos critérios da Tabela 4.16. Quando ocorrem barreiras somente no rio principal, têm-se, então, condições mais pristinas e valores mais altos com relação a esse subparâmetro, conseqüentemente, maiores vazões são disponibilizadas para os ecossistemas e medidas mitigadoras mais restritivas são tomadas para as unidades de manejo (rios, trechos de rios).

Tabela 4.16 – Variação do subparâmetro Presença de Barreiras Artificiais na unidade de manejo avaliada

PRESEÇA DE BARREIRAS ARTIFICIAIS	
BAIXO	Barreiras Artificiais no Rio Principal, nos Maiores e Menores Tributários
MÉDIO	Barreiras Artificiais no Rio Principal, e nos Maiores Tributários
ALTO	Barreiras Artificiais no Rio Principal

Integridade da Vegetação Ripária

Segundo Lima e Zakia (2005), o ecossistema ripário desempenha um dos mais importantes serviços ambientais, que é a manutenção dos recursos hídricos, em termos de vazão, qualidade da água e do ecossistema aquático, e a integridade do ecossistema ripário, desta forma, constitui fator crucial para a manutenção da saúde e da resiliência da microbacia. Dentre as qualidades atribuídas à vegetação, esta tem profunda influência na forma e estabilidade do canal, e em geral, quanto mais funções o *buffer* precisa desempenhar, mais largo ele precisa ser (Rutherford *et al.*, 2000)

A integridade ecológica dos ecossistemas ripários está diretamente relacionada à integridade e às características das comunidades de plantas que compõem e cercam o corredor ripário (FISRWG, 1998). Adicionalmente, as matas de galeria e ciliares são de grande importância na diversidade do bioma Cerrado, pois elas contêm cerca de 33% do número total de espécies conhecidas para o bioma, apesar da reduzida área que ocupam (5%) em relação às demais fitofisionomias (Felfili *et al.*, 2001).

A presença da vegetação ripária em cursos d'água no Cerrado exerce papel fundamental na preservação da biodiversidade da biota aquática (Fonseca, 2005), sendo importante por prover sombreamento do habitat aquático, e alimento para a fauna, além de ser fonte de energia para os cursos d'água e barreira para escoamento superficial, sedimentos e nutrientes que são transportados para os rios.

Segundo Resck e Silva (1998), a relação entre o meio físico e o biótico num ecossistema ripário é de que, em um ecossistema já estabelecido, a dependência é mútua, pois a mata tem importante papel na manutenção dos aquíferos e cursos d'água que vão formar outras bacias a jusante. Para Reichardt (1989) *apud* Reatto *et al.* (2001), florestas ripárias são reguladoras de fluxos de água superficial e subsuperficial. Lima e Zakia (2006) consideram as florestas ripárias importantes principalmente nas regiões de cabeceiras de drenagem, onde estão as nascentes e nascedouros dos rios.

A integridade pode ser obtida por meio de levantamentos de campo ou métodos de avaliação visual rápida como o *SVAP*, desenvolvido por Bjorkland *et al.* (2001), ou o protocolo avaliação de Callisto *et al.* (2002). Em diversos países da Europa e dos EUA, órgãos ambientais têm utilizado abordagens de avaliação de condições ecológicas em rios de cabeceira e monitoramento de bacias hidrográficas, utilizando esses protocolos, que permitem uma avaliação visual rápida (Sommerhäuser *et al.*, 2000).

Neste Estudo, propôs-se que a integridade ripária seja avaliada segundo a porcentagem de cobertura de vegetação ripária íntegra existente na bacia hidrográfica, conforme indica a Tabela 4.17.

Tabela 4.17 – Variação do subparâmetro Integridade da Vegetação Ripária na unidade de manejo avaliada

INTEGRIDADE DA VEGETAÇÃO RIPÁRIA	
BAIXO	Presença de 0-33% de Cobertura de Vegetação Natural íntegra
MÉDIO	Presença de 34-66% de Cobertura de Vegetação Natural íntegra
ALTO	Presença de 67-100% de Cobertura de Vegetação Natural íntegra

4.5.2.3 – Diversidade

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB, 1992) categoriza a biodiversidade em 3 níveis: a diversidade genética (dentro de cada espécie), a diversidade de espécies (entre espécies) e a diversidade de ecossistemas (complexo dinâmico de comunidades animais e vegetais, de microorganismos e seu meio inorgânico que interagem como uma unidade funcional). Em seu nível

mais simples, a diversidade tem sido definida como o número de espécies encontradas em uma comunidade, uma medida conhecida como riqueza de espécies (Primack e Rodrigues, 2001). Essa diversidade reflete o comportamento de um rio e a interação entre hidrologia, geomorfologia, processos e a biota (Dunn, 2000 *apud* NSW, 2006).

Falkenmark (2003), alerta que a diversidade biológica proporciona um efeito tampão contra distúrbios, ou seja, a perda de biodiversidade reduz a resiliência do ecossistema a mudanças e ameaça a função do sistema como base para a atividade econômica e o bem-estar humano. Entretanto, a biodiversidade pode ser afetada pela ação do homem sobre os habitats naturais dos organismos (mudanças no uso dos solos), elevado número de coleta e captura de plantas e animais e introdução de espécies exóticas nesses ambientes. No caso de sistemas aquáticos naturais, a diversidade de fauna e flora nativas é, também, influenciada pela presença de espécies exóticas, particularmente ervas daninhas e peixes (NSW, 2006).

Com relação à distribuição de espécies, Calijuri e Bubel (2006) apontam que, em decorrência de seu isolamento geográfico, as microbacias suportam espécies isoladas geneticamente, ou seja, representam componentes importantes da biodiversidade.

Os subparâmetros que compõem a Diversidade para a *MWSP* são a Integridade da Ictiofauna, Macroinvertebrados Aquáticos, Diversidade da Fauna Ripária e *Seagrasses*. Neste estudo propõe-se a avaliação da diversidade de espécies por tratar-se de dado mais comumente disponível em levantamentos de bacia hidrográficas, dentre as três categorias estabelecidas pela CDB (1992). São propostos os seguintes subparâmetros: i) Diversidade da Ictiofauna; ii) Diversidade dos Macroinvertebrados e iii) Diversidade da Fauna Ripária. A Tabela 4.18 mostra os subparâmetros para diversidade.

Tabela 4.18 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Diversidade, que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada, e o Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada

PARÂMETRO/SUBPARÂMETROS	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Diversidade	1	2	3
- Diversidade da Ictiofauna	...	...	...
- Diversidade dos Macroinvertebrados	...	...	...
- Diversidade da Fauna Ripária	...	...	...
Soma parcial:		...	

Diversidade da Ictiofauna

O estudo das comunidades de peixes e suas respostas à variações no ambiente aquático, como a alteração da vazão, vem sendo usado pela comunidade científica para estabelecimento de vazões ambientais e estudos de qualidade da água.

O *NSW* (2006) define como vantagens de se ter peixes como indicadores: os peixes serem relativamente longevos e móveis, permitindo investigação de impactos numa escala espacial ampla, são de fácil coleta e identificação, e estão presentes até mesmo em pequenos rios e águas poluídas. Entretanto, mais espécies são encontradas em rios maiores que em pequenos cursos d'água, aparentemente em decorrência da área e da diversidade do habitat serem maiores em grandes sistemas aquáticos (Allan, 1995).

Este parâmetro representa a diversidade da comunidade de peixes do curso d'água em estudo, e o quanto elas se aproximam das características naturais anteriores à ocupação humana. O valor para a Diversidade da Ictiofauna será dado segundo a Tabela 4.19, obedecendo-se ao Princípio de Rutherford *et al* (2000) e ao Princípio da Precaução (Colombo, 2004). Onde, altas diversidades recebem maiores escores e contribuem para um maior Vec, e posteriormente, um maior PVA, gerando assim, medidas mais restritivas de uso dos recursos hídricos.

Tabela 4.19 – Variação do subparâmetro Diversidade da Ictiofauna na unidade de manejo avaliada

DIVERSIDADE DA ICTIOFAUNA	
BAIXO	Baixa diversidade
MÉDIO	Média diversidade
ALTO	Alta diversidade

Diversidade dos Macroinvertebrados

Segundo Câmara e Fonseca-Gessner (2006), os macroinvertebrados bentônicos não formam um grupo taxonômico específico, são aqueles invertebrados que habitam o substrato do fundo (sedimento, entulhos, macrófitas, algas filamentosas, etc.) dos habitats de água doce, pelo menos durante parte do seu ciclo de vida. Reúne invertebrados (Insecta, Oligochaeta, Crustacea, Mollusca), geralmente maiores que 0,2 mm (Roque *et al.*, 2003).

Os macroinvertebrados são componentes importantes da comunidade biótica dos cursos d'água. Macroinvertebrados bentônicos, particularmente larvas de insetos e crustáceos, são amplamente utilizados como indicadores das condições de saúde dos rios (FISRWG, 1998). Estes organismos são dependentes da riqueza de espécies da vegetação ripária (Lecerf *et al.*, 2005), e também fonte de alimento para muitas espécies aquáticas. Assim, a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos reflete o estado de todo o ecossistema aquático (Wohlenberg e Rice, 1993 *apud* Fernandes, 2007).

Segundo Barbour *et al.* (1999) *apud* Fernandes (2007), existem três componentes principais da integridade ecológica: a qualidade físico-química da água, o habitat (que inclui a preservação das matas de galeria, preservação das margens, fluxo dos rios, entre outros fatores) e as condições biológicas.

Portanto, a avaliação tradicional da qualidade da água, utilizando apenas fatores físicos e químicos, tem sido ultimamente substituída por avaliações que englobam as características biológicas do sistema, uma vez que a poluição química provocada por fontes não-pontuais pode ser transitória e imprevisível e a

interpretação das conseqüências deste impacto sobre a biota pode ser confundida com a co-ocorrência de distúrbios físicos do habitat (Fernandes, 2007).

O valor da Diversidade para Macroinvertebrados será dado pela avaliação nos seguintes níveis propostos na Tabela 4.20. Aqui, mais uma vez o Princípio de Rutherford *et al.* (2000) e o Princípio da Precaução (Colombo, 2004) foram observados para que ambientes com uma boa condição de diversidade de macroinvertebrados contribuíssem para um maior PVA, e conseqüentemente maiores valores de vazão disponibilizada para esses organismos.

Tabela 4.20 – Variação do subparâmetro Diversidade dos Macroinvertebrados na unidade de manejo avaliada

DIVERSIDADE DOS MACROINVERTEBRADOS	
BAIXO	Condição Pobre
MÉDIO	Condição Média
ALTO	Condição Boa

Diversidade da Fauna Ripária

Para Marinho-Filho e Guimarães (2001), três fatores devem ser considerados visando à manutenção de altos níveis de diversidade biológica dos mamíferos nas florestas ribeirinhas: a complexidade do habitat, a integridade das florestas e a qualidade da água dos rios que as mantêm.

Para o desenvolvimento deste projeto, a fauna ripária considerada deve ser sensível à extração de água e à vazão. Portanto, foi sugerido pelos especialistas que esse subparâmetro considerasse a presença de anfíbios na unidade de manejo avaliada, porque observa-se, que as características ecológicas, fisiológicas e reprodutivas dos anfíbios levam este *taxon* a uma forte associação com ambientes úmidos, com algumas espécies apresentando especificidade de habitat (Brandão e Araújo, 2001). Essas limitações condicionam a ocupação do espaço pelos anfíbios que acabam por manter grandes agregações populacionais em ambientes úmidos, sejam eles perenes, como veredas, lagoas e matas de

galeria, ou sazonais, como alguns campos limpos e poças no cerrado e cerradão (Brandão e Araújo, 1998).

Este subparâmetro é avaliado obedecendo-se ao Princípio de Rutherford *et al.* (2000), o Princípio da Precaução (Colombo,2004) e de acordo com a quantidade de espécies de anfíbios em ambientes úmidos do trecho avaliado, ou mesmo no escopo da bacia hidrográfica. O subparâmetro Diversidade da Fauna Ripária é definida de acordo com a Tabela 4.21.

Tabela 4.21 – Variação do subparâmetro Diversidade da Fauna Ripária na unidade de manejo avaliada

DIVERSIDADE DA FAUNA RIPÁRIA	
BAIXO	Baixo número de espécies de anfíbios
MÉDIO	Médio número de espécies de anfíbios
ALTO	Número elevado de espécies anfíbios

4.5.2.4 – Raridade

Raridade pode ser definida como uma característica de valor intrínseco (espécies raras ou ameaçadas), independentemente de suportar outros serviços ambientais na bacia hidrográfica (Bennett *et al.*, 2002). Uma bacia hidrográfica pode conter uma única, ou uma combinação de características raras e/ou ameaçadas (NSW, 2006).

Devido a impactos antrópicos de diversas fontes, podem ocorrer em uma mesma bacia hidrográfica espécies mais suscetíveis a impactos, como espécies mais suscetíveis à extração de água. Tundisi *et al.* (2006), observa que espécies críticas tem uma importância fundamental para as cadeias alimentares, ou para a manutenção da biodiversidade sustentada dos ecossistemas aquáticos, e essas podem ser removidas por pressão de pesca, caça, ou poluição.

Existe a preocupação e a necessidade de avaliação da perda da diversidade biológica em todo o mundo. Esforços tem sido feitos, para que essa informação seja disponibilizada para o setor privado, gestores e cientistas.

A *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* – *IUCN* teve sua primeira lista de espécies ameaçadas (*Red List*) publicada em 1963 e por mais de 30 anos têm sido avaliados o status de conservação de espécies e subespécies em escala global, evidenciando aquelas que estão sob ameaça e promovendo a sua conservação (*IUCN*, 2007).

Dentre as categorias de avaliação de risco da lista da *IUCN* (2007), este trabalho fará uso das informações nas categorias: Vulnerável – VU (considerada como em risco elevado de extinção na natureza), em perigo – EN (considerada como em risco muito elevado de extinção na natureza) e criticamente em perigo – CR (considerada como em risco extremamente elevado de extinção na natureza), correspondendo respectivamente à variação dos níveis (Baixo, Médio e Alto) para os subparâmetros Presença de Espécies Ameaçadas – Fauna e Presença de Espécies Ameaçadas – Flora.

O Ministério do Meio Ambiente – MMA, percebeu a necessidade de se ter no país uma lista nacional para essa avaliação, isso tornou-se possível a partir de dezembro de 1989, quando foi divulgada a primeira lista de espécies ameaçadas de extinção em território brasileiro. Hoje, a lista mais atualizada é a do ano de 2003, disponibilizada no site do MMA (2003). Os responsáveis pela lista são o MMA, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA em parceria com a Fundação Biodiversitas, a Sociedade Brasileira de Zoologia, a *Conservation International* e instituições de ensino superior. Com relação à lista do MMA (2003), os critérios são baseados nos da *IUCN*. Portanto, neste estudo, para avaliação da lista do MMA (2003), serão considerados, também, os níveis segundo as categorias vulnerável, em perigo e criticamente em perigo, utilizadas nas Tabelas 4.23 e 4.24 e apresentadas nos itens a seguir.

Esse parâmetro avaliará as espécies ameaçadas presentes no ecossistema aquático e ripário do curso d'água avaliado, e os subparâmetros que os representam podem ser vistos na Tabela 4.22. Dados adicionais podem ser consultados no Apêndice B.

Tabela 4.22 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Raridade, que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada e o Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada

PARÂMETRO/SUBPARÂMETROS	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Raridade	1	2	3
- Presença de Espécies Ameaçadas – Fauna	...	...	...
- Presença de Espécies Ameaçadas – Flora	...	...	...
- Presença de Espécies Endêmicas	...	...	...
Soma parcial:		...	

Presença de Espécies Ameaçadas – Fauna

As espécies de fauna ameaçadas (aquáticas e/ou terrestres) relacionadas ao curso d'água em estudo são avaliadas segundo a sua presença nas listagens de espécies ameaçadas da *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources – IUCN (2007)* e do Ministério do Meio Ambiente – MMA (2003), juntamente com a opinião dos especialistas. Este subparâmetro é estimado de acordo com a Tabela 4.23.

Tabela 4.23 – Variação do subparâmetro Presença de Espécies Ameaçadas de Fauna na unidade de manejo avaliada

PRESEÇA DE ESPÉCIES AMEAÇADAS - FAUNA	
BAIXO	Presença de espécies vulneráveis
MÉDIO	Presença de espécies em perigo
ALTO	Presença de espécies criticamente em perigo

Presença de Espécies Ameaçadas – Flora

Semelhantemente à fauna, as espécies de flora ameaçadas relacionadas ao curso d'água em estudo, são avaliadas segundo a sua presença nas listagens de espécies ameaçadas da *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources – IUCN (2007)* e do Ministério do Meio Ambiente – MMA (2003), juntamente com a opinião dos especialistas. Sua estimativa é feita de acordo com a Tabela 4.24.

Tabela 4.24 – Variação do subparâmetro Presença de Espécies Ameaçadas de Flora na unidade de manejo avaliada

PRESENÇA DE ESPÉCIES AMEAÇADAS - FLORA	
BAIXO	Presença de espécies vulneráveis
MÉDIO	Presença de espécies em perigo
ALTO	Presença de espécies criticamente em perigo

Presença de Espécies Endêmicas

As espécies endêmicas, pela característica intrínseca de serem restritas a uma certa região, são espécies mais vulneráveis à extinção. Segundo Myers *et al.* (2000), o Cerrado brasileiro foi categorizado como um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade devido a alta concentração de espécies endêmicas, e por sua acentuada perda de habitat.

As matas de galeria abrigam 50% dos endemismos do Cerrado do Brasil Central e 24% das espécies de mamíferos ameaçadas (Marinho-Filho e Guimarães, 2001). Portanto, é de grande importância que estas espécies sejam avaliadas pelo parâmetro raridade, uma vez que as matas de galeria e a fauna ripária estão intimamente ligadas aos cursos d'água.

Observando-se os níveis propostos para esse subparâmetro apresentados na Tabela 4.25, onde pode-se concluir que a presença de espécies endêmicas aumentaria a necessidade de preservação.

Tabela 4.25 – Variação do subparâmetro Presença de Espécies Endêmicas na unidade de manejo avaliada

PRESENÇA DE ESPÉCIES ENDÊMICAS	
BAIXO	Ausência de espécies endêmicas
MÉDIO	Presença de poucas espécies endêmicas
ALTO	Presença de várias espécies endêmicas

4.5.2.5 – Características Especiais

Segundo Dunn (2000) *apud* NSW (2006), características especiais incluem aspectos incomuns da paisagem considerados por sua beleza cênica (rios prístinos), ecossistemas ou espécies importantes (indicadores, espécies ícone), ou características importantes para a manutenção de certas funções dos cursos d'água (como refúgio ecológico e conectividade). Para a MWSP as Características Especiais são acessadas através dos parâmetros Refúgio Ecológico, Representatividade, Áreas Protegidas, Rios Naturais, Espécies Ícone e Espécies Migratórias. Entretanto, para o PVA este parâmetro será avaliado pelo subparâmetro Áreas Protegidas/Tombadas como mostra a Tabela 4.26.

Tabela 4.26 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Características Especiais, que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada

PARÂMETRO/SUBPARÂMETROS	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Características Especiais	1	2	3
- Áreas Protegidas/Tombadas	...	...	...
Valor parcial:		...	

Áreas Protegidas/Tombadas

As áreas protegidas/tombadas são de grande importância para a proteção de ecossistemas ameaçados pela expansão agrícola e urbana, e para a melhoria da qualidade de vida da população. Quando essas áreas vinculam-se a cursos d'água, elas podem ser afetadas pela redução da vazão, e quanto maior o número de áreas protegidas/tombadas vinculadas a cursos d'água na bacia hidrográfica, maior será o parâmetro Características Especiais, e maior será o PVA e respectivas medidas mitigadoras.

Assim, as Áreas Protegidas/Tombadas serão avaliadas pela sua vinculação com os cursos d'água da bacia hidrográfica em questão, segundo os seguintes critérios estabelecidos na Tabela 4.27.

Tabela 4.27 – Variação do subparâmetro Áreas Protegidas/Tombadas vinculadas à unidade de manejo avaliada

ÁREAS PROTEGIDAS/TOMBADAS	
BAIXO	Presença de baixo número de áreas protegidas na bacia
MÉDIO	Presença de médio número de áreas protegidas na bacia
ALTO	Presença de grande número de áreas protegidas na bacia

4.5.2.6 – Valores Não-Extraíveis

Os valores não-extraíveis são aqueles atributos característicos do curso d'água que são importantes pela sua beleza cênica, o contato com a natureza, o lazer, experiências espirituais e culturais. O enfoque central da atividade de lazer é o prazer não consumista advindo da natureza através de diversas atividades (Duffus e Dearden, 1990 *apud* Primack e Rodrigues, 2001). Para Lima e Zakia (2006) a sobrevivência do ecossistema ripário depende do valor e da atenção que as pessoas têm por ele, em função da percepção estética e do conhecimento dos ganhos ambientais proporcionados.

Entretanto, existem problemas que podem interferir no uso recreacional das águas por parte da população. Estes são basicamente a piora na qualidade das águas e a perda de valores estéticos. Para a metodologia *MWSP* (NSW, 2006; Harris *et al.*, 2006) os Valores Não-Extraíveis dos Cursos D'água são representados pelo Turismo, Pesca Comercial, Pesca Amadora e outras atividades de recreação. Para o PVA adotamos os subparâmetros Potencial Turístico e Potencial para a Pesca na unidade de manejo avaliada.

Um valor elevado para o parâmetro Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água, indica a necessidade de maiores vazões ambientais para dar suporte ao meio ambiente natural, que é fonte destas atividades, juntamente com a implementação de medidas conservacionistas para proteção desses ecossistemas. A Tabela 4.28 mostra os subparâmetros escolhidos para o cálculo do parâmetro Valores Não-Extraíveis segundo o PVA.

Tabela 4.28 – Modelo de tabela para o cálculo do parâmetro Valores Não-Extraíveis que compõe o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada e o Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada

PARÂMETRO/SUBPARÂMETROS	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Valores Não-Extraíveis	1	2	3
- Potencial Turístico	...	...	...
- Potencial para Pesca	...	...	...
Soma parcial:		...	

Potencial Turístico

O turismo ecológico começa a ser visto como ferramenta para desenvolver no freqüentador o sentimento de pertencimento à natureza na qual está inserido, e a necessidade de preservação não só destes espaços delimitados como também de uma forma mais abrangente, os ecossistemas.

O turismo é dependente de valores naturais, onde a diminuição da vazão causada pela extração de água, pode reduzir atividades recreacionais aquáticas (NSW, 2006), tais como, visita à cachoeiras e às áreas de preservação permanente. Tundisi (2005), afirma que a recreação em águas, geralmente, é uma atividade de baixo custo desenvolvida nas principais regiões do Brasil, e desempenha papel econômico relevante, juntamente com o turismo em geral e o turismo ecológico em particular. Este subparâmetro é calculado de acordo com a Tabela 4.29.

Tabela 4.29 – Variação do subparâmetro Potencial Turístico na unidade de manejo avaliada

POTENCIAL TURÍSTICO	
BAIXO	Baixo Potencial Turístico
MÉDIO	Médio Potencial Turístico
ALTO	Alto Potencial Turístico

Potencial para a Pesca

O potencial para a pesca estima a importância relativa da área para a pesca recreacional e comercial segundo critérios qualitativos, pois a redução nas vazões pode influenciar a disponibilidade de habitat para peixes, diminuindo ou não permitindo a realização desta atividade. O potencial para a pesca é calculado de acordo com a Tabela 4.30.

Tabela 4.30 – Variação do subparâmetro Potencial para Pesca na unidade de manejo avaliada

POTENCIAL PARA A PESCA	
BAIXO	Baixo Potencial para Pesca
MÉDIO	Médio Potencial para Pesca
ALTO	Alto Potencial para Pesca

Uma vez estimados os valores para os seis parâmetros que compõem o indicador do valor ecológico e cultural, estes são somados e comparados à Tabela 4.31 para a obtenção do escore, respectivo nível e valor final.

Tabela 4.31 – Variação do Nível, Escore e Valor final para o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada

NÍVEL Vec	ESCORE	VALOR
BAIXO	14 – 22	1
MÉDIO	23 – 32	2
ALTO	33 – 42	3

A Tabela 4.32 é uma síntese de todas as tabelas necessárias ao cálculo do Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada no método proposto.

Tabela 4.32 – Síntese das tabelas parciais para o cálculo final do indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada.

PARÂMETROS/SUBPARÂMETROS		BAIXO	MÉDIO	ALTO	
V A L O R E C O L Ó G I C O E C U L T U R A L	Sensibilidade à redução da vazão	1	2	3	
	- Gradiente no Trecho	...	...	...
	- Razão Largura/Profundidade	...	...	...
	Soma Parcial:		...		
			BAIXO	MÉDIO	ALTO
	Integridade do meio físico	1	2	3	
	- Qualidade da Água	...	...	...
	- Presença de Barreiras Artificiais	...	...	...
	- Integridade da Vegetação Ripária	...	...	...
	Soma Parcial:		...		
			BAIXO	MÉDIO	ALTO
	Diversidade	1	2	3	
	- Diversidade da Ictiofauna	...	...	...
	- Diversidade dos Macroinvertebrados	...	...	...
	- Diversidade da Fauna Ripária	...	...	...
	Soma Parcial:		...		
			BAIXO	MÉDIO	ALTO
	Raridade	1	2	3	
	- Presença de Espécies Ameaçadas da Fauna Ripária	...	...	...
	- Presença de Espécies Ameaçadas da Flora Ripária	...	...	...
- Presença de Espécies Endêmicas	...	...	...
Soma Parcial:		...			
		BAIXO	MÉDIO	ALTO	
Características Especiais	1	2	3		
- Áreas Protegidas/Tombadas	...	...	...
Valor Parcial:		...			
		BAIXO	MÉDIO	ALTO	
Valores não extraíveis	1	2	3		
- Potencial Turístico	...	...	...
- Potencial para a Pesca	...	...	...
Soma Parcial:		...			
Soma geral:		...			
VALOR ECOLÓGICO E CULTURAL					
NÍVEL SCORE VALOR					
BAIXO 14 - 22 1					
MÉDIO 23 - 32 2					
ALTO 33 - 42 3					

4.5.3 – Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada (SVAP e parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água)

O Valor Ecológico e Cultural – Vec calculado segundo o protocolo de avaliação rápida – *SVAP* e parâmetros de Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água é uma forma mais simplificada de avaliação para esse indicador, com o objetivo de ampliar a aplicabilidade do método a bacias hidrográficas, onde dados não são totalmente disponíveis.

O protocolo de avaliação visual *Stream Visual Assessment Protocol – SVAP* (Bjorkland *et al.*, 2001) foi desenvolvido nos EUA pelo *Natural Resources Conservation Service – NRCS*, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e da Universidade da Geórgia como material guia para não-técnicos, que auxiliasse proprietários de terras com áreas de vegetação ripária na avaliação ampla das condições do curso d'água na propriedade. É baseado na inspeção visual de características físicas e biológicas dos cursos d'água e ambientes ripários. O *SVAP* possui as seguintes vantagens: fácil aplicação, baixo custo, rápido retorno de resultados, fácil entendimento dos resultados obtidos, mínima necessidade de treinamento e seus procedimentos não afetam o meio ambiente.

O protocolo *SVAP* tem sido usado amplamente nos EUA, possui registros de adaptação para a América Central, e tem sido aplicado no Brasil para a avaliação de habitats pela *The Nature Conservancy* do Brasil – *TNC*, e mais recentemente pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – *CAESB*.

O uso do protocolo *SVAP* proporciona uma boa avaliação física e biológica, podendo-se inferir sobre a biota existente e investigar processos em andamento na bacia hidrográfica, e possíveis impactos nos trechos avaliados. Logo, foi sugerido o seu uso como uma forma mais simplificada de avaliação do Valor Ecológico e Cultural – Vec para a bacia, uma vez constatada a dificuldade na obtenção de dados mesmo a região avaliada sendo extensamente estudada.

O protocolo SVAP foi prontamente aceito pelo painel de especialistas como forma de subsidiar o cálculo do valor ecológico e cultural para a bacia, pois a avaliação de uma boa condição do habitat é um bom indício da presença da fauna na área. Entretanto, o resultado do protocolo SVAP (Bjorkland *et al.*, 2001) aplicado à Bacia do Ribeirão Pipiripau em 2007 será exposto adicionalmente à sugestão dos especialistas de uma avaliação dos parâmetros de Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis, já calculados no item anterior, pois o SVAP não contempla diretamente estes elementos em sua estrutura.

O cálculo dos parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água segue os critérios já expostos nos itens 4.5.2.3, 4.5.2.4 e 4.5.2.6 respectivamente, e a síntese da avaliação segundo as Tabelas 4.33.e 4.34.

Tabela 4.33 Síntese das tabelas parciais para o cálculo dos parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis na unidade de manejo avaliada, que compõem o Valor Ecológico – Vec avaliado de forma simplificada

DIVERSIDADE/RARIDADE e VALORES NÃO EXTRAÍVEIS			
PARÂMETROS/SUBPARÂMETROS	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Diversidade	1	2	3
- Diversidade da Ictiofauna	...	...	...
- Diversidade dos Macroinvertebrados	...	...	...
- Diversidade da Fauna Ripária	...	...	...
Soma Parcial:	...		
	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Raridade	1	2	3
- Presença de Espécies Ameaçadas da Fauna Ripária	...	...	...
- Presença de Espécies Ameaçadas da Flora Ripária	...	...	...
- Presença de Espécies Endêmicas	...	...	...
Soma Parcial:	...		
	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Valores não extraíveis	1	2	3
- Potencial Turístico	...	...	...
- Potencial para a Pesca	...	...	...
Soma Parcial:	...		
	Soma geral: ...		

Tabela 4.34 Variação do Nível, Escore e Valor final para a soma dos parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis na unidade de manejo avaliada, que compõem o Valor Ecológico – Vec avaliado de forma simplificada.

DIVERSIDADE/RARIDADE E VALORES NÃO EXTRAÍVEIS		
NÍVEL	ESCORE	VALOR
BAIXO	8 - 12	1
MÉDIO	13 - 17	2
ALTO	18 - 24	3

O *SVAP* é calculado para a unidade de manejo em questão, e comparado à Tabela 4.35.

Tabela 4.35 Variação do *SVAP* na unidade de manejo avaliada

SVAP PARA A UNIDADE DE MANEJO	
BAIXO	$SVAP < 6,0$
MÉDIO	$6,0 \leq SVAP \leq 7,5$
ALTO	$SVAP > 7,5$

A combinação dos parâmetros de Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água com o *SVAP* é feita através da Tabela 4.36, e o valor final para o *Vec* para o método simplificado é verificado na Tabela 4.37.

Tabela 4.36 Combinação dos parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis com o *SVAP* na unidade de manejo avaliada

		DIVERSIDADE, RARIDADE E VALORES NÃO EXTRAÍVEIS		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
SVAP PARA A BACIA HIDROGRÁFICA	BAIXO	1	2	3
	MÉDIO	2	4	6
	ALTO	3	6	9

Tabela 4.37 Variação do Nível, Escore e Valor final para o indicador Valor Ecológico e Cultural final – *Vec* avaliado de forma simplificada (*SVAP* e os parâmetros de Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis na unidade de manejo avaliada)

NÍVEL	ESCORE	VALOR
BAIXO	1 – 2	1
MÉDIO	3 – 4	2
ALTO	6 – 9	3

A Tabela 4.38 é uma síntese de todas as tabelas necessárias ao cálculo do Valor Ecológico e Cultural – *Vec* avaliado da forma simplificada conforme o *SVAP*, Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água.

Tabela 4.38 – Síntese das tabelas parciais para o cálculo final do indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada (SVAP, Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis da unidade de manejo avaliada)

VALOR ECOLÓGICO E CULTURAL	DIVERSIDADE/RARIDADE e VALORES NÃO EXTRAÍVEIS				
	PARÂMETROS/SUBPARÂMETROS		BAIXO	MÉDIO	ALTO
	Diversidade		1	2	3
	- Diversidade da Ictiofauna	
	- Diversidade dos Macroinvertebrados	
	- Diversidade da Fauna Ripária	
	Soma Parcial:		...		
			BAIXO	MÉDIO	ALTO
	Raridade		1	2	3
	- Presença de Espécies Ameaçadas da Fauna Ripária	
	- Presença de Espécies Ameaçadas da Flora Ripária	
	- Presença de Espécies Endêmicas	
	Soma Parcial:		...		
			BAIXO	MÉDIO	ALTO
	Valores não extraíveis		1	2	3
- Potencial Turístico		...	...	...
- Potencial para a Pesca		...	...	...
Soma Parcial:		...			
Soma geral:		...			
DIVERSIDADE, RARIDADE E VALOR CULTURAL					
		NÍVEL	ESCORE	VALOR	
		BAIXO	8 - 12	1	
		MÉDIO	13 - 17	2	
		ALTO	18 - 24	3	
SVAP PARA A UNIDADE DE MANEJO					
		BAIXO	SVAP < 6,0		
		MÉDIO	6,0 ≤ SVAP ≤ 7,5		
		ALTO	SVAP > 7,5		
DIVERSIDADE/RARIDADE E VALOR CULTURAL					
		BAIXO	MÉDIO	ALTO	
SVAP PARA A BACIA HIDROGRÁFICA		BAIXO	MÉDIO	ALTO	
		1	2	3	
		2	4	6	
		3	6	9	
VALOR ECOLÓGICO E CULTURAL					
		NÍVEL	ESCORE	VALOR	
		BAIXO	1 - 2	1	
		MÉDIO	3 - 4	2	
		ALTO	6 - 9	3	

4.5.4 – Dependência Econômica – De

As populações rurais e urbanas dependem economicamente da água para as atividades que exercem, sejam elas para consumo próprio, para o plantio irrigado, dessedentação de animais, para o uso industrial e comercial. Este indicador avalia a dependência econômica dessas atividades, cuja redução nas vazões necessárias a sua atividade produtiva, levaria a prejuízos significativos ou até mesmo ao colapso dos mesmos.

Este indicador estima a dependência da comunidade na extração de água, considerando o valor da extração, para a agricultura e para o abastecimento urbano. Pois, existe a necessidade de adequação dos usos estabelecidos na bacia hidrográfica, à capacidade de suporte dos ecossistemas aquático e ripário, face a habilidade da comunidade em se adaptar a mudanças nas regras de acesso à água. E aumentar as vazões ambientais (vazões de restrição) significa reduzir os usos humanos da água, inclusive o econômico. Entretanto, Postel e Richter (2003) afirmam que ao contrário da impressão inicial, limites impostos as alterações nos rios não são uma barreira econômica ao progresso mas um ingrediente necessário para o desenvolvimento sustentável .

A Dependência Econômica é calculada através de dois parâmetros: i) O Valor Econômico da Extração de Água e o ii) Potencial de Gestão da Demanda, sendo o seu valor final é estimado pela Tabela 4.49. As relações entre os parâmetros e subparâmetros para este indicador podem ser observadas na Figura 4.9.

O valor final para o indicador Dependência Econômica – De possui valor contrário aos outros indicadores que compõem o PVA, pois quanto maior for a dependência econômica, menor deve ser o PVA, uma vez que o valor econômico da água é fator importante na economia da unidade de manejo avaliada.

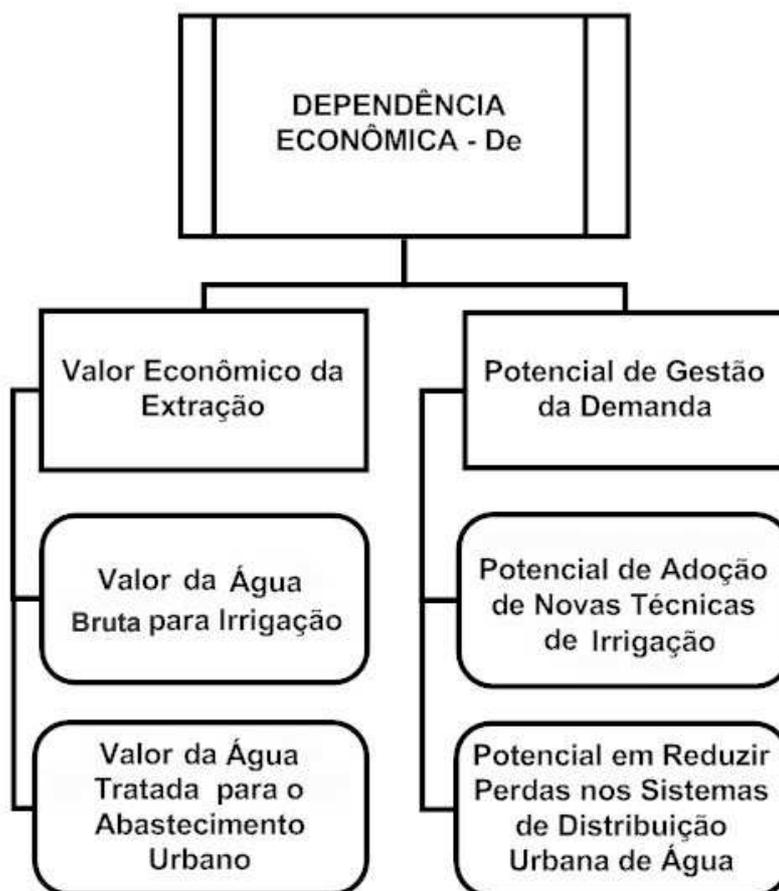


Figura 4.9 – Parâmetros e subparâmetros que compõem o indicador Dependência Econômica – De

4.5.4.1 – Valor Econômico da Extração dos Recursos Hídricos

A alocação de água em uma determinada atividade gera benefícios sociais, econômicos e ambientais que não são apropriados somente pelo usuário, mas também por outros setores da sociedade (Kelman e Ramos, 2004). Portanto, a dependência econômica das comunidades na extração de água baseia-se nos seguintes parâmetros: i) Valor da Água Bruta para Irrigação em R\$/m³ e ii) Valor da Água Tratada para Abastecimento Urbano em R\$/m³.

Estes valores, por sua vez, refletem o custo de oportunidade do uso da água. Uma vez que, o custo de oportunidade para um setor é o maior valor da água para o usuário encontrado entre todos os setores concorrentes (Kelman e Ramos, 2004). Ou seja, o valor do uso da água para determinada atividade pode ser obtido a partir do seu custo de oportunidade numa atividade alternativa (Faria, 2003).

Valor da Água Bruta para Irrigação

Os intervalos para cada nível (baixo, médio e alto) foram estabelecidos segundo variação do valor da água para o usuário da agricultura irrigada. A renda gerada é de fato, apropriada pelos fazendeiros que irrigam a terra e de que portanto, pode ser tomada como uma medida do custo de oportunidade da água na agricultura irrigada (Carrera-Fernandez e Garrido, 2002).

O valor da água bruta para a irrigação, segundo Kelman e Ramos (2004), avalia o valor da água para o usuário, e este valor representa o retorno econômico líquido obtido por m³ de água aplicada na produção, como também a disposição do usuário a pagar por este recurso.

O cálculo do valor de uso da água para a irrigação na bacia é efetuado segundo Equação 4.4 abaixo, e o valor obtido será comparado à Tabela 4.39. Na equação 4.4, assumiu-se como em Kelman e Ramos (2004) a renda líquida de sequeiro como nula, pelas características climáticas (sazonalidade) e de produção (culturas em estufa). A Tabela 4.39 foi composta por valores de culturas irrigadas contidos em Kelman e Ramos (2004).

$$VU (R\$/m^3) = \frac{\text{Renda Líquida Irrigação} - \text{Renda Líquida Sequeiro (R\$/unidade)}}{\text{Volume de água captado (m}^3\text{/unidade)}} \quad (4.4)$$

Tabela 4.39 – Variação do subparâmetro Valor da Água Bruta para Irrigação em R\$/m³ na unidade de manejo avaliada

VALOR DA ÁGUA BRUTA PARA A IRRIGAÇÃO (R\$/m³)	
BAIXO	Vu < 0,4
MÉDIO	0,4 ≤ Vu ≤ 1,2
ALTO	Vu > 1,2

Valor da Água Tratada para Abastecimento Urbano

O valor do uso da água para o abastecimento urbano é estimado pelo valor da tarifa da água tratada, que reflete o seu custo de oportunidade e o seu valor de uso. Este valor é classificado pela Tabela 4.40.

A composição dos intervalos sugeridos na Tabela 4.40 são a conversão para R\$/m³, dos valores médios de água em US\$/m³, praticados em alguns países do mundo conforme Mejia *et al.* (2000).

Tabela 4.40 – Variação do subparâmetro Valor da Água Tratada para Abastecimento Urbano em R\$/m³ na unidade de manejo avaliada

VALOR DA ÁGUA TRATADA PARA O ABASTECIMENTO URBANO (R\$/m³)	
BAIXO	Tarifa < 0,4
MÉDIO	0,4 ≤ Tarifa ≤ 1,2
ALTO	Tarifa > 1,2

Combinando-se os valores urbanos e de irrigação pela Tabela 4.41 será obtido o valor econômico da extração de água (Tabela 4.42). No caso de não haver na unidade de manejo algum dos usos (urbano ou irrigação), multiplica-se o valor da extração por 3. Pois, do ponto de vista da utilização econômica da água, maiores valores de extração, retornam menores valores de PVA, estando a unidade de manejo, propícia a desenvolvimento econômico relacionado ao uso da água, salvo análise dos outros indicadores.

Tabela 4.41 – Combinação dos subparâmetros Valor do Uso da Água Tratada para Abastecimento Urbano em R\$/m³ e Valor do Uso da Água Bruta para Irrigação em R\$/m³ na unidade de manejo avaliada

	VALOR DA ÁGUA TRATADA PARA O ABASTECIMENTO URBANO		
	BAIXO	MÉDIO	ALTO
VALOR DA ÁGUA BRUTA PARA IRRIGAÇÃO	BAIXO	MÉDIO	ALTO
	1	2	3
	2	4	6
	3	6	9

Tabela 4.42– Variação do Nível e Escore para o parâmetro Valor Econômico da Extração de Água na unidade de manejo avaliada

VALOR ECONÔMICO DA EXTRAÇÃO DE ÁGUA	ESCORE
BAIXO	1 – 2
MÉDIO	3 – 4
ALTO	6 – 9

4.5.4.2 – Potencial de Gestão da Demanda dos Recursos Hídricos

Este parâmetro mede o potencial de gestão da demanda de água na unidade de manejo (rio, trecho de rio, bacia hidrográfica), ou seja, qual o potencial dos usuários de reduzir a demanda, através de campanhas educativas, racionalização do uso, substituição de métodos de irrigação, dentre outros.

Para Postel e Richter (2003), novas demandas por água são alcançadas não por maiores manipulações em rios, e sim com o aumento da produtividade, obtendo-se mais benefícios da água já apropriada para propósitos humanos. Assim, a gestão de demanda dá-se no sentido de utilizar, da melhor maneira possível, as disponibilidades hídricas viabilizadas pela oferta.

O potencial de gestão da demanda dos recursos hídricos na unidade de manejo é avaliado segundo dois setores: o rural representado pela irrigação e o urbano representado pelo abastecimento das cidades.

Potencial de Adoção de Novas Técnicas de Irrigação

No caso da irrigação, esta desenvolve-se em um ciclo cujas etapas vão desde a captação da água em manancial, sua condução às áreas irrigadas, a aplicação, o uso pelas plantas e o retorno ao meio ambiente (Taveira *et al.*, 2007). Perdas podem ocorrer nas várias etapas deste processo.

Técnicas de irrigação obsoletas e equipamentos avariados provocam perdas na etapa de aplicação de água às culturas. Entretanto, a condução e a reservação de água também podem produzir grandes perdas devido a canais e reservatórios não revestidos.

Medidas mitigadoras contra o desperdício de água na bacia hidrográfica, e as abordagens de manejo da demanda por água, possibilitam associar a experiência do irrigante às técnicas de conservação (Tabela 4.43).

Tabela 4.43 – Categorias e medidas mitigadoras para manejo da demanda por água (Christofidis, 2001).

CATEGORIA	MEDIDA OPCIONAL
Agronômica	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção e reprodução de variedades de cultivo com alta produtividade por litro de água evapotranspirada, mais eficientes no uso da água. • Consórcios de cultivo e plantio nos intervalos entre fileiras para melhor aproveitamento da umidade do solo. • Melhoria na adequação dos cultivos às condições climáticas e à qualidade da água disponível. • Seqüenciamento de plantio para maximizar a produção em condições de solo e água salina (semi-árido). • Adoção de cultivos tolerantes sob condições de escassez ou não garantia de disponibilidade de água.
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Sistematização dos solos para melhoria da uniformidade de aplicação e redução de vazões na irrigação por superfície. • Melhoramento dos métodos de distribuição de água nos sistemas de irrigação, demanda, semidemanda, por turno, em substituição à distribuição de vazão contínua. • Melhoria na condução de água nos canais de maneira a atender calendários predeterminados pro setor. • Defasagem nos plantios e variação nos cultivos para reduzir exigência simultânea de água ao longo dos distintos desenvolvimentos que passam ocorrer. • Criação de bacias de indução à infiltração de água no solo e a redução do escoamento superficial. • Uso de aspersores mais eficientes e melhor uniformidade na aplicação, com aplicações mais precisas e menores pressões, reduzindo perdas por evaporação e decorrentes de velocidades de ventos elevadas. • Adoção de irrigação localizada para redução de perdas de evaporação e melhoria na produtividade.
Manejo	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria nos calendários agrícolas. • Aperfeiçoamentos das operações nos sistemas de irrigação para fornecimento de água programada. • Aplicação da água conforme a fase de desenvolvimento de cada cultivo. • Adoção de métodos de conservação de água e plantio direto. • Melhoria na manutenção dos canais, tubulações e equipamentos. • Reciclagem de água dos drenos e dos trechos finais (com adequado manejo). • Uso conjuntivo de água (água de superfície e água subterrânea).
Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • Formação de organizações de usuários de água para melhoria no envolvimento dos irrigantes e aplicação de instrumentos econômicos. • Redução dos subsídios nos preços da água para irrigação. • Adoção de preços para água que induzam a conservação. • Adoção de uma base legal para a ocorrência de mercados de água eficiente e com garantia de equidade. • Incentivo a disseminação de novas tecnologias eficientes de otimização e intercambio entre os setores público e privado. • Melhoria na capacitação, treinamento em serviço e dos métodos de disseminação.

Portanto, a avaliação da possibilidade, por parte dos usuários rurais de água da bacia hidrográfica, em adotar novas técnicas de irrigação e/ou substituir equipamentos avariados é uma importante medida para o início de ações preventivas contra o desperdício afastando o racionamento. Este subparâmetro será avaliado de forma subjetiva pelos especialistas conforme a Tabela 4.44.

Tabela 4.44 – Variação do subparâmetro Potencial de Adoção de Novas Técnicas de Irrigação na unidade de manejo avaliada

POTENCIAL DE ADOÇÃO DE NOVAS TÉCNICAS DE IRRIGAÇÃO	
BAIXO	Não há interesse, e não há recursos
MÉDIO	Há interesse, e não há recursos
ALTO	Há interesse, e há recursos

Potencial em reduzir Perdas nos Sistemas de Distribuição Urbana

As perdas de água na zona urbana ocorrem devido à falta de manutenção nos sistemas de distribuição urbana e do desperdício por parte dos usuários.

Gonçalves (1998), em estudo de metodologia para controle de perdas em sistemas de distribuição de água, afirma que as perdas em um sistema de abastecimento de água ocorrem na produção (da produção à estação de tratamento) e/ou na distribuição (após o tratamento): i) na produção, as perdas podem ocorrer nos próprios mananciais (através do assessoramento, retiradas indevidas para irrigação e etc.), acontecendo também em adutoras e/ou linhas de recalque de água bruta, em equipamentos/conexões de estações elevatórias e de tratamento e ii) na distribuição, podem ocorrer perdas em adutoras e/ou linhas de recalque de água tratada, estações elevatórias, reservatórios, redes de distribuição e ramais prediais e unidades consumidoras.

Segundo Sugai (2003), as perdas de água nos sistemas de abastecimento no Brasil variam de 15 a 50%, sendo 20% um valor razoável para sistemas bem operados. Este subparâmetro será avaliado de forma subjetiva pelos especialistas conforme a Tabela 4.45.

Tabela 4.45 – Variação do subparâmetro Potencial em Reduzir Perdas nos Sistemas de Distribuição Urbana na unidade de manejo avaliada

POTENCIAL EM REDUZIR PERDAS NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO URBANA DE ÁGUA	
BAIXO	Não há interesse, e não há recursos
MÉDIO	Há interesse, e não há recursos
ALTO	Há interesse, e há recursos

Combinando-se as Tabelas 4.44 e 4.45, obtêm-se a Tabela 4.46 abaixo, e desta, o nível e escore para o potencial de gestão da demanda (Tabela 4.47).

Tabela 4.46 – Combinação dos subparâmetros Potencial de Adoção de Novas Técnicas de Irrigação e Potencial em Reduzir Perdas nos Sistemas de Distribuição Urbana na unidade de manejo avaliada

	POTENCIAL EM REDUZIR PERDAS NOS SISTEMAS DE DIST. URBANA DE ÁGUA			
	BAIXO	MÉDIO	ALTO	
POTENCIAL DE ADOÇÃO DE NOVAS TÉCNICAS DE IRRIGAÇÃO	BAIXO	1	2	3
	MÉDIO	2	4	6
	ALTO	3	6	9

Tabela 4.47– Variação do Nível e Escore para o parâmetro Potencial de Gestão da Demanda na unidade de manejo avaliada

POTENCIAL DE GESTÃO DA DEMANDA	ESCORE
BAIXO	1 – 2
MÉDIO	3 – 4
ALTO	6 – 9

Combinando-se o Valor Econômico da Extração e o Potencial de Gestão da Demanda por meio da Tabela 4.48, obtêm-se o valor para a Dependência Econômica (Tabela 4.49).

Tabela 4.48 – Combinação dos parâmetros Valor Econômico da Extração Potencial de Gestão da Demanda na unidade de manejo avaliada

		VALOR ECONÔMICO DA EXTRAÇÃO DE ÁGUA		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
POTENCIAL DE GESTÃO DA DEMANDA	BAIXO	1	2	3
	MÉDIO	2	4	6
	ALTO	3	6	9

Tabela 4.49 – Variação do Nível, Escore e Valor Final para o indicador Dependência Econômica – De na unidade de manejo avaliada

NÍVEL De	ESCORE	VALOR
BAIXO	1 – 2	3
MÉDIO	3 – 4	2
ALTO	6 – 9	1

A Tabela 4.50 sintetiza o cálculo da Dependência Econômica – De para a unidade de manejo em questão, incluindo todas as tabelas descritas anteriormente neste ítem.

4.5.5 – Valor do Potencial de Vazão Ambiental – PVA

Uma vez preenchidas as tabelas pelo painel de especialistas, foi determinado o nível do potencial de vazão ambiental e medidas propostas proporcionalmente ao PVA. Essas medidas, que variam desde a manutenção dos limites mínimos legais (baixo PVA) até maiores restrições de outorga e maiores vazões de restrição (alto PVA).

Após a estimativa dos três indicadores, cada um deles foi convertido aos valores 1, 2 e 3. O resultado da multiplicação dos valores convertidos de Eh, De e Vec pode ser verificado na Tabela 4.51 (Vec avaliado de forma detalhada) ou Tabela 4.52 (Vec avaliado de forma simplificada), juntamente com as medidas mitigadoras sugeridas.

As Tabelas 4.10, 4.32, 4.38 e 4.50 são a síntese das Tabelas parciais e explicitam os valores finais e níveis dos indicadores Estresse Hidrológico – Eh, Valor Ecológico/Cultural – Vec (avaliado de forma detalhada), Valor Ecológico/Cultural – Vec (avaliado de forma simplificada) e Dependência Econômica – De respectivamente, com a finalidade de calcular o Potencial de Vazão Ambiental – PVA. Encontra-se ainda nestas tabelas as sugestões de medidas mitigadoras correspondentes ao valor do resultado do PVA.

As Tabelas 4.51 e 4.52 são as Tabelas síntese dos resultados do PVA para o método detalhado e para o método simplificado respectivamente.

As medidas mitigadoras sugeridas para os três níveis do PVA, que constam das Tabelas 4.51 e 4.52 tiveram origem na bibliografia pesquisada a respeito de vazões ambientais e como elas se relacionam com a vegetação ripária e as águas subterrâneas, nas ações essenciais ao desenvolvimento sustentável dos recursos naturais na unidade de manejo, a necessidade de sistemas de outorga e fiscalização coordenados, a racionalização e eficiência no uso da água captada para fins humanos, reduzindo a pressão sobre a gestão da oferta, a cobrança sobre o uso dos recursos hídricos e a educação ambiental na bacia hidrográfica, aliando conhecimento à ações ambientais concretas.

Tabela 4.51 – Síntese das Tabelas finais para o cálculo do Potencial de Vazão Ambiental – PVA segundo avaliação detalhada: Estresse Hidrológico – Eh, Valor Ecológico e Cultural – Vec (avaliado de forma detalhada) e Dependência Econômica – De.

PVA (1 - 27)									
ESTRESSE HIDROLÓGICO			VALOR ECOLÓGICO E CULTURAL			DEPENDÊNCIA ECONÔMICA			
NÍVEL	ESCORE	VALOR	NÍVEL	ESCORE	VALOR	NÍVEL	ESCORE	VALOR	
Baixo	1 - 2	1	Baixo	14 - 22	1	Baixo	1 - 2	3	
Médio	3 - 4	2	Médio	23 - 32	2	Médio	3 - 4	2	
Alto	6 - 9	3	Alto	33 - 42	3	Alto	6 - 9	1	
PVA = Eh x Vec x De									
RESULTADO PVA SUGESTÕES DE MEDIDAS MITIGADORAS									
1-3			BAIXO			<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção dos limites de outorga vigentes; • Incentivo à racionalização do uso da água; • Incentivo à educação ambiental na bacia hidrográfica. • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas; • Aumento de pelo menos 25% da vazão de restrição; • Incentivo à racionalização do uso da água; • Incentivo à educação ambiental na bacia hidrográfica; 			
4-12			MÉDIO			<ul style="list-style-type: none"> • Incentivo à redução das perdas nos sistemas de distribuição de água; • Incentivo à cobrança pelo uso da água superficial; • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas; • Monitoramento de águas superficiais na bacia. • Aumento de pelo menos 50% da vazão de restrição; • Incentivo financeiro à racionalização do uso da água; • Fiscalização frequente; • Instalação de equipamentos individuais de medição de vazão nas captações; 			
13 - 27			ALTO			<ul style="list-style-type: none"> • Maior restrição na outorga de águas superficiais; • Incentivo à cobrança pelo uso da água superficial; • Restrição de outorga de águas subterrâneas; • Incentivo à redução das perdas nos sistemas de distribuição de água; • Incentivo à cobrança para o uso de águas subterrâneas. • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas; 			
<p>POTENCIAL DE VAZÃO AMBIENTAL PVA</p> <p>Potencial de Vazão Ambiental Aumenta</p>									

Tabela 4.52 – Síntese das Tabelas finais para o cálculo do Potencial de Vazão Ambiental – PVA segundo avaliação simplificada: Estresse Hidrológico – Eh, Valor Ecológico e Cultural – Vec (SVAP e parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água) e Dependência Econômica – De.

PVA (1 - 27)											
ESTRESSE HIDROLÓGICO			VALOR ECOLÓGICO E CULTURAL			DEPENDÊNCIA ECONÔMICA					
NÍVEL	SCORE	VALOR	NÍVEL	SCORE	VALOR	NÍVEL	SCORE	VALOR			
Baixo	1 - 2	1	Baixo	1 - 2	1	Baixo	1 - 2	3			
Médio	3 - 4	2	Médio	3 - 4	2	Médio	3 - 4	2			
Alto	6 - 9	3	Alto	6 - 9	3	Alto	6 - 9	1			
			PVA = Eh x Vec x De								
P O T E N C I A L D E V A Z Ã O A M B I E N T A L P V A											
RESULTADO PVA SUGESTÕES DE MEDIDAS MITIGADORAS											
1-3			BAIXO			<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção dos limites de outorga vigentes; • Incentivo à racionalização do uso da água; • Incentivo à educação ambiental na bacia hidrográfica. • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas; • Aumento de pelo menos 25% da vazão de restrição; • Incentivo à racionalização do uso da água; • Incentivo à educação ambiental na bacia hidrográfica; • Incentivo à redução das perdas nos sistemas de distribuição de água; • Incentivo à cobrança pelo uso da água superficial; • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas; • Monitoramento de águas superficiais na bacia. 					
4-12			MÉDIO			<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de pelo menos 50% da vazão de restrição; • Incentivo financeiro à racionalização do uso da água; • Fiscalização frequente; • Instalação de equipamentos individuais de medição de vazão de vazão nas captações; • Maior restrição na outorga de águas superficiais; • Incentivo à cobrança pelo uso da água superficial; • Restrição de outorga de águas subterrâneas; • Incentivo à redução das perdas nos sistemas de distribuição de água; • Incentivo à cobrança para o uso de águas subterrâneas. • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas; 					
13 - 27			ALTO			<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de pelo menos 50% da vazão de restrição; • Incentivo financeiro à racionalização do uso da água; • Fiscalização frequente; • Instalação de equipamentos individuais de medição de vazão de vazão nas captações; • Maior restrição na outorga de águas superficiais; • Incentivo à cobrança pelo uso da água superficial; • Restrição de outorga de águas subterrâneas; • Incentivo à redução das perdas nos sistemas de distribuição de água; • Incentivo à cobrança para o uso de águas subterrâneas. • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas; 					
						Potencial de Vazão Ambiental Aumenta					

5 – ESTUDO DE CASO

Este capítulo se destina à caracterização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau – selecionada para este estudo e aplicação do método ao Ribeirão Pipiripau, incluindo as sugestões do painel de especialistas.

Como previsto na metodologia proposta para este trabalho de pesquisa, especialistas nas áreas de hidrologia, vazões ambientais, limnologia, economia e de uma empresa de saneamento foram convidados a participar de painel e, previamente, receberam material para avaliação e aplicação do método PVA à bacia hidrográfica selecionada. A reunião ocorreu no dia 05 de dezembro de 2007, de 08:30 às 12:00, no Departamento de Engenharia Florestal da UnB.

Na ocasião, foi sugerida pelos participantes uma segunda reunião, realizada no dia 12 de dezembro de 2007, de 09:00 às 13:00, no mesmo local. Esta segunda reunião foi sugerida pela extensão dos assuntos abordados, a necessidade de reflexão por parte dos especialistas, e o compromisso de todos com a determinação do PVA para a bacia hidrográfica selecionada.

A primeira reunião consistiu na apresentação e avaliação do método proposto. Já o segundo encontro abrangeu a aplicação do método à bacia hidrográfica em estudo (Figura 5.1).



Figura 5.1 Fotos dos Painéis de especialistas (05 e 12/12/2007)



Figura 5.1 Painéis de especialistas (05 e 12/12/2007) – continuação

5.1 – CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PIPIRIPAU

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau localiza-se na parte nordeste do Distrito Federal, e pertence à Região Administrativa de Planaltina/DF – RA VI, estando a sua porção superior (aproximadamente 10% da área da bacia) situada no Estado de Goiás. É, portanto, um rio de domínio Federal, e uma das sub-bacias da porção norte da bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu denominada por Campaña *et al.* (1999) como Alto São Bartolomeu.

A bacia em estudo abrange uma área de 235 Km² e engloba três núcleos rurais, denominados Santos Dumont, Taquara e Pípiripau, parte da área rural de Planaltina, Vale do Amanhecer e Condomínio Arapoanga. As coordenadas da bacia em UTM são 213.601 E/8.264.250 N e 235.913 E/8.289.742 N (CAESB, 2001), como mostra Figura 5.2.

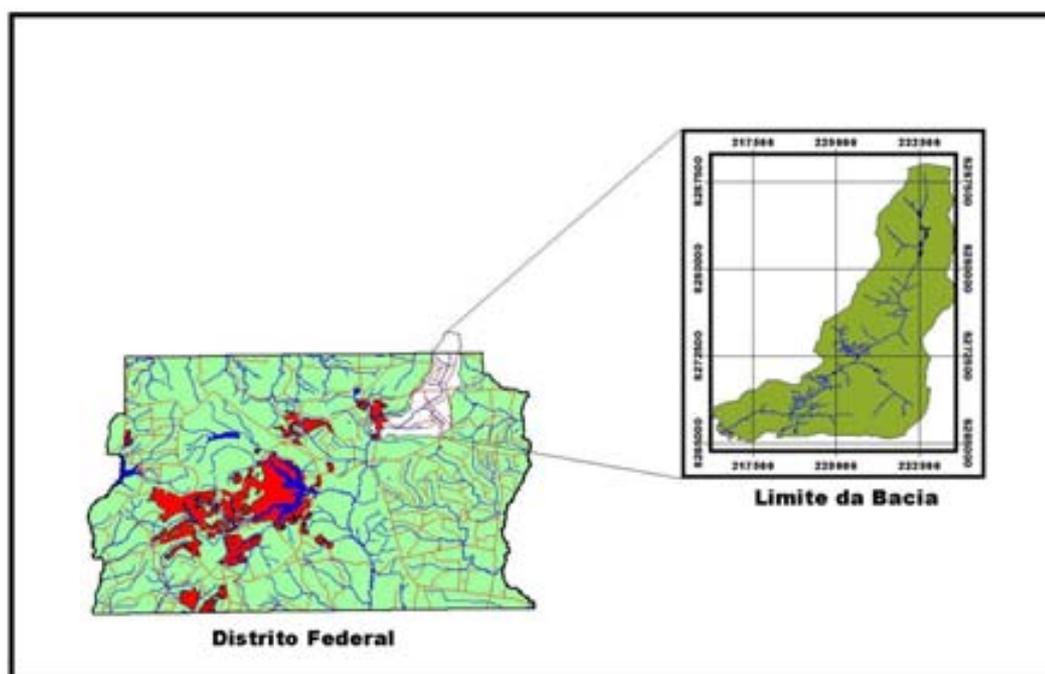


Figura 5.2 – Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau (CAESB, 2001)

No caso de Brasília, a CAESB possui cinco sistemas de captação de água no Distrito Federal: Descoberto; Santa Maria/Torto; Sobradinho/Planaltina; Brazlândia; e São Sebastião. O Subsistema do Ribeirão Pípiripau faz parte do Sistema Sobradinho/Planaltina, que inclui também os subsistemas Fumal e

Brejinho, sendo responsável pela produção de cerca de 684 mil m³/ mês de água (CAESB, 2006).

O Ribeirão Pípiripau é o principal curso d'água da bacia e um importante manancial para o Distrito Federal. O Sistema Integrado de Abastecimento de Água Sobradinho/Planaltina abastece 14% da população do DF, sendo o seu terceiro maior sistema produtor, com oito captações superficiais e quinze poços profundos (SIÁGUA - CAESB, 2004). A captação do Ribeirão Pípiripau entrou em operação em 15 de agosto de 2000 e abastece as Regiões Administrativas de Sobradinho e Planaltina, inclusive o condomínio Arapoanga.

O sistema Pípiripau inclui uma captação com barragem de nível em concreto cujo reservatório é operado a fio d'água, tendo sido avaliado como de vida útil de 50 anos. Na primeira etapa, já instalada, a vazão de adução é de 400 l/s e, na segunda etapa, ainda em fase de projeto, prevê-se uma adução de 720 l/s.

A barragem de nível possui 46,40 metros de comprimento e altura máxima de 9,00 metros, sendo a cota da crista do vertedouro igual a 955,80 metros e a área do espelho d'água no NA normal (cota de 956,00 metros) é de 2.900 m² e no NA máximo maximorum (cota de 957,60 metros) de 7.200 m², com volumes de água de respectivamente 4.000 m³ e 13.000 m³, sendo a profundidade média do reservatório no NA normal de 2,5 metros (CAESB, 2001).

5.1.1 – Clima

Predomina na bacia o Clima Tropical de Altitude – Cwa (Köppen) – Tropical chuvoso, com verões quentes e invernos secos, que aparece nas cotas entre 1.000 e 1.200 metros, na qual a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18° C e a do mês mais quente superior a 22° C.

A precipitação média anual na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau no período entre 1972 e 2003, excetuando-se o ano de 1977 (dados incompletos), foi de 1.293,04 mm. Chaves & Piau (2008), em estudo sedimentológico na Bacia do Ribeirão Pípiripau, avaliaram a série histórica para precipitações médias na bacia

(1972-2004) e concluíram que, apesar do decréscimo na precipitação média anual, a série de precipitação anual pode ser considerada estacionária (Figura 5.3).

Segundo o Plano de Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, elaborado pela CAESB (2001) para fazer frente a exigências do processo de licenciamento ambiental para a implantação do sistema de captação Pipiripau, as informações obtidas por meio dos dados das estações analisadas permitem concluir que a condição de estiagem prevalece na bacia hidrográfica, sendo confirmada, após o ano de 1993, a tendência de redução das precipitações. A redução da oferta de água frente à demanda crescente na bacia levou ao recrudescimento dos conflitos já existentes.

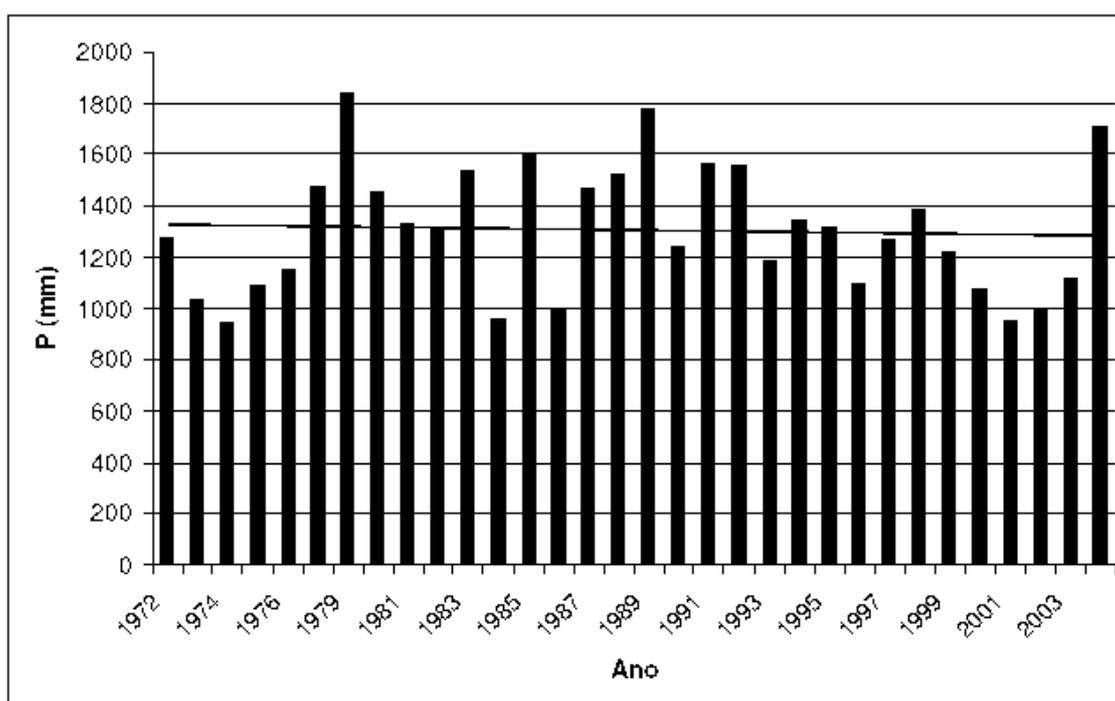


Figura 5.3 – Variabilidade da precipitação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, Estação Taquara Cód. 01547013, no período de 1972-2004 (Fonte: ANA, 2005).

5.1.2 – Hidrografia

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau abrange uma área de drenagem de 23.527,36 hectares, possui 122 Km de cursos d'água perenes e intermitentes,

cujo curso principal é o Ribeirão Pipiripau com 41 Km de extensão e características perenes (CAESB, 2001). O ribeirão recebe contribuições dos córregos afluentes Maria Velha, Dez Irmãos, Sítio Novo, Capim Puba, Eugênio, Taquara, Córrego Seco, Cachoeirinha, Capão Grande, e Capão Grosso, e deságua no rio São Bartolomeu, um dos mananciais mais importantes do Distrito Federal.

A bacia tem formato alongado, largura média de 5,74 Km e declividade média de 5,8%. Possui baixa densidade de drenagem (0,52 Km/Km²), com padrão de drenagem retangular, apresentando alguns cursos d'água intermitentes e aproximadamente 100 nascentes (CAESB, 2001).

5.1.3 – População

Planaltina possui uma área rural de 1.532 Km² correspondentes a 30% da área rural do Distrito Federal, sendo que 15% da área rural total diz respeito à Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (CAESB, 2001). Em decorrência das características eminentemente rurais da região, a população economicamente ativa na bacia está envolvida com a agricultura. Identifica-se na bacia proprietários de terras e arrendatários com renda mais elevada, trabalhadores rurais, agregados ou temporários com baixa renda.

Além dos três núcleos rurais Santos Dumont, Taquara e Pipiripau, parte da área rural de Planaltina e a área do entorno do Vale do Amanhecer, a bacia engloba, ainda, outros dois grupos de chácaras situados na margem direita do ribeirão Pipiripau: i) o loteamento da fazenda Pipiripau, delimitado ao norte pelo córrego Sítio Novo e ii) parte do loteamento da fazenda Mestre D'Armas que apresenta características mais urbanas, agregando várias chácaras utilizadas para lazer, residindo na bacia no ano de 1996 aproximadamente 11.159 habitantes (CAESB, 2001).

Segundo (CAESB,2001), a maior parte das terras é arrendada pelo governo, as áreas particulares concentram-se na margem esquerda do Pipiripau formando um triângulo a BR-020 e o Córrego Taquara, há também uma pequena mancha na

divisa com Goiás correspondente à fazenda Maria Velha, e ao sul, na margem direita do Ribeirão Pípiripau, há apenas pequena área desapropriada em comum, ou seja, de propriedade da União Federal, na divisa com o Goiás próximo à estrada que vai para São Gabriel.

O Núcleo Rural Santos Dumont está situado à margem esquerda do Ribeirão Pípiripau e quase integralmente à jusante da barragem de captação da CAESB com área total de 2.500 ha, dividida em 125 lotes que compõem a parte baixa e a parte alta do núcleo rural (Oliveira & Wehrmann, 2005). Porém, somente a parte baixa faz uso das águas do Ribeirão Pípiripau.

Este núcleo está dividido em 84 propriedades que ocupam áreas média de 7,00 ha, possuindo um sistema de irrigação projetado e implantado para atender 580,00 ha (Oliveira, 2006). De acordo com relatório da Semarh/DF (2002) *apud* Oliveira (2006), residem no Núcleo Rural Santos Dumont aproximadamente 443 pessoas, média de quatro pessoas por família. Quanto à formas de organização dessa comunidade, existem duas associações denominadas de Associação dos Produtores do Núcleo Rural Santos Dumont (APANRURAL) e outra denominada Associação dos Usuários de Água do Canal de Irrigação do Núcleo Rural Santos Dumont (Oliveira, 2006).

A área do Núcleo Rural Taquara abrange duas bacias hidrográficas, a Bacia do Ribeirão Pípiripau (sub-bacia do Rio São Bartolomeu) e a Bacia do Rio Jacaré (Sub-bacia do Rio Preto). Segundo dados da EMATER (2004) *apud* Oliveira (2006), considerando a Agrovila Taquara e as 310 propriedades rurais integrantes deste núcleo, lá residem cerca de 4.000 pessoas, onde as residências locais são abastecidas por poço artesiano e o saneamento é feito através de fossas sépticas.

Com relação à produção de hortaliças no Núcleo Rural Taquara, existem aproximadamente 130 produtores numa área total de 350ha, dentre eles 50 destacam-se pela produção do pimentão em cultivo protegido sob estufas (ao todo 550 estufas com o uso da plastinocultura), sendo reconhecidos como um dos principais produtores de pimentão do país (Oliveira, 2006).

Embora tenham sido identificadas preocupações ambientais relevantes em reuniões de produtores rurais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau (Apêndice C), nota-se nestas, a priorização de assuntos relacionados à água (insumo do processo produtivo na bacia), e aspectos organizacionais das associações de produtores, em detrimento de outras necessidades ambientais. Tal fato é observado por Ribeiro *et al.* (2006), em estudo dos aspectos ambientais no processo decisório do produtor rural no Núcleo Rural Taquara (parte pertence à Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau), concluindo que os produtores rurais dessa localidade tomam suas decisões à luz do modelo econômico vigente, fundamentando suas decisões com a priorização de resultados econômicos, sendo os aspectos ambientais observados somente se interferirem nos resultados econômicos de suas atividades.

5.1.4 – Legislação e Outorga dos Recursos Hídricos

O Ribeirão Pípiripau tem sua nascente no estado de Goiás, sendo considerado de domínio da União. Portanto, outorgas na calha do Ribeirão Pípiripau estão sob responsabilidade da ANA, e demais outorgas estão a cargo da ADASA. Os dispositivos legais que tratam de critérios específicos para a outorga dos recursos hídricos no Distrito Federal e Goiás evidenciando a falta de consenso entre as esferas Federal, Estadual e Distrital, encontram-se descritos na Tabela 5.1.

Esta situação pode ser observada na outorga dos recursos hídricos e o estabelecimento de vazões de restrição (vazões ambientais) no Distrito Federal, onde existem não só o Decreto Distrital nº 22.359, de 31 de agosto de 2001, que regulamenta a outorga dos recursos hídricos superficiais em nível Distrital, como possui resoluções específicas da Agência Distrital de Águas e Saneamento do Distrito Federal – ADASA, como é o caso da Resolução ADASA nº 293, de 31 de maio de 2006, que restringe a outorga às especificidades hídricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, e finalmente o critério utilizado pela ANA para rios federais.

Tabela 5.1 – Critérios de outorga dos recursos hídricos no Distrito Federal e Goiás

Legislação/ Orgão	Abrangência	Critério de Vazão de Referência	Vazão Remanescente
Lei nº 9.433/97	Federal	Diretrizes Gerais de Gerenciamento dos RH	-
ANA	Federal	Outorga de no máximo 70% da Q_{95}	30% da Q_{95}
SEMARH/GO	Estadual	Outorga de no máximo 70% da Q_{95}	30% da Q_{95}
Decreto Nº 22.359/01	Distrital	$Q_{7,10}$ ou Q_{90} ou Q_{ml} . O somatório das vazões outorgadas não poderá exceder 80% das vazões regularizadas. No caso de abastecimento humano, o limite máximo poderá chegar a 90% da $Q_{7,10}$.	20-10% da $Q_{7,10}$ ou Q_{90} ou Q_{ml}
SEMARH/DF	Distrital	Outorga de no máximo 80% da Q_{90}	20% da Q_{90}
Resolução ADASA Nº 293/06	Bacia do Ribeirão Pipiripau	Os atos de outorga observarão as restrições decorrentes do balanço entre disponibilidade hídrica e demandas e a necessidade de manutenção de vazões mínimas nos pontos de controle remanescentes ao final de cada um de seus trechos.	Trecho 1 - 0,156 m ³ /s Trecho 2 - 0,430 m ³ /s Trecho 3 - 0,940 m ³ /s Trecho 4 - 0,600 m ³ /s Trecho 5 - 0,375 m ³ /s

A Resolução ADASA nº 293, de 31 de maio de 2006, que estabelece marco regulatório de procedimentos e critérios de outorga a serem respeitados na Bacia do Hidrográfica Ribeirão Pipiripau, considerando a regularização dos usos atuais. O Art. 7º da referida resolução fixa vazões mínimas de entrega nos cinco pontos de monitoramento (Figura 5.4), e o Art. 13 determina que os parâmetros e condições definidos na resolução terão validade de 10 (dez) anos, e serão objeto de validação a cada 2 (dois) anos.

Quanto à isenção de outorga, o Art. 3º da Resolução ADASA nº 293/06 define que não serão objeto de outorga de direito de uso dos recursos hídricos superficiais as captações individuais até 1 l/s, desde que o somatório dos usos individuais no trecho não exceda 20% da vazão outorgada, e as acumulações e reservas de água com volume máximo de 86.400 l, conforme previsto nos incisos I e II do Art.

7º do Decreto nº 22.359, de 31 de agosto de 2001. Ainda no Art. 3º, a isenção de outorga de uso de águas subterrâneas é concedida nos seguintes casos: i) cisterna/poço escavado/cacimba com consumo de até 5 m³/dia; ii) poços incluídos em pesquisa, de caráter exclusivo de estudo.

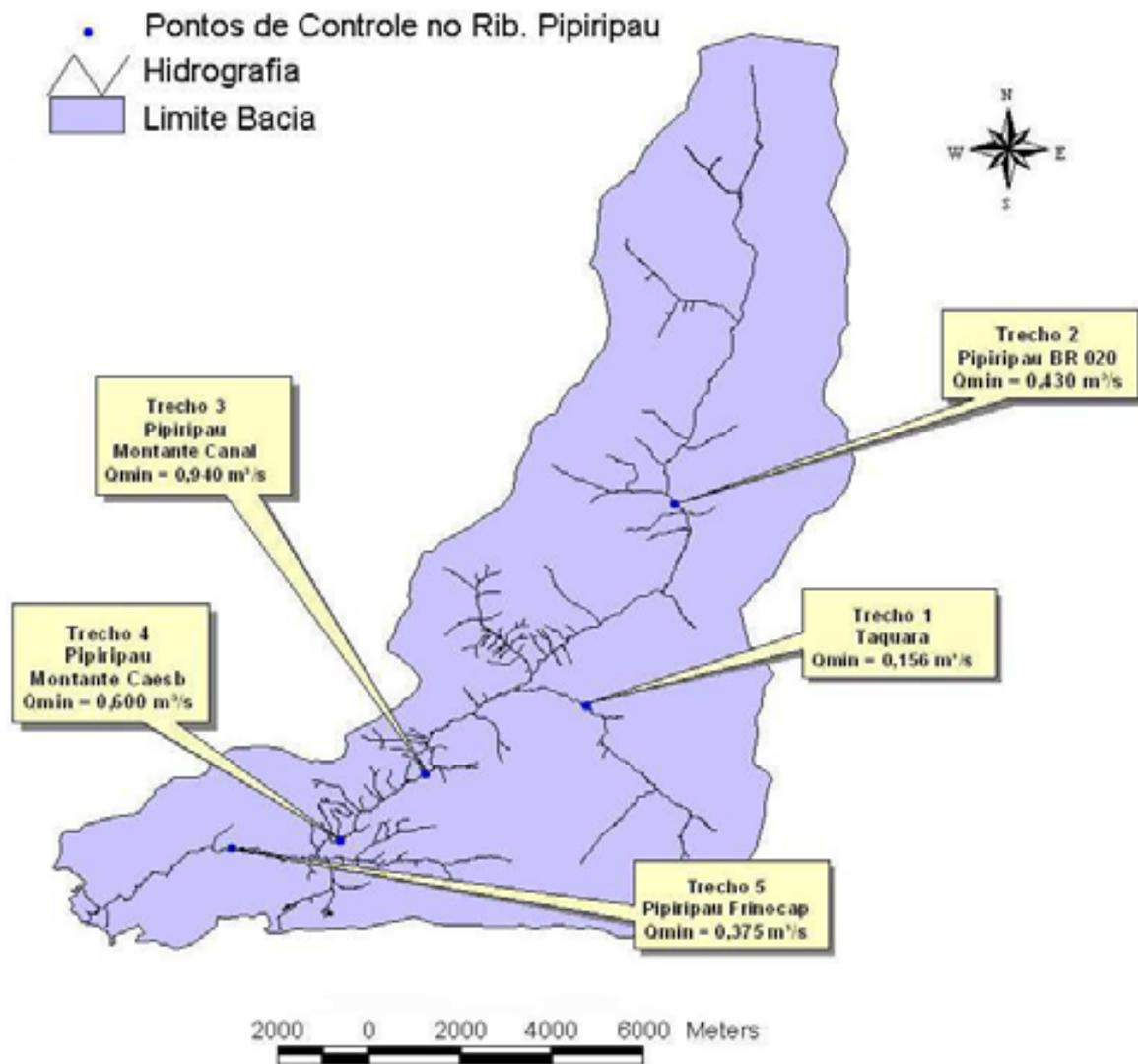


Figura 5.4 – Pontos de controle estabelecidos pela Resolução ADASA nº 293/06 ao longo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau e suas respectivas vazões de entrega por trecho

5.1.5 – Conflitos pelo uso da água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau

De aproximadamente 60 pontos de captação existentes no Ribeirão Pípiripau, dois retiram expressivos volumes de água, ocorrendo conflito de uso nos períodos de estiagem: o do canal Santos Dumont, para irrigação de plantios no Núcleo Rural Santos Dumont (em operação desde 1989), e o da CAESB, para o abastecimento urbano das cidades de Sobradinho e Planaltina, cujo início das operações remonta a agosto de 2000. Ocorre, também, conflito entre os próprios usuários devido à distribuição desigual de água entre os lotes do Canal de Irrigação Santos Dumont, onde existem 84 pontos de captação de água.

O ano de 2002 foi marcado pela escassez de água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, agravando-se os conflitos de água já latentes entre seus usuários. Tornou-se, portanto, necessária a intervenção da Agência Nacional de Águas – ANA, por meio da etapa de cadastramento dos usuários de 17/05 a 18/06/2004, realizada pela ANA, SEMARH/DF e SEMARH/GO com caráter declaratório, para determinação de demandas. Posteriormente, em Técnica ANA (2004) foram divulgados estudos sobre o balanço hídrico (oferta e demanda de água); estabelecendo-se, então, vazões mínimas (vazões de entrega¹⁵ para 5 pontos de controle ao longo do Ribeirão Pípiripau) e propostas medidas de controle e racionamento para anos de escassez hídrica na bacia.

Com o apoio da CAESB, SEMARH e EMATER/DF, ocorreram iniciativas de mitigação de conflitos, tais como: a Semana da Água; a 1ª Reunião de Usuários de Água do Núcleo Rural Santos Dumont; a 1ª Reunião de Usuários de Água do Núcleo Rural Taquara; a 1ª Reunião de Usuários de Água do Núcleo Rural Pípiripau II; e a 1ª Reunião de Usuários de Água da Associação dos Produtores Rurais do Mestre D'armas.

¹⁵ Menor valor para vazão nos pontos de controle que deve estar disponibilizada para usos à jusante, podendo disponibilizar-se valor superior nunca inferior ao estabelecido.

Essas iniciativas foram importantes para o reconhecimento dos problemas enfrentados na bacia hidrográfica, a identificação dos atores envolvidos nos conflitos, a discussão acerca da excessiva retirada do recurso hídrico, bem como o desperdício e a necessidade de equilíbrio e eqüidade no uso do recurso.

O balanço hídrico para a bacia (relação entre oferta e demanda de água) foi realizado pela ANA em 2004 a partir de dados de vazão da estação fluviométrica Frinocap (1971-2004) e dados do cadastramento dos usuários, dividindo-se a série histórica em dois períodos representativos: 1971-1988 e 1989-2004. Isto se deve à entrada em funcionamento do Canal de Irrigação Santos Dumont no ano de 1989, interferindo, assim, nos valores da vazão à jusante do canal, como mostra a Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Vazões de referência calculadas para dois diferentes períodos da Série Histórica de Vazões para o Ribeirão Pipiripau (ANA, 2004)

Período Analisado	Q₉₅ (m³/s)	Q₉₀ (m³/s)	Q_{mit} (m³/s)
Série Completa	0,713	0,991	3,048
1971 a 1988	1,250	1,510	3,526
1989 a 2004	0,550	0,713	2,525

Das demandas existentes, o Canal de Irrigação Santos Dumont capta aproximadamente 400l/s durante todo o ano, quando as necessidades declaradas no cadastramento estão em torno de 200l/s nos meses de agosto e setembro, ocorrendo desperdício da água captada, principalmente por infiltração no canal, evaporação nos reservatórios e por equipamentos de irrigação quebrados ou obsoletos. Entretanto, não devem ser esquecidas as perdas nas redes de abastecimento da CAESB para o atendimento das cidades de Sobradinho e Planaltina, e o desperdício gerado pela população urbana devido ao mau uso da água.

Segundo dados do Cadastramento, no período de estiagem há uma redução natural da vazão juntamente com uma maior retirada para irrigação, constituindo-se este o mais significativo para o período. Nas chuvas, a maior demanda pelas águas ocorre para saneamento. Portanto, na bacia, conflitos de origem quantitativa podem gerar conflitos de ordem qualitativa. A redução do volume de

água ofertada na estação seca, o aumento da demanda devido às necessidades das culturas irrigadas e o consumo urbano, constituem os maiores conflitos de origem quantitativa. Entretanto, esta redução do volume juntamente com a extração, pode acarretar problemas de qualidade das águas do Ribeirão Pibiripau, uma vez que a vazão para diluição de poluentes se torna reduzida.

Devido ao uso não sustentável das águas da Bacia do Ribeirão Pibiripau, e a partir de dados de disponibilidade hídrica, a ANA estabeleceu vazões de entrega para cinco pontos de controle ao longo do Ribeirão Pibiripau (vazões de restrição), visando restringir a outorga dos recursos hídricos a critérios específicos para que não fosse necessário o racionamento dos usos na bacia. Esses valores foram determinados a partir da série histórica 1971-1988, considerada mais próxima à natural, que posteriormente, foram fixados em resolução pela ADASA. Nesse sentido, é feita, a cada ano, uma avaliação em abril/maio para verificação da necessidade de remanejamento de água na bacia devido à escassez.

Segundo a CAESB (2001), o sistema produtor de água do Pibiripau opera com um déficit atual de cerca de 40 l/s em época de estiagem prolongada, mesmo a captação operando com capacidade de 400 l/s e não estando implantada a sua segunda fase com capacidade instalada de 720 l/s. Como pode ser observado na Tabela 5.3, nos quatro últimos anos da série histórica de vazões (1971-2003), a vazão mínima de restrição no posto Frinocap foi inferior ao valor legal ($Q_{rest} = 0,375 \text{ m}^3/\text{s}$). As vazões estabelecidas nos pontos de controle foram determinadas segundo balanço entre oferta e demanda de água, e estatísticas das séries históricas de vazões.

Tabela 5.3 – Série histórica de vazões mínimas anuais no posto FRINOCAP (1971-2003)

Ano	Q _{min}	Ano	Q _{min}	Ano	Q _{min} *
1971	0,876	1984	1,510	1994	0,913
1972	1,370	1985	1,660	1995	0,632
1973	1,110	1986	0,952	1996	0,373
1974	1,240	1987	0,590	1997	0,876
1975	0,913	1988	1,280	1998	0,395
1979	2,190	1989	0,767	1999	0,550
1980	2,130	1990	1,200	2000	0,325
1981	1,810	1991	1,610	2001	0,184
1982	2,080	1992	2,300	2002	0,142
1983	1,970	1993	1,710	2003	0,221

* Vazões inferiores as vazões de entrega estabelecidas na Resolução ADASA nº 293/2006

5.2 – APLICAÇÃO DO POTENCIAL DE VAZÃO AMBIENTAL – PVA À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PIPIRIPAU

Seguindo o método descrito no capítulo 4, foram apresentados aos especialistas participantes do Painel dados referentes à Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pibiripau, chegando-se a um consenso quanto ao valor para os indicadores e para o PVA. A obtenção de cada um dos indicadores é apresentada a seguir.

5.2.1 – Estresse Hidrológico – Eh

Para o cálculo dos parâmetros que compõem o indicador de Estresse Hidrológico foi utilizada a série histórica de 1971-1988, considerada como natural. Este período foi escolhido por caracterizar uma situação de referência a partir da qual podem ser feitas inferências (Figura 5.5), pois ele não apresenta a interferência da captação do Canal de Irrigação Santos Dumont que entrou em operação em 1989, e posteriormente a captação da CAESB no ano de 2000, ocasionando a redução da vazão à jusante destas captações (Figura 5.6).

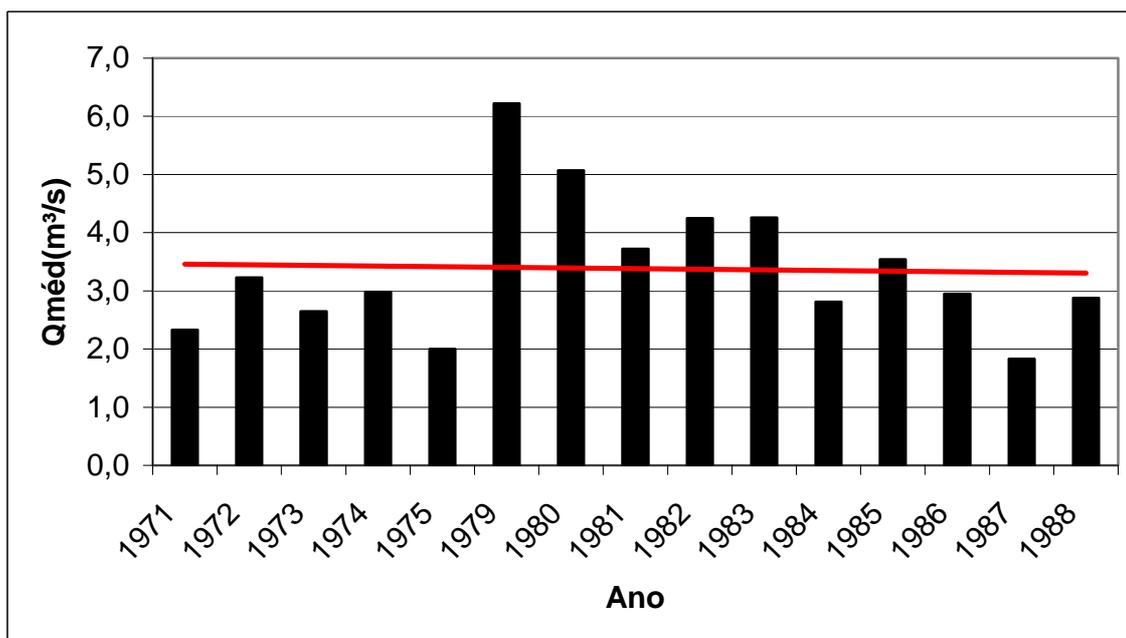


Figura 5.5 – Vazões médias anuais em m³/s no posto FRINOCAP no período (1971-1988)

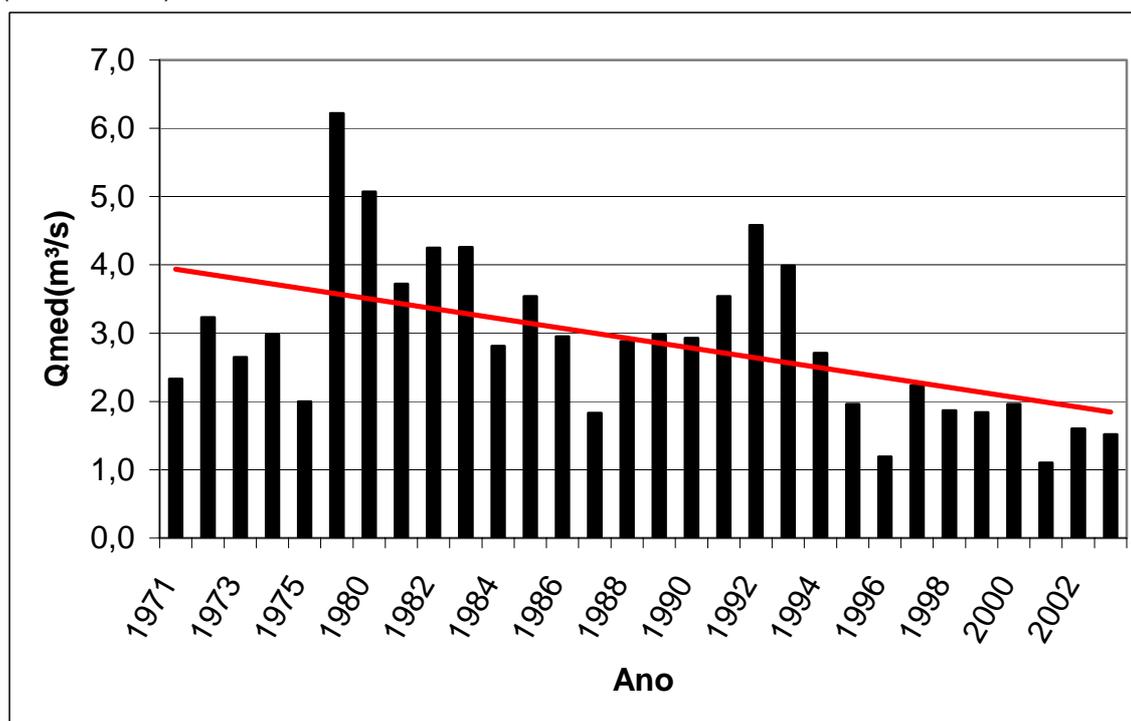


Figura 5.6 – Vazões médias anuais em m³/s no posto FRINOCAP no período (1971-2003)

5.2.1.1 – Razão de uso dos Recursos Hídricos

A Razão de Uso dos Recursos Hídricos – Ru é dada pela razão entre demanda e oferta de água na bacia, indicando o quanto o curso d'água está sendo demandado com relação à disponibilidade de água.

A média das vazões anuais para o período estudado (1971-1988), excetuando-se os anos de 1976, 1977 e 1978, cujos dados estão incompletos, é de 3,38 m³/s, como mostra a Tabela 5.4. Segundo a Nota Técnica ANA (2004), a vazão média de longo período (1971-1999) no posto Frinocap é de 3,1 m³/s.

Tabela 5.4 – Valores de vazão média anual em m³/s ofertada no posto FRINOCAP no período (1971-1988).

Ano	Qmed (m ³ /s)
1971	2,330
1972	3,230
1973	2,650
1974	2,980
1975	2,000
1979	6,220
1980	5,070
1981	3,720
1982	4,250
1983	4,260
1984	2,810
1985	3,540
1986	2,950
1987	1,830
1988	2,880
Média	3,38
D.P.	1,18
C.V.	34,88%

A Tabela 5.5 e a Figura 5.7 ilustram as demandas mensais para a bacia, onde pode-se observar o aumento da demanda à medida que se intensifica o período de estiagem, alcançando seu ápice no mês de setembro (ANA, 2004).

Tabela 5.5 – Demandas consuntivas mensais em m³/s na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pibiripau (ANA, 2004)

Mês	Demanda (m ³ /s)	Mês	Demanda (m ³ /s)	Mês	Demanda (m ³ /s)
Janeiro	0,427	Maio	0,702	Setembro	0,918
Fevereiro	0,427	Junho	0,702	Outubro	0,612
Março	0,431	Julho	0,772	Novembro	0,428
Abril	0,547	Agosto	0,884	Dezembro	0,427

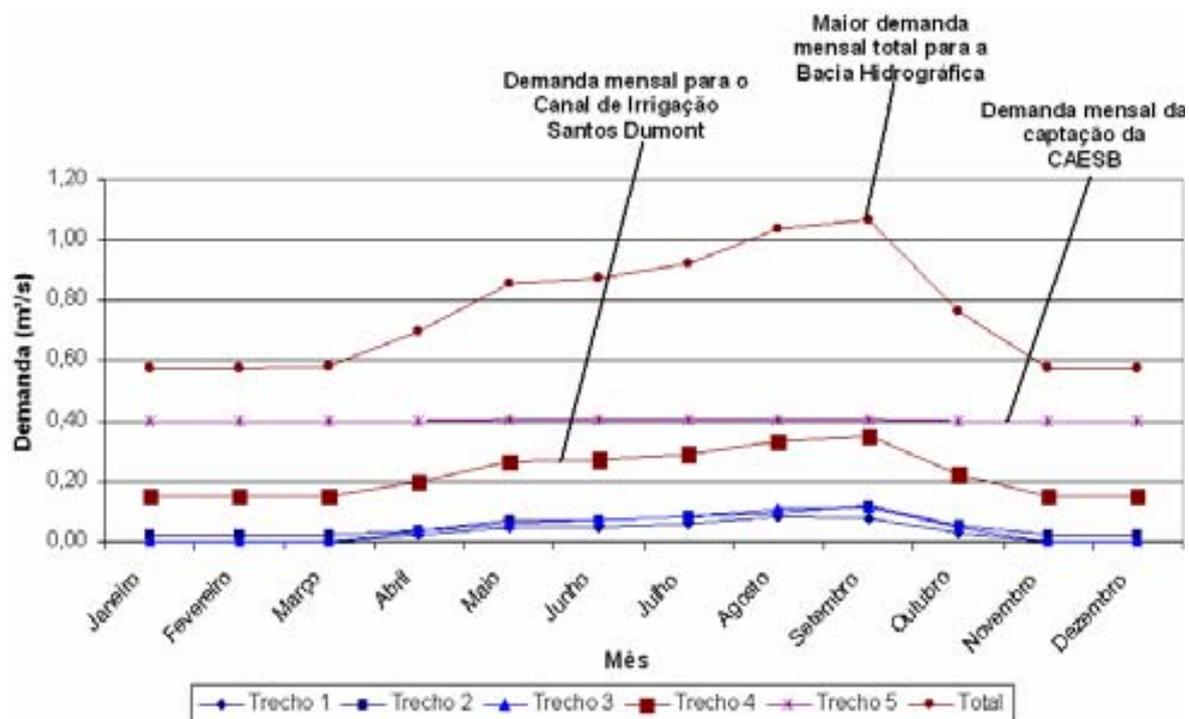


Figura 5.7 – Demandas mensais por trecho na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (modificado de ANA, 2004)

Portanto, a razão de uso calculada para a bacia é de 27,15%, obtendo-se, assim, de acordo com a Tabela 5.6, nível médio para a razão de uso dos recursos hídricos na bacia estudada.

Tabela 5.6 – Resultado (hachurado) para o parâmetro Razão de Uso dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

RAZÃO DE USO	% DE USO DE Ru
BAIXO	RU < 20%
MÉDIO	20 ≤ RU ≤ 50%
ALTO	RU > 50%

5.2.1.2 – Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas

A vulnerabilidade às mudanças climáticas, segundo parâmetro que compõe o indicador estresse hidrológico – Eh, é composto pelos subparâmetros variabilidade e não estacionariedade da série histórica de vazões.

Obteve-se uma variabilidade alta de acordo com o coeficiente de variação da série histórica de vazões, cujo valor é de CV= 34,88% (Tabela 5.4 e 5.7).

Tabela 5.7 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Variabilidade da Série Histórica de Vazões na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

VARIABILIDADE	CV
BAIXO	< 15%
MÉDIO	15% < CV < 30%
ALTO	> 30%

O grau Não-Estacionariedade foi obtido por meio do teste de Salas (1993), conforme Tabela 5.8, para a série histórica considerada (1971-1988). O nível obtido foi baixo, pois $t_c < 0,9t$ ($0,31 < 2,34$) como pode ser observado na Tabela 5.9. Até mesmo para a Qmin do período (1971-1988), a Não-Estacionariedade foi baixa, denotando que no período não houve mudanças significativas nas estatísticas da série histórica de vazões.

Tabela 5.8 – Valores de Não-Estacionariedade (Salas, 1992) para diferentes períodos da série histórica de vazões na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

Vazões (m³/s)	t_c	t (student)	0,9t	1,1t	Não-Estacionariedade
Qmed (1971-2003)	2,87	2,47	2,22	2,71	Alta
Qmin (1971-2003)	3,49	2,47	2,22	2,71	Alta
Qmed (1971-1988)	0,31	2,60	2,34	2,86	Baixa
Qmin (1971-1988)	0,49	2,60	2,34	2,86	Baixa
Qmed (1989-2003)	4,16	2,60	2,34	2,86	Alta
Qmin (1989-2003)	3,92	2,60	2,34	2,86	Alta

Tabela 5.9 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Não-Estacionariedade da Série Histórica de Vazões Q_{med} (1971-1988) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piri-pau

NÃO-ESTACIONARIEDADE	
BAIXO	$tc < 0,9 t$
MÉDIO	$0,9 t \leq tc \leq 1,1 t$
ALTO	$tc > 1,1 t$

Para o gerenciamento de recursos hídricos, a não-estacionariedade num nível baixo, indica que séries históricas selecionadas estariam apresentando pouca ou nenhuma tendência, dentro de uma variabilidade característica da região, levando-se em conta a representatividade da série históricas de vazão. Entretanto, tendências positivas (aumento de precipitação e conseqüentemente da vazão), podem compensar retiradas de água causadas pela elevada demanda hídrica.

Houve a ressalva feita pelo painel de especialistas, de que o teste de Salas (1993) deveria ser aplicado à série histórica de vazões naturais reconstituída para todo o período de dados disponível. Entretanto, no balanço hídrico realizado na bacia, ANA (2004) afirma não ser possível esta reconstituição com boa precisão devido à falta de informações acerca das vazões captadas pelo canal Santos Dumont e por outras captações ao longo do tempo. A tabela preenchida pelos especialistas, correspondente ao estresse hidrológico.

Combinando-se variabilidade e Não-Estacionariedade, obteve-se escore médio (3 – 4) para vulnerabilidade e, quando combinada à razão de uso dos recursos hídricos, descrita no item anterior, chega-se ao escore geral médio para o indicador estresse hídrico ($Eh = 2$), conforme Tabela 5.10. Os especialistas concluíram que o escore é coerente e adequado à bacia hidrográfica em estudo, uma vez que ela está submetida a um elevado grau de demanda e apresenta uma variação muito grande na oferta hídrica ao longo do ano, quando a maior demanda coincide com a época de menor oferta hídrica.

Tabela 5.10 – Resultados (hachurados) para o indicador Estresse Hidrológico – Eh na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

VULNERABILIDADE À MUDANÇAS CLIMÁTICAS		RAZÃO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS - RU																													
E S T R E S S E	<table border="1"> <tr><th colspan="2">VARIABILIDADE</th></tr> <tr><th>CV</th></tr> <tr><td>BAIXO</td><td>< 15%</td></tr> <tr><td>MÉDIO</td><td>15% < CV < 30%</td></tr> <tr><td>ALTO</td><td>> 30%</td></tr> </table>	VARIABILIDADE		CV	BAIXO	< 15%	MÉDIO	15% < CV < 30%	ALTO	> 30%	<table border="1"> <tr><th colspan="2">RAZÃO DE USO</th></tr> <tr><th>% DE USO DE QMÉD</th></tr> <tr><td>BAIXO</td><td>RU < 20%</td></tr> <tr><td>MÉDIO</td><td>20 ≤ RU ≤ 50%</td></tr> <tr><td>ALTO</td><td>RU > 50%</td></tr> </table>	RAZÃO DE USO		% DE USO DE QMÉD	BAIXO	RU < 20%	MÉDIO	20 ≤ RU ≤ 50%	ALTO	RU > 50%											
	VARIABILIDADE																														
	CV																														
	BAIXO	< 15%																													
MÉDIO	15% < CV < 30%																														
ALTO	> 30%																														
RAZÃO DE USO																															
% DE USO DE QMÉD																															
BAIXO	RU < 20%																														
MÉDIO	20 ≤ RU ≤ 50%																														
ALTO	RU > 50%																														
<table border="1"> <tr><th colspan="2">NÃO-ESTACIONARIEDADE</th></tr> <tr><td>BAIXO</td><td>tc < 0,9 t</td></tr> <tr><td>MÉDIO</td><td>0,9 t ≤ tc ≤ 1,1 t</td></tr> <tr><td>ALTO</td><td>tc > 1,1 t</td></tr> </table>	NÃO-ESTACIONARIEDADE		BAIXO	tc < 0,9 t	MÉDIO	0,9 t ≤ tc ≤ 1,1 t	ALTO	tc > 1,1 t	<table border="1"> <tr><th colspan="3">NÃO-ESTACIONARIEDADE</th></tr> <tr><th>BAIXO</th><th>MÉDIO</th><th>ALTO</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>6</td><td>9</td></tr> </table>	NÃO-ESTACIONARIEDADE			BAIXO	MÉDIO	ALTO	1	2	3	2	4	6	3	6	9							
NÃO-ESTACIONARIEDADE																															
BAIXO	tc < 0,9 t																														
MÉDIO	0,9 t ≤ tc ≤ 1,1 t																														
ALTO	tc > 1,1 t																														
NÃO-ESTACIONARIEDADE																															
BAIXO	MÉDIO	ALTO																													
1	2	3																													
2	4	6																													
3	6	9																													
<table border="1"> <tr><th colspan="2">VARIABILIDADE</th></tr> <tr><th>Valor</th></tr> <tr><td>BAIXO</td><td>1 - 2</td></tr> <tr><td>MÉDIO</td><td>3 - 4</td></tr> <tr><td>ALTO</td><td>6 - 9</td></tr> </table>	VARIABILIDADE		Valor	BAIXO	1 - 2	MÉDIO	3 - 4	ALTO	6 - 9	<table border="1"> <tr><th colspan="3">RAZÃO DE USO</th></tr> <tr><th>BAIXO</th><th>MÉDIO</th><th>ALTO</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>6</td><td>9</td></tr> </table>	RAZÃO DE USO			BAIXO	MÉDIO	ALTO	1	2	3	2	4	6	3	6	9						
VARIABILIDADE																															
Valor																															
BAIXO	1 - 2																														
MÉDIO	3 - 4																														
ALTO	6 - 9																														
RAZÃO DE USO																															
BAIXO	MÉDIO	ALTO																													
1	2	3																													
2	4	6																													
3	6	9																													
<table border="1"> <tr><th colspan="2">VULNERABILIDADE À MUDANÇAS CLIMÁTICAS</th></tr> <tr><td>BAIXO</td><td>1 - 2</td></tr> <tr><td>MÉDIO</td><td>3 - 4</td></tr> <tr><td>ALTO</td><td>6 - 9</td></tr> </table>	VULNERABILIDADE À MUDANÇAS CLIMÁTICAS		BAIXO	1 - 2	MÉDIO	3 - 4	ALTO	6 - 9	<table border="1"> <tr><th colspan="3">VULNERABILIDADE A MUDANÇAS CLIMÁTICAS</th></tr> <tr><th>BAIXO</th><th>MÉDIO</th><th>ALTO</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>6</td><td>9</td></tr> </table>	VULNERABILIDADE A MUDANÇAS CLIMÁTICAS			BAIXO	MÉDIO	ALTO	1	2	3	2	4	6	3	6	9							
VULNERABILIDADE À MUDANÇAS CLIMÁTICAS																															
BAIXO	1 - 2																														
MÉDIO	3 - 4																														
ALTO	6 - 9																														
VULNERABILIDADE A MUDANÇAS CLIMÁTICAS																															
BAIXO	MÉDIO	ALTO																													
1	2	3																													
2	4	6																													
3	6	9																													
<table border="1"> <tr><th colspan="3">ESTRESSE HIDROLÓGICO</th></tr> <tr><th>NÍVEL</th><th>SCORE</th><th>VALOR</th></tr> <tr><td>BAIXO</td><td>1 - 2</td><td>1</td></tr> <tr><td>MÉDIO</td><td>3 - 4</td><td>2</td></tr> <tr><td>ALTO</td><td>6 - 9</td><td>3</td></tr> </table>	ESTRESSE HIDROLÓGICO			NÍVEL	SCORE	VALOR	BAIXO	1 - 2	1	MÉDIO	3 - 4	2	ALTO	6 - 9	3	<table border="1"> <tr><th colspan="3">ESTRESSE HIDROLÓGICO</th></tr> <tr><th>NÍVEL</th><th>SCORE</th><th>VALOR</th></tr> <tr><td>BAIXO</td><td>1 - 2</td><td>1</td></tr> <tr><td>MÉDIO</td><td>3 - 4</td><td>2</td></tr> <tr><td>ALTO</td><td>6 - 9</td><td>3</td></tr> </table>	ESTRESSE HIDROLÓGICO			NÍVEL	SCORE	VALOR	BAIXO	1 - 2	1	MÉDIO	3 - 4	2	ALTO	6 - 9	3
ESTRESSE HIDROLÓGICO																															
NÍVEL	SCORE	VALOR																													
BAIXO	1 - 2	1																													
MÉDIO	3 - 4	2																													
ALTO	6 - 9	3																													
ESTRESSE HIDROLÓGICO																															
NÍVEL	SCORE	VALOR																													
BAIXO	1 - 2	1																													
MÉDIO	3 - 4	2																													
ALTO	6 - 9	3																													

5.2.2 – Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada

O Valor Ecológico e Cultural, segundo indicador para o cálculo do PVA, prevê uma ampla avaliação do ecossistema aquático e ripário segundo aspectos físicos, ecológicos e culturais, buscando salientar as interações que existem entre os níveis de vazão mínima e as características dos ecossistemas dependentes da disponibilidade hídrica.

Embora a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau tenha sido alvo de diversos estudos (Figura 5.8), inclusive com uma avaliação detalhada e multidisciplinar organizada pela CAESB (2001), observou-se a dificuldade na obtenção de determinados dados, principalmente os biológicos e culturais que constam deste indicador. Portanto, diante da situação de carência de dados, não somente para esta bacia, mas com o intuito de que este método possa ser replicado em outras bacias brasileiras, discutiremos duas formas de avaliação do Valor Ecológico e Cultural.

Deste modo, será apresentada aqui a verificação do valor ecológico e cultural como proposto pelo método adaptado e, no próximo item, a aplicação e o resultado para este indicador de forma mais simplificada por meio do protocolo de avaliação visual rápida baseado na observação visual do hábitat (Bjorkland *et al.*, 2001).

Os parâmetros do Vec foram avaliados segundo dados para a bacia em estudo e observando-se o princípio de Rutherford *et al.* (2000), sugere que onde houver características de alto valor ecológico, estas devem ser protegidas prioritariamente que características menos preservadas, ou seja, áreas mais próximas à condição pristina, devem ser priorizadas para conservação. Portanto, os subparâmetros que apresentaram uma condição mais próxima à pristina receberam o escore mais alto (nível – 3) resultando num valor mais alto para o Potencial de Vazão Ambiental, e, conseqüentemente, em maiores restrições para o curso d'água avaliado.

Nesta avaliação, houve a decisão por parte dos especialistas de aplicar o Vec à bacia de uma forma global, e não somente em trechos considerados críticos, pois os estudos existentes nas diversas disciplinas não foram aplicados aos mesmos pontos ao longo da bacia, não havendo condições de avaliação pontual para todos os aspectos abordados. Em seguida são apresentados os parâmetros do indicador Vec para o Ribeirão Pipiripau, e seus afluentes.

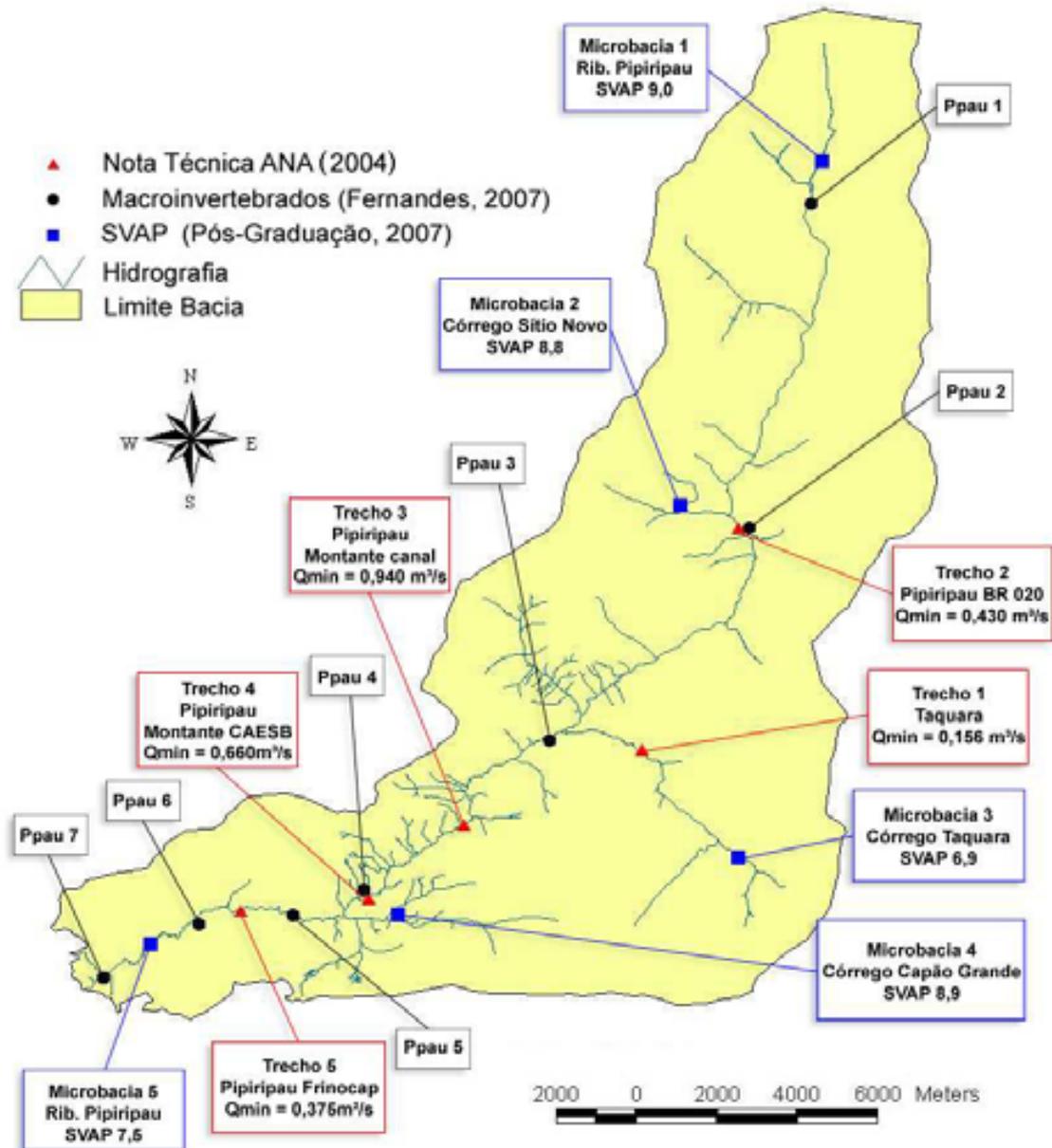


Figura 5.8 – Localização dos estudos pontuais realizados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

5.2.2.1 – Sensibilidade à Redução da Vazão

Para a avaliação do parâmetro sensibilidade à redução da vazão do Ribeirão Pipiripau serão apresentados os resultados para o gradiente no trecho do curso d'água e a razão largura/profundidade.

Gradiente no Trecho

O gradiente no trecho foi avaliado segundo dados do perfil longitudinal do Ribeirão Pipiripau (CAESB, 2001), principal curso d'água da bacia, e constam do Apêndice B.

O gradiente médio no Ribeirão Pipiripau é de 0,0052 m/m, ou seja, um decaimento de 5 m a cada 1000 m. O Ribeirão Pipiripau foi avaliado como de nível de gradiente médio pelos especialistas (Tabela 5.11).

Tabela 5.11 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Gradiente no Trecho do Ribeirão Pipiripau

GRADIENTE NO TRECHO	
BAIXO	Baixo Gradiente
MÉDIO	Médio Gradiente
ALTO	Alto Gradiente

Razão Largura/Profundidade

Para o cálculo da razão largura/profundidade, foram utilizados dados de campo de seções transversais obtidos por Fernandes (2007), na época seca. Os sete pontos amostrados ao longo do Ribeirão Pipiripau da cabeceira à foz foram avaliados segundo o protocolo de avaliação rápida de Callisto *et al.* (2002). A descrição de outros dados referentes aos pontos estudados encontram-se no Apêndice B.

Supondo-se que quanto maior a razão largura/profundidade no curso d'água maior a suscetibilidade à redução da vazão, foi feita a média dos valores nos sete

pontos ao longo da bacia, obtendo-se uma razão largura/profundidade média de 6,9, resultando num nível médio (2), de acordo com a Tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Razão Largura/Profundidade no Ribeirão Pipiripau

RAZÃO LARGURA/PROFUNDIDADE	
BAIXO	$L/P < 6$
MÉDIO	$6 \leq L/P \leq 12$
ALTO	$L/P > 12$

5.2.2.2 – Integridade do Meio Físico

Qualidade da Água

A avaliação da qualidade da água é importante no sentido de que esta pode ser afetada pela redução da vazão nos cursos d'água, aumentando assim a concentração de substâncias que comprometam os ecossistemas existentes e os usos a que se destina o corpo hídrico.

A CAESB (2001) avaliou a água na barragem de captação Pipiripau, obtendo os valores de IQA=63 (período chuvoso) e de IQA=73 (período de estiagem); embora haja um decréscimo no IQA devido ao aporte de sedimentos e nutrientes no período chuvoso, este permanece na mesma classe para este corpo d'água, ou seja, valores de IQA entre (52-79) representam água de boa qualidade, sendo recomendado o tratamento convencional antes de sua distribuição.

Fernandes (2007) também concluiu que há queda na qualidade da água no período de chuva, principalmente com atividades mais intensas de cultivo de soja, e hortifrutigranjeiros e pela proximidade de assentamentos urbanos. A CAESB (2001) destaca que em períodos chuvosos foram registrados valores para turbidez de até 157 uT, fato que inviabiliza, temporariamente, o uso do Ribeirão Pipiripau para o abastecimento público, segundo a Resolução CONAMA nº. 357/2005.

Há, também, registro de coliformes fecais acima dos valores permitidos para a classe 2 no Ribeirão Pipiripau. Teores máximos de substâncias potencialmente prejudiciais como mercúrio (0,0002 µg/l), aldrin + dieldrin (0,005 µg/l), DDT (0,002 µg/l) foram ultrapassados na época das chuvas, tendo sido encontrados valores máximos para essa classe de 0,0005 µg/l para o mercúrio, de 0,0230 µg/l para o aldrin, e de 0,009 µg/l para o DDT (CAESB, 2001).

Os resultados observados para as bactérias dos grupos coliformes enquadram este manancial na classe 3, restringindo, mas não impedindo seu uso para abastecimento; esporadicamente, a densidade de coliformes fecais ultrapassa 4000 NMP/100 ml o que inviabiliza o uso da água para fins mais nobres como o abastecimento público, uma vez que é atingida a classe 4 (CAESB, 2001). Considerando-se as categorias de uso descritas acima e os valores aferidos, conclui-se que a qualidade da água, em alguns períodos, não está atingindo os níveis aceitáveis para o atendimento dos usos múltiplos na bacia.

Segundo estudos da CAESB (2001), a partir da Resolução CONAMA nº20/1986, a maioria das amostras classifica o Ribeirão Pipiripau nas classes 2 (45,9%), 3 (39,9%) e 10,8% dos resultados classificam o Ribeirão Pipiripau na classe 4, devido principalmente à elevação de níveis de cor, turbidez e coliformes fecais. Entretanto, a Resolução CONAMA nº 357/2005 determina que as águas destinadas à proteção de comunidades aquáticas, à aquicultura, à atividade de pesca, e à irrigação de, no máximo, hortaliças e frutas que são consumidas cruas devem ser enquadradas na classe 2.

Tendo em mente que o enquadramento pode ser encarado como um objetivo a ser mantido (observando-se dados da situação atual) ou a ser atingido (desejo de se atingir determinada classe de uso) para o curso d'água em questão, avaliou-se que, segundo os usos preponderantes na bacia (abastecimento humano, irrigação de hortaliças, aquicultura e atividades aquáticas de contato primário), a maior percentagem dos dados analisados pela CAESB se encontrarem dentro dos intervalos estabelecidos para a classe 2. Portanto, a qualidade da água foi avaliada de acordo com a Tabela 5.13 como de nível médio (2).

Tabela 5.13 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Qualidade da Água segundo classes para enquadramento dos corpos d'água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

QUALIDADE DA ÁGUA	
BAIXO	Para Classes 3 e 4
MÉDIO	Para Classe 2
ALTO	Para Classe Especial e Classe 1

Presença de Barreiras Artificiais

Com relação à presença de barramentos artificiais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, os mais importantes no curso d'água principal são a barragem para captação de água da CAESB (Subsistema Pipiripau) e a barragem de nível para a captação do Canal de Irrigação Santos Dumont (Figura 5.9).

Barreiras ocorrem também nos maiores tributários, como o Córrego Taquara, afluente da margem esquerda do Ribeirão Pipiripau, no Córrego Eugênio, afluente da margem direita e, em alguns dos menores tributários, existem pontes, bueiros e pequenas barragens de reservação de água.

Portanto, a presença de barreiras artificiais resultou de acordo com a Tabela 5.14 em um escore baixo (1), devido à existência de barreiras até mesmo nos menores tributários, e, segundo o enfoque dado pelo princípio de Rutherford *et al.* (2000), priorizando-se a preservação de áreas mais pristinas.

Tabela 5.14 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Presença de Barreiras Artificiais em cursos d'água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

PRESEÇA DE BARREIRAS ARTIFICIAIS	
BAIXO	Barreiras Artificiais no Rio Principal, nos Maiores e Menores Tributários
MÉDIO	Barreiras Artificiais no Rio Principal, e nos Maiores Tributários
ALTO	Barreiras Artificiais no Rio Principal

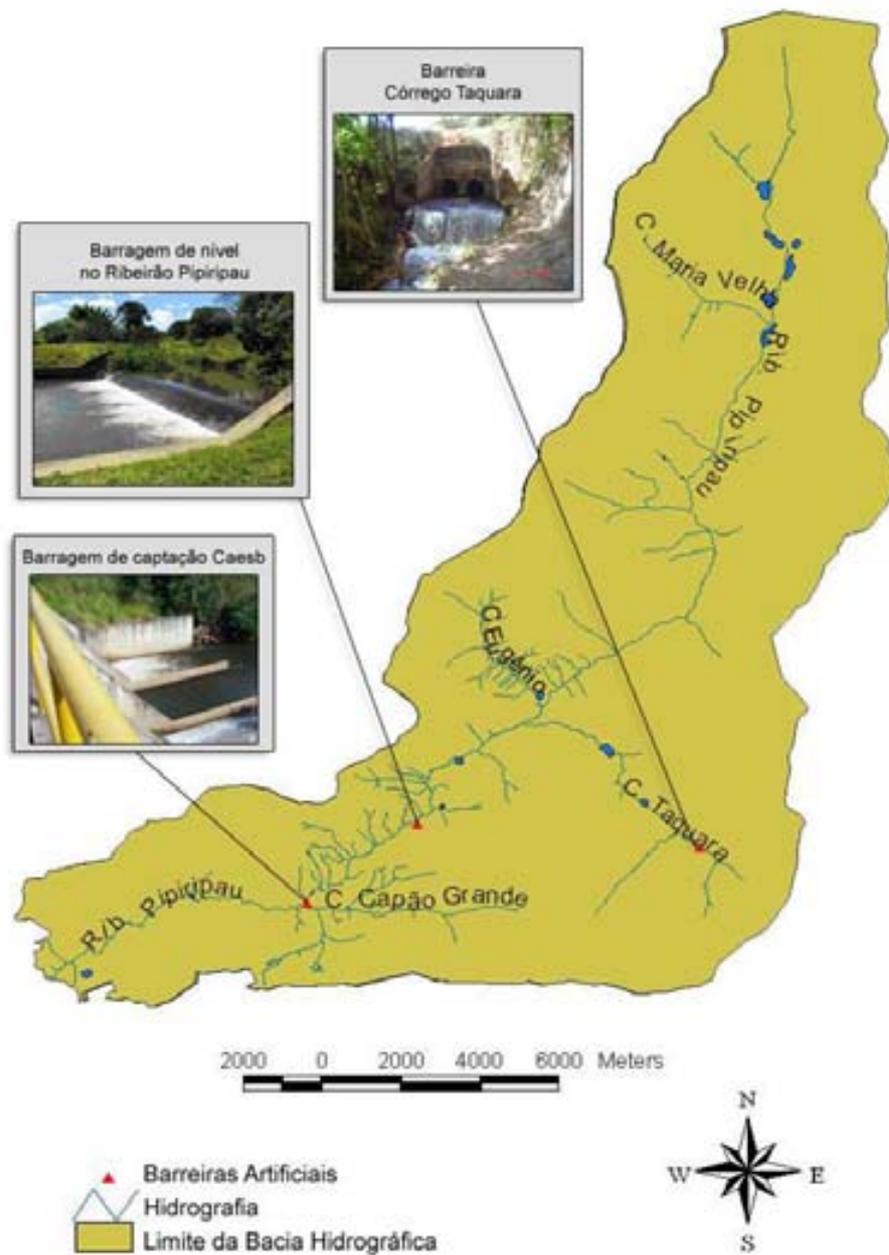


Figura 5.9 – Exemplo de Barreiras Artificiais em trechos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau.

Integridade da Vegetação Ripária

A integridade da vegetação ripária foi avaliada de acordo com a porcentagem de cobertura remanescente, importante para diferentes processos físicos e biológicos em bacias hidrográficas.

Segundo a CAESB (2001), de uma área de 7.519,51 ha de cobertura vegetal nativa na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (31,96% da área total da bacia), 1.020,67 ha constituem Mata Ciliar/Galeria (4,34% da área total da bacia) e 1.190,26 ha são Mata Ciliar/Galeria Degradada (5,06% da área total da bacia), muito embora a degradação dessa fitofisionomia seja bastante acentuada, atingindo mais de 50% da superfície que lhe corresponde.

Com relação à baixa percentagem de matas ciliares e/ou de galeria, o relatório da CAESB (2001) relaciona o fato à pequena rede de drenagem da bacia. E esta percentagem (9,4%) supera o mínimo previsto nos dispositivos legais estando estas fitofisionomias relacionadas especialmente a cursos d'água de maior vazão que ainda mantém suas respectivas matas ciliares.

Utilizando-se Sistema de Informações Geográficas – SIG, é possível verificar que embora a área ocupada na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau por estas fitofisionomias seja superior a valores exigidos por lei, ela é descontínua, e muitas vezes apresenta degradação em determinados trechos, até mesmo em nascentes, como pode ser observado na Figura 5.10. A coloração azul ao longo da linha de drenagem apresenta a área de APP de 30m que encontra-se em condições muito degradadas, não havendo uma cobertura vegetal protetiva dos ecossistemas.

Com relação à necessidade de manutenção das faixas de vegetação protetoras dos cursos d'água em área semelhante à da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, Chaves *et al.* (1997) sugere que vertentes com pastagem e agricultura necessitariam de uma faixa de mata ripária íntegra de 54 e 120 m de largura, respectivamente, para retenção de sedimentos e nutrientes na região do Cerrado. Silva Júnior (2001) por sua vez, questiona a efetividade da Lei nº 7.511, de 07 de julho de 1986¹⁶, na proteção da heterogeneidade das matas de galeria comparando três matas (Pitoco, Monjolo e Taquara) e suas comunidades na Reserva do IBGE, classificando-as em três comunidades florísticas: “seca”, “intermediária” e “úmida”; e afirmando que a comunidade úmida da mata do

¹⁶ Altera dispositivos da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que instituiu o novo Código Florestal.

Córrego Monjolo pode chegar a 80 m de distância das margens do córrego, enquanto a comunidade seca encontra-se às margens do Córrego Taquara. Ainda segundo Silva Júnior (2001), os 30 m protegidos pela Lei nº 7.511, aplicáveis no caso das matas consideradas, não é suficiente para a proteção de toda a complexidade florística e estrutural ali existente.

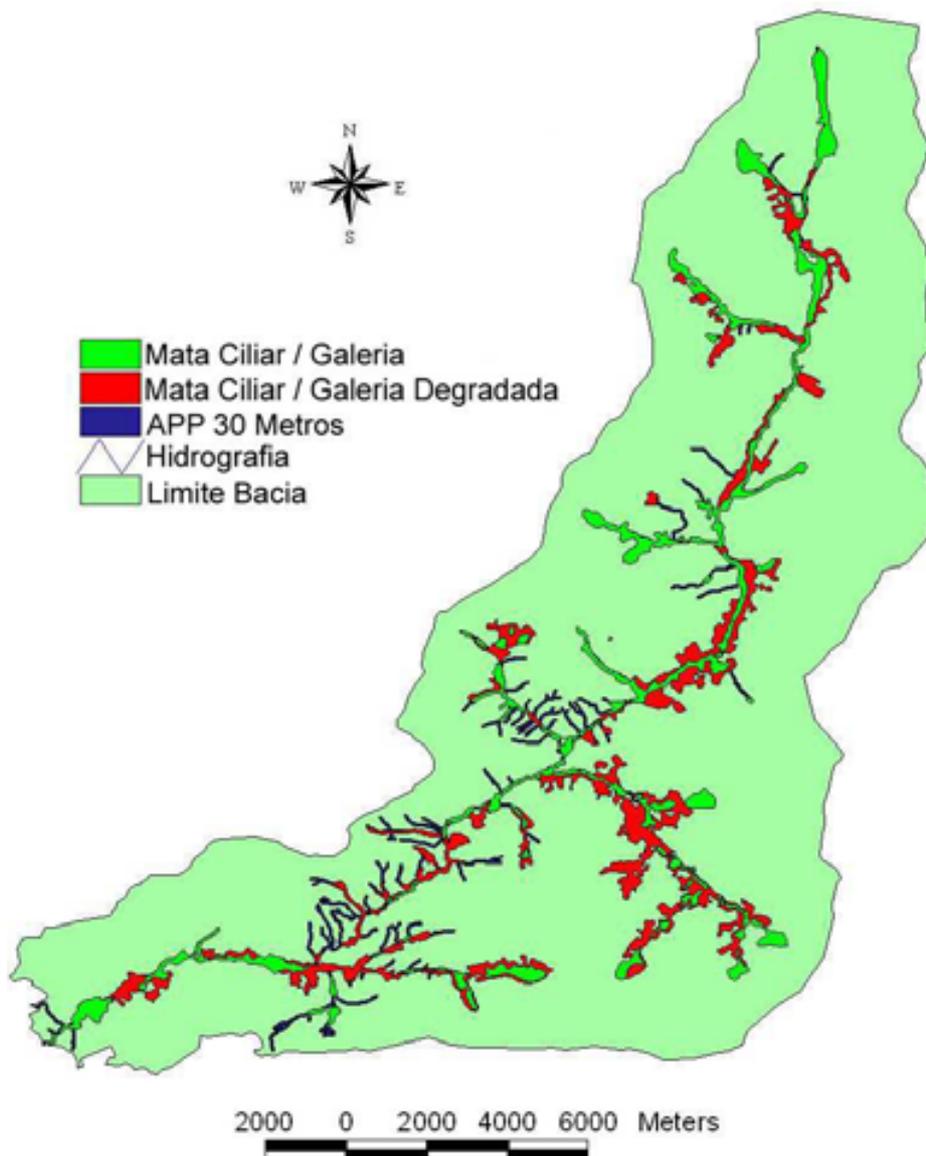


Figura 5.10 – Matas Ciliares e Matas de Galeria ao longo da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

Considerando-se apenas a percentagem de Mata de Galeria/Ciliar não degradada (4,34%) sobre o total de áreas cobertas por Matas de Galeria/Ciliar (9,4%) temos

46% desta fitofisionomia íntegra, obtendo-se assim de acordo com a Tabela 5.15, um escore médio (2) para a integridade da vegetação ripária.

Tabela 5.15 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Integridade da Vegetação Ripária na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

INTEGRIDADE DA VEGETAÇÃO RIPÁRIA	
BAIXO	Presença de 0-33% de Cobertura de Vegetação Natural íntegra
MÉDIO	Presença de 34-66% de Cobertura de Vegetação Natural íntegra
ALTO	Presença de 67-100% de Cobertura de Vegetação Natural íntegra

A preservação da vegetação natural existente juntamente com ações de incentivo à revegetação são importantes para a preservação dos recursos hídricos na bacia e em bacias hidrográficas à jusante. Servem também como corredores ecológicos entre bacias adjacentes, possibilitando o fluxo gênico entre áreas pristinas como a ESECAE (uma das áreas núcleo da Reserva da Biosfera – Fase I).

5.2.2.3 – Diversidade

Diversidade da Ictiofauna

Não foram encontrados até o momento estudos específicos publicados sobre a ictiofauna para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, que é parte integrante da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu. Embora haja ecossistemas diferentes em certos aspectos nestes dois cursos d'água como características físicas, geomorfológicas, uso do solo e da água, a expectativa é de que algumas semelhanças sejam encontradas com relação à presença de espécies de peixes mais generalistas e de menores dimensões.

Assim, foram utilizadas informações sobre o Rio São Bartolomeu e comunicações pessoais para a obtenção do escore para esse subparâmetro. Segundo estudo elaborado pela SEMA (1988), existem registros de que a fauna aquática presente no rio São Bartolomeu é principalmente representada por espécies de peixes com potencial de exploração pela pesca comercial ou desportiva, tais como: o gênero *Salminus* (dourados), *Brycon* (mantrichões), *Pimelodus* (mandis), *Leoporinus*

(piaus), Hoplias (traíras), Oligosarchus (piabinhas), Astyanax (piabas) e Curimata (saguirus). Entretanto, segundo a população ribeirinha, os peixes que ainda podem ser vistos ao longo do rio são apenas piabinhas, piabas e piaus, e mesmo assim com pouca frequência.

Embora as barreiras artificiais prejudiquem a migração de espécies na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, a diversidade pode ser considerada média, devido ao alto grau de endemismos. Portanto, a diversidade da ictiofauna para o Ribeirão Pípiripau foi avaliada como de nível médio¹⁷ obtendo o valor 2 conforme indica a Tabela 5.16.

Tabela 5.16 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Diversidade da Ictiofauna no Ribeirão Pípiripau

DIVERSIDADE DA ICTIOFAUNA	
BAIXO	Baixa diversidade
MÉDIO	Média diversidade
ALTO	Alta diversidade

Diversidade dos Macroinvertebrados

Fernandes (2007) propôs um Índice de Integridade Biológica para a Bacia Hidrográfica do São Bartolomeu, onde foram avaliadas as sub-bacias dos Ribeirões Pípiripau, Mestre-D'armas, Sobradinho, o rio São Bartolomeu e alguns tributários diretos de primeira ordem, como os córregos Quinze, do Meio, Papuda, Taboca e o rio artificial Paranoá. Este índice foi aplicado aos 7 pontos escolhidos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, onde foram analisados somente os dados coletados no período de chuva (2004) e de seca de 2005 (Figura 5.11).

O Ribeirão Pípiripau, submetido a uma forte pressão antrópica, apresentou uma baixa riqueza e uma baixa abundância da fauna de macroinvertebrados bentônicos, onde a comunidade é constituída, basicamente por espécies raras, ou

¹⁷ ¹⁷ Este subparâmetro foi avaliado segundo dados obtidos por meio de comunicação pessoal realizada com Mauro Cesar Lambert Ribeiro (Doutor, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE).

seja, táxons encontrados com baixa densidade, e compostos basicamente por quironomídeos de diversos gêneros, principalmente o *Polypedilum* (*Chironominae*).¹⁸

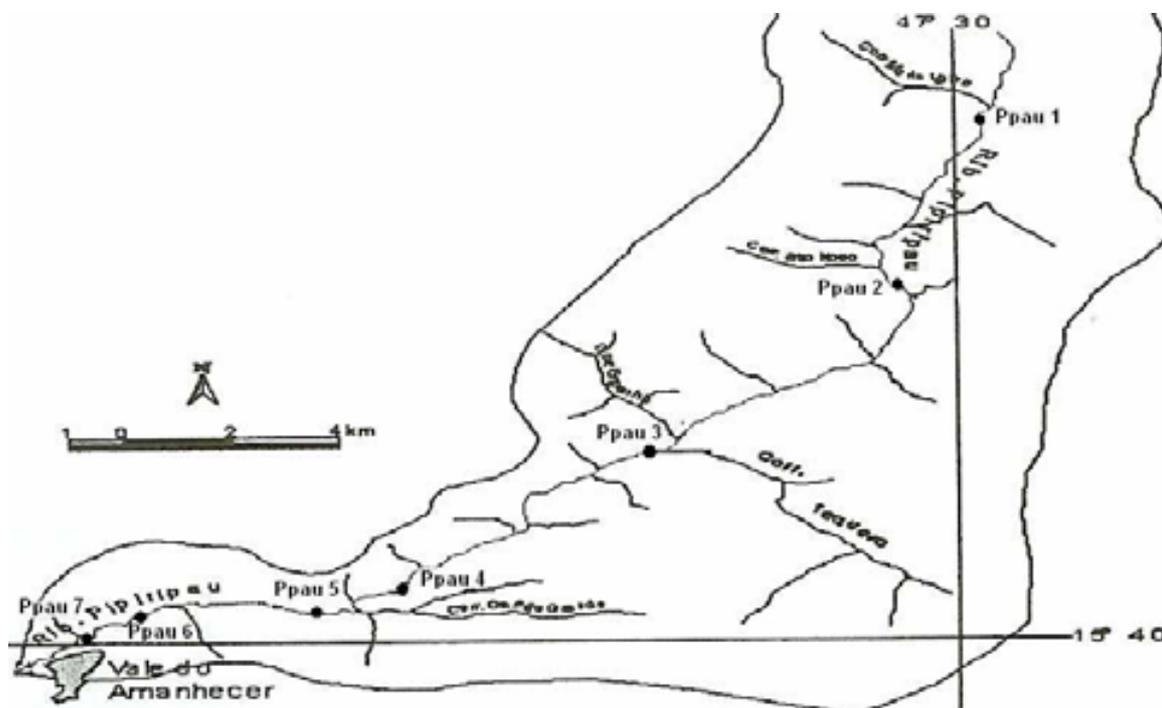


Figura 5.11 – Pontos de amostragem de macroinvertebrados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau utilizados por Fernandes (2007)

A diversidade de macroinvertebrados foi considerada baixa (1) em todos os pontos amostrados, que corresponde a uma baixa diversidade de acordo com a Tabela 5.17. A baixa diversidade ocorre principalmente devido à retirada da vegetação ripária, e a entrada no sistema aquático de substâncias lixiviadas utilizadas nas lavouras, tais como pesticidas.

Tabela 5.17 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Diversidade dos Macroinvertebrados no Ribeirão Pipiripau

DIVERSIDADE DOS MACROINVERTEBRADOS	
BAIXO	Baixa diversidade
MÉDIO	Média diversidade
ALTO	Alta diversidade

¹⁸Este subparâmetro foi avaliado segundo dados obtidos por meio de comunicação pessoal realizada com a autora.

Diversidade da Fauna Ripária

Segundo Reatto *et al.* (2001), as matas de galeria são o hábitat de maior complexidade estrutural do bioma Cerrado, abrigando a maior riqueza e diversidade de espécies da flora e da fauna. Os valores para riqueza e diversidade de espécies de mamíferos nessas matas são semelhantes ou superiores a valores encontrados em ambientes reconhecidamente ricos como a Mata Atlântica (Gastal, 1997; Marinho-Filho e Guimarães, 2001).

Estudos de diversidade necessitam de dados referentes ao número de espécies e suas abundâncias relativas em uma comunidade ou hábitat. Embora ocorra insuficiência de dados com relação à abundância, julgou-se importante a manutenção desse critério de avaliação contido na metodologia australiana.

Portanto, as avaliações envolveram a avifauna (aves), mastofauna (mamíferos) e herpetofauna (répteis, anfíbios) da bacia, segundo comparação do número de espécies entre listas de registros para o bioma Cerrado, o Distrito Federal, a área pristina próxima mais representativa (Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE), quando disponíveis, com os dados da bacia estudada (CAESB, 2001).

Mastofauna – comparando-se a lista de espécies da mastofauna para a bacia (CAESB, 2001) com a listagem de espécies de mamíferos associados a matas ribeirinhas na região do Distrito Federal (Marinho-Filho e Guimarães, 2001), das 31 espécies de mamíferos não voadores que ocorrem em matas ribeirinhas da Estação Ecológica de Águas Emendadas, 16 espécies foram registradas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau (Tabela B.4), o que representa um percentual de 51,61% das espécies. O veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*) é a espécie mais abundante para mamíferos, tendo sido registrada em todos os sítios amostrados.

A presença de mamíferos deste porte nessa bacia hidrográfica com acentuada fragmentação da paisagem se dá devido, principalmente, à migração de espécies de áreas pristinas, como a vizinha ESECAE, e a presença na bacia de alguns remanescentes bem preservados de hábitats (mata ripária, cerrado e vereda),

onde, o sítio 4 obteve maior riqueza para mastofauna (n= 10 spp.) e no sítio 6 a menor riqueza (n= 2 spp.).

Avifauna – foram registradas 118 espécies de aves na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, de um total de 451 espécies registradas no DF (Bagno e Marinho-Filho, 2001), correspondendo a 26,16% do total. Entretanto, a riqueza da avifauna foi considerada baixa para a bacia. Das 118, somente 5 espécies são exclusivas de matas de galeria como o Barranqueiro-de-Bico-Reto (*Hylocryptus rectirostris*), sendo a composição de espécies considerada similar à encontrada na ESECAE com relação à utilização do ambiente (CAESB,2001). A Tabela da avifauna encontra-se no Apêndice B.

Herpetofauna – no DF ocorrem três espécies de tartarugas nativas, todas pertencentes a família Chelidae, sendo o cágado-de-barbicha (*Phrynops geoffroanus*) o mais comum, aparecendo em quase todos os ambientes aquáticos do Distrito Federal (Brandão e Araújo, 2001). Essa espécie foi registrada na Bacia no sítio 2. Dados para herpetofauna estão disponíveis no Apêndice B.

Das duas espécies de jacaré nativas do Distrito Federal, o jacaré-coroa ou jacaré-paguá (*Paleosuchus palpebrosus*) e o jacaré-tinga (*Caiman crocodilus*) (Brandão e Araújo, 1998 *apud* Brandão e Araújo, 2001), somente a primeira foi registrada na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau no sítio 2. Ainda segundo Brandão e Araújo (2001), o jacaré-coroa ou jacaré-paguá (*Paleosuchus palpebrosus*) se utiliza da base dos buritis nas veredas (*Mauritia flexuosa*) ou das raízes de árvores nas matas alagadas (*Xylopia emarginata*) para ocultar seus ovos. Este fato evidencia a interação e interdependência entre espécies de fauna e flora nesses habitats.

Com relação ao uso de habitat por lagartos em quatro fitofisionomias do Cerrado do DF (campo, vereda, mata de galeria e cerrado sentido restrito), Brandão e Araújo (2001) listaram 25 espécies, das quais 9 (total de registros de lagartos para a bacia) foram encontradas. No Cerrado, 103 espécies de serpentes são conhecidas. Em listagem de Brandão e Araújo (2001), baseada em diversas

fontes, 42 espécies de serpentes utilizam-se de matas de galeria no Distrito Federal, destas, 7 foram encontradas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau.

Na Tabela B.5 observa-se que o sítio 5 apresentou maior riqueza para répteis (n= 16 spp.) devido à coleção particular de animais em uma chácara local, e o sítio 4 a menor riqueza (sem registro de répteis no período de estudo) constituindo um fragmento de vegetação isolado sem disponibilidade de água (CAESB, 2001). As espécies de anfíbios que foram amostradas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau segundo diferentes habitats podem ser observadas na Tabela 5.6.

Dos sete sítios amostrados (CAESB, 2001) para anfíbios, o sítio 2 obteve maior riqueza (n=17 spp.), sendo relacionada à maior diversidade de habitats disponíveis (poças temporárias, cerrado strictu sensu – com alterações antrópicas, veredas e lagoas.). A menor riqueza ocorreu no sítio 4 (n= 2 spp.) caracterizado por uma mata circundada de plantações de soja.

Os anfíbios foram escolhidos pelo painel de especialistas como indicadores da diversidade da fauna na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau por possuir uma maior dependência de habitats úmidos, sendo animais pouco móveis e sensíveis a aspectos do curso d'água como a redução da vazão, a alteração no regime de inundação e a qualidade da água.

Foram feitas, então, comparações entre as listagens dos anfíbios do Distrito Federal contidas em estudo de Brandão e Araújo (2001) e a listagem de anfíbios para a bacia. Das 48 espécies de anfíbios que ocorrem no Distrito Federal, 22 foram registradas na bacia (45,8%). De acordo com as listagens apresentadas por esses autores, dentre as 22 espécies observadas na bacia, 12 ocorrem em matas de galeria, 16 ocorrem em Veredas, e 18 ocorrem em Campo Úmido/Campo Limpo/Campo Rupestre. Dentre as espécies consideradas dependentes, ou seja, habitat-especialistas de matas de galeria (Brandão e Araújo, 2001), somente a espécie *Aplastodiscus pervirides* foi encontrada na bacia.

Após observações acerca da área que a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau ocupa (23.527,00 ha) no total da área do Distrito Federal (581.400,00 ha),

correspondendo a 4,04%, e comparando-se esses valores à percentagem de espécies registradas descrita acima, obteve-se escore alto (3) para a diversidade da fauna na bacia, segundo a Tabela 5.18.

Tabela 5.18 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Diversidade da Fauna Ripária segundo o número de espécies de anfíbios existentes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

DIVERSIDADE DA FAUNA RIPÁRIA	
BAIXO	Baixo número de espécies de anfíbios
MÉDIO	Médio número de espécies de anfíbios
ALTO	Número elevado de espécies anfíbios

5.2.2.4 – Raridade

Este parâmetro foi avaliado de acordo com a presença de espécies de fauna e flora ameaçadas de extinção e presença de espécies endêmicas para a bacia.

Presença de Espécies Ameaçadas – Fauna

Para avaliação deste subparâmetro foram comparadas listagens de fauna da Bacia Hidrográfica do Pipiripau com listagens de espécies ameaçadas do Ministério do Meio Ambiente – MMA (2003) e da *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources – IUCN (2007)*, juntamente com a opinião dos especialistas.

Como os critérios estabelecidos para o MMA (2003) foram adotados a partir daqueles descritos pela IUCN (2001), avaliamos as espécies nas duas listagens (MMA e IUCN) nas seguintes categorias: criticamente em perigo, em perigo e vulnerável. A Tabela 5.19 indica o número de espécies de fauna ameaçadas de extinção para o Distrito Federal divididas em classes taxonômicas de acordo com lista do Ministério do Meio Ambiente – MMA de 28/05/2003.

Tabela 5.19 – Número de espécies de fauna ameaçadas de extinção para o Distrito Federal por classe taxonômica (Fonte: MMA de 28/05/2003)

CLASSE	CRITICAMENTE EM PERIGO	EM PERIGO	VULNERÁVEL
ANFÍBIO	0	0	0
AVE	1 espécie	1 espécie	7 espécies
INVERTEBRADO	0	0	3 espécies
MAMÍFERO	3 espécies	0	10 espécies
RÉPTIL	0	0	0

Entretanto, a ausência de anfíbios e répteis na lista do MMA de 28/05/2003, é segundo especialistas, devido à falta de listas específicas para esses grupos taxonômicos ameaçados para o Distrito Federal, e esta é a razão pela qual as espécies em perigo não foram computadas.

Avifauna – das 118 espécies listadas para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, nenhuma foi listada como ameaçada na lista do MMA de 28/05/2003, e tampouco na lista da IUCN (2007).

Mastofauna – a espécie lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) é considerada vulnerável sendo a única espécie registrada na bacia que se encontra na lista do MMA (2003); e considerada próxima à vulnerável (IUCN, 2007).

O veado-campeiro (*Ozotocerus bezoarticus*) não consta da lista do MMA e a IUCN o categoriza como de menor preocupação – LR/lc, embora seja considerado ameaçada no DF por especialistas em fauna (Alho, 1993). Quanto ao veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*), a IUCN (2007) menciona deficiência de dados para avaliação. Essas espécies estão mais fortemente associadas aos habitats abertos do cerrado.

A Paca (*Agouti paca*), é um dos poucos animais da mastofauna fortemente associados a ambientes de matas ribeirinhas, e registros de rastros da espécie foram avistados durante a elaboração deste estudo. A paca não é considerada rara em muitos locais, mas suas populações nas Matas Ciliares do Cerrado declinaram drasticamente em virtude da pressão da caça (Alho, 1993), sendo

considerada rara por esse autor. Marinho-Filho e Guimarães (2001) confirmam registros recentes dessa espécie não publicados¹⁹ em Matas Ciliares do Parque Nacional de Brasília – PNB. Entretanto, esta espécie não faz parte da lista do MMA (2003) e é considerada pela IUCN de Baixo Risco – LR/lc.

Quanto a outras espécies restantes listadas para a bacia, não há registros na lista do MMA (2003) e para a listagem da IUCN (2007) as possibilidades são: LR/lc, DD e espécie não listada, portanto são consideradas de baixo risco de extinção ou não existem dados para avaliação.

Herpetofauna – existem espécies de anfíbios ameaçadas e vulneráveis segundo comunicações pessoais de especialistas²⁰, embora essas espécies não estejam listadas pela IUCN (2007) e MMA (2003), e não hajam listas específicas para o Distrito Federal.

Portanto, o escore para este subparâmetro foi considerado baixo (1) pelos especialistas, o que corresponde à presença de espécies vulneráveis na bacia conforme Tabela 5.20.

Tabela 5.20 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Presença de Espécies Ameaçadas de Fauna na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau.

PRESENÇA DE ESPÉCIES AMEAÇADAS - FAUNA	
BAIXO	Presença de espécies vulneráveis
MÉDIO	Presença de espécies em perigo
ALTO	Presença de espécies criticamente em perigo

¹⁹ Comunicações pessoais realizadas por J. R. Moreira (pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia), por M. A. Johnson (pós-graduação em Ecologia – UnB) e W. Tomás (pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia) em 1999 durante discussão do projeto de tese de M. A. Johnson (apud Marinho-Filho e Guimarães, 2001).

²⁰ Este subparâmetro foi avaliado segundo dados obtidos por meio de comunicação pessoal realizada com Reuber Brandão

Presença de Espécies Ameaçadas – Flora

Este subparâmetro também foi avaliado segundo comparação de listagens de flora encontradas na Bacia Hidrográfica do Pípiripau (disponível no apêndice B) e listagens de espécies ameaçadas de flora do Ministério do Meio Ambiente – MMA (2003) e da *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* – IUCN (2007).

Dentre as espécies de flora amostradas na bacia, não existe registro de espécies ameaçadas nas listas disponíveis do MMA (2003) e da IUCN (2007). Entretanto, podemos destacar a presença na bacia de habitats de Vereda como ambientes singulares bastante ameaçados, onde predominam o Buriti (*Mauritia Flexuosa*) e ciperáceas.

Adicionalmente, comparou-se as famílias encontradas nas listas de flora obtidas para a bacia (CAESB, 2001) com estudo de Silva Júnior *et al.* (2001) em 21 Matas de Galeria amostradas no Distrito Federal. Das 66 famílias amostradas por Silva Júnior *et al.* (2001), 21 foram encontradas também para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau. As 66 famílias amostradas para as 21 Matas de Galeria do DF foram agrupadas por Silva Júnior *et al.* (2001) em seis categorias: exclusivas (exclusiva de uma das localidades), raras (ocorrem entre 2 e 6 localidades), ocasionais (ocorrem entre 7 e 12 locais), freqüentes (ocorrem entre 13 e 17 áreas), comuns (ocorrem em 18 sítios ou mais) e abundantes (amostradas nas 21 localidades).

As famílias encontradas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau (CAESB, 2001) segundo a classificação de famílias dada por Silva Júnior *et al.* (2001) foram: 4 famílias (*Euphorbiaceae*, *Hippocrateaceae*, *Melastomataceae*, *Mysristicaceae*) classificadas como comuns; 2 famílias (*Annonaceae*, *Leguminosae*) consideradas abundantes; 4 famílias (*Aquifoliaceae*, *Bombacaceae*, *Rutaceae*, *Simaroubaceae*) consideradas ocasionais; 10 famílias consideradas freqüentes (*Bignoniaceae*, *Burseraceae*, *Cecropiaceae*, *Chrysobalanaceae*, *Ebenaceae*, *Guttiferae*, *Meliaceae*, *Styracaceae*,

Proteaceae, *Vochysiaceae*). As famílias das categorias exclusiva e rara não foram registradas para a bacia.

O subparâmetro foi avaliado segundo a presença nas listas de espécies ameaçadas do MMA (2003) e IUCN (2007) nas categorias criticamente em perigo, em perigo e vulnerável. Como nenhuma espécie das listas para a bacia pertence às categorias citadas acima, a presença de espécies ameaçadas de flora, segundo especialistas, obteve nível baixo e conseqüentemente escore 1, correspondendo a condição de presença de espécies vulneráveis como observado na Tabela 5.21.

Tabela 5.21 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Presença de Espécies Ameaçadas de Flora na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau

PRESENÇA DE ESPÉCIES AMEAÇADAS - FLORA	
BAIXO	Presença de espécies vulneráveis
MÉDIO	Presença de espécies em perigo
ALTO	Presença de espécies criticamente em perigo

Presença de Espécies Endêmicas

Avifauna – das 32 espécies de aves endêmicas do Cerrado (Silva, 1995b, 1997; Cavalcanti, 1999 *apud* Bagno e Marinho-Filho, 2001), 22 estão presentes no Distrito Federal (Bagno e Marinho-Filho, 2001) e dessas, 3 espécies são encontradas na bacia como a *Amazona xanthops*, o *Saltator atricollis* e o *Hylocryptus rectirostris*.

Na bacia, destaca-se a espécie endêmica *Hylocryptus rectirostris* (Batuqueiro-do-Bico-Reto). Única associada a ambiente florestal avistada na bacia, esta espécie vive em casais e reproduz-se no solo, em pequenas tocas nas Matas de Galeria.

Mastofauna – foram encontrados o veado-campeiro (*Ozotocerus bezoarticus*), e o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) como espécies de mamíferos endêmicos na bacia (CAESB, 2001). Entretanto, associados a ambientes campestres.

Herpetofauna – Foram registrados na bacia três espécies endêmicas de lagarto *Micrablepharus aticolus*, *Tropidurus oreadicus* e *Tupinambis duseinii* (CAESB,2001). Entretanto, essas utilizam-se de ambientes abertos do cerrado, não ocorrendo em matas de galeria.

O subparâmetro Presença de Espécies Endêmicas foi avaliado como de nível médio (2), o que corresponde à presença de poucas espécies endêmicas para a bacia em questão como observado na Tabela 5.22.

Tabela 5.22 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Presença de Espécies Endêmicas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau

PRESENÇA DE ESPÉCIES ENDÊMICAS	
BAIXO	Ausência de espécies endêmicas
MÉDIO	Presença de poucas espécies endêmicas
ALTO	Presença de várias espécies endêmicas

5.2.2.5 – Características Especiais

Áreas Protegidas / Tombadas

Quanto a áreas protegidas, parte da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau está inserida na poligonal da Área de Proteção Ambiental – APA do São Bartolomeu (Decreto nº 88.940, de 07 de novembro de 1983), pois é uma das sub-bacias deste manancial e parte na APA do Planalto Central (Decreto sem número de 10 de janeiro de 2002).

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau possui ainda a Área de Proteção de Mananciais – APM em torno da barragem de captação da CAESB; os Parques Ecológicos Pequizeiro, Cachoeira do Pípiripau, Vale do Amanhecer (Decreto Distrital nº 25.928 de 14 de junho de 2005), e a Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Maria Velha (Portaria IBAMA 15/99-N, de 17 de fevereiro de 1999). É adjacente à uma das Áreas Nucleares da Reserva da Biosfera, a Estação Ecológica de Águas Emendadas (Decreto Distrital nº 11.137/1988),

sendo parte da bacia classificada como zona de transição da Reserva da Biosfera.

Criado pela Lei nº. 2.279, de 07 de janeiro de 1999, o Parque do Pequizeiro localiza-se próximo ao Núcleo Rural Santos Dumont, pois foi estabelecido na área de reserva legal deste mesmo núcleo rural. O parque localiza-se entre o Córrego Quinze, o Canal de Irrigação e os lotes 22 e 23 do referido núcleo rural, sendo considerado um dos maiores parques do Distrito Federal. Sua área é de 783,16 hectares e perímetro de 14.770,00 m, entretanto, somente cerca de 50% deste encontra-se efetivamente dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau.

O Parque Vivencial Cachoeira do Pípiripau foi criado em 16 de dezembro de 1996 por meio da Lei Distrital nº 1.299, localizado às margens do ribeirão Pípiripau, nas proximidades da confluência da Rodovia DF 230 com o córrego Capão Grande, sendo a área da poligonal do parque é de 88,21 hectares e perímetro de 5.584,47 m.

Verificando-se o número de áreas protegidas na bacia que estão relacionadas a cursos d'água, o subparâmetro Áreas Protegidas/Tombadas foi avaliado pelos especialistas como de nível médio (2) para a bacia como observado na Tabela 5.23.

Tabela 5.23 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Áreas Protegidas/Tombadas vinculadas à cursos d'água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau

ÁREAS PROTEGIDAS/TOMBADAS	
BAIXO	Presença de baixo número de áreas protegidas na bacia
MÉDIO	Presença de médio número de áreas protegidas na bacia
ALTO	Presença de grande número de áreas protegidas na bacia

A Figura 5.12 mostra as áreas protegidas dentro da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, e algumas áreas adjacentes (Modificado de SEMARH/DF, 2006).

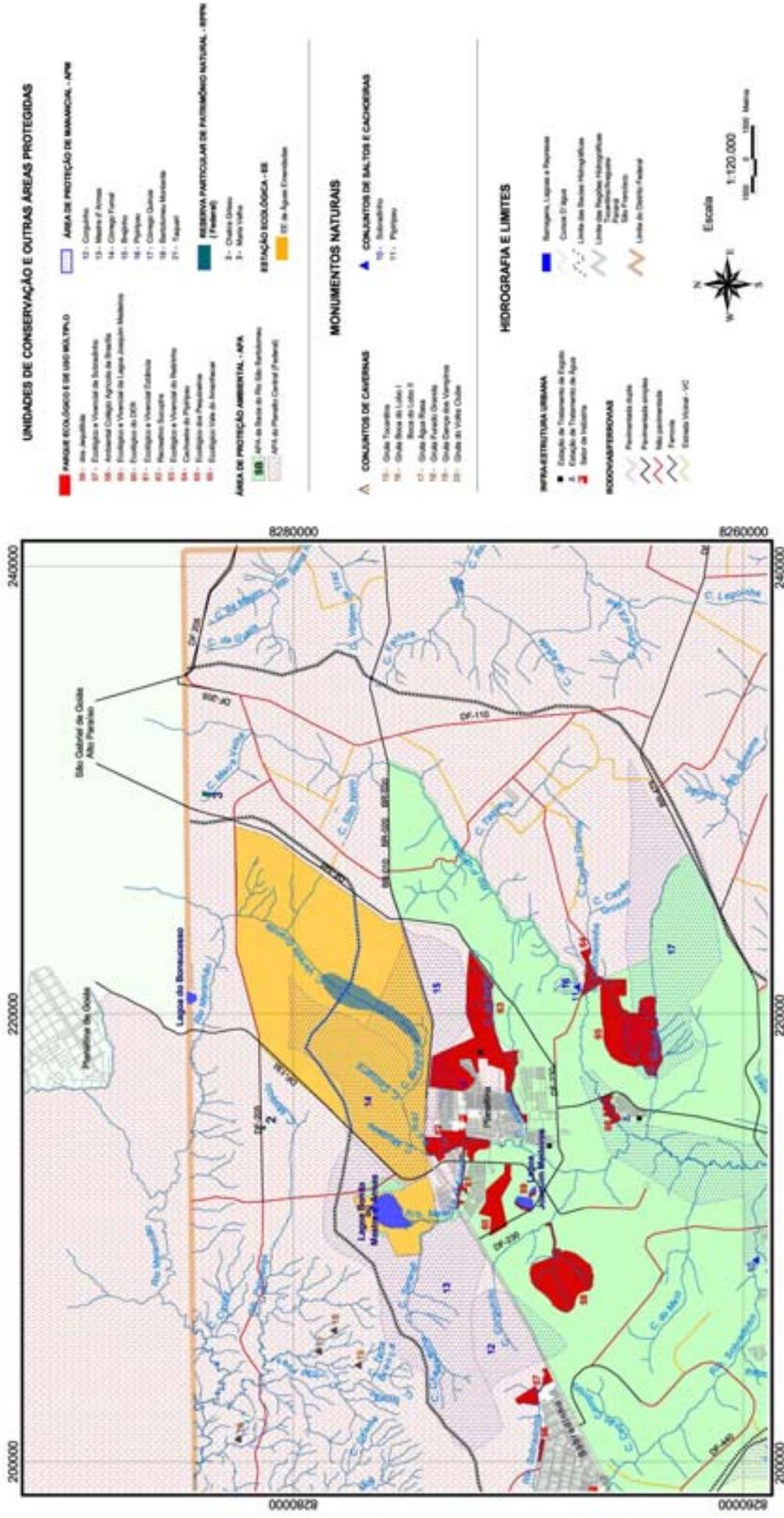


Figura 5.12 Áreas protegidas na Bacia Hidrográfica do Pipiripau (Modificado de SEMARH/DF, 2006).

5.2.2.6 – Valores Não Extraíveis

Potencial Turístico

O entorno de Brasília está sendo cada vez mais utilizado para atividades de lazer rural. Embora a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau esteja extensivamente ocupada por atividades agropecuárias, ela possui atributos potenciais para exploração do ecoturismo, seja por meio de áreas particulares como chácaras e RPPN's, ou por áreas públicas destinadas à preservação da fauna e flora e contato com a natureza como os Parques Ecológicos (Figura 5.13).

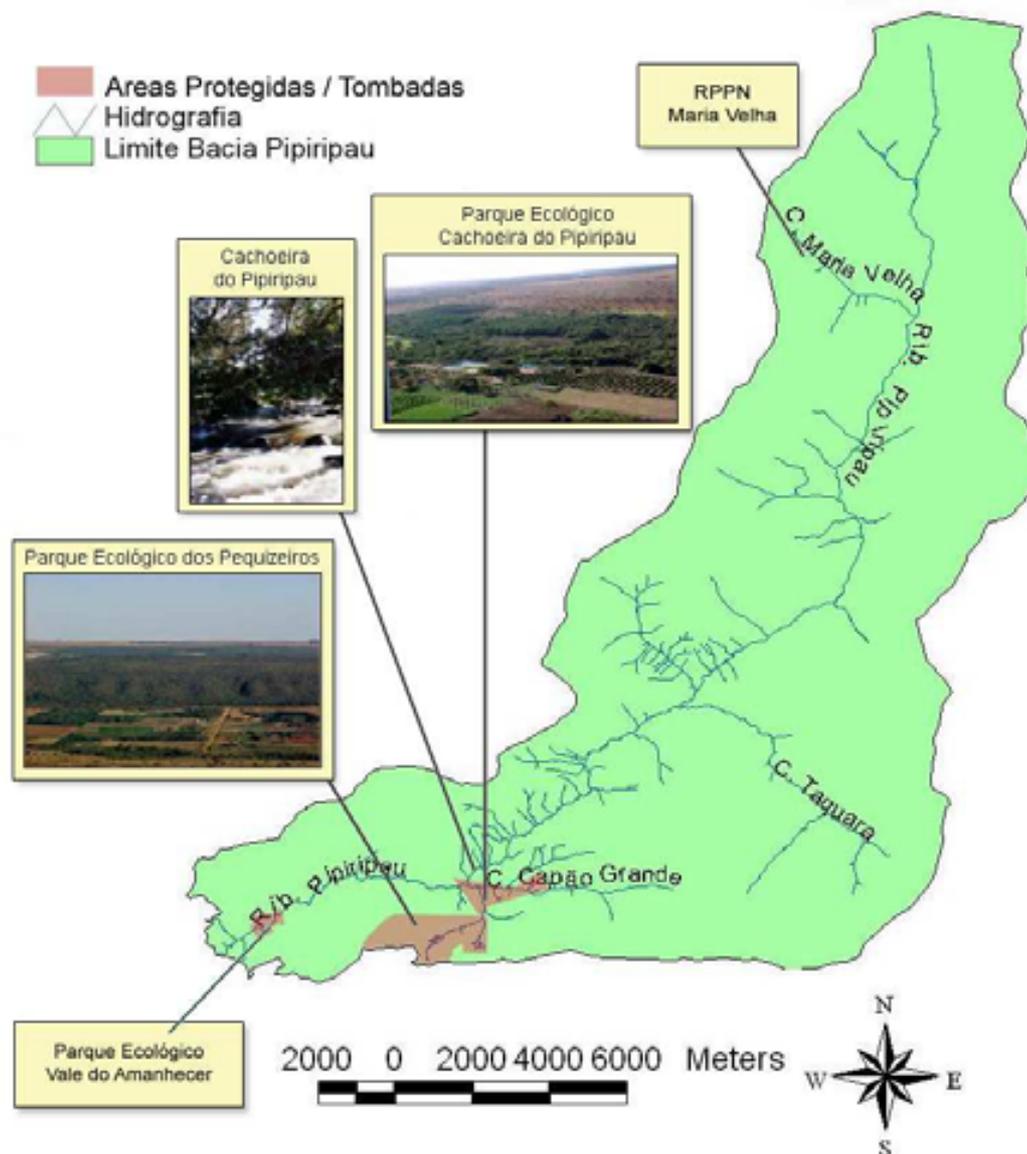


Figura 5.13 – Áreas com potencial turístico vinculadas à água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

Considerando os locais utilizados para turismo na bacia e a frequência de uso, especialistas consideraram o potencial turístico ainda incipiente para a bacia, portanto de nível baixo (1), como observado na Tabela 5.24.

Tabela 5.24 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Potencial Turístico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

POTENCIAL TURÍSTICO	
BAIXO	Baixo Potencial Turístico
MÉDIO	Médio Potencial Turístico
ALTO	Alto Potencial Turístico

Potencial para Pesca

Embora exista a prática da aquicultura na bacia, este parâmetro evidencia a pesca amadorística e comercial de espécies naturais dos cursos d'água da bacia estudada capturados em seu ambiente natural. Portanto, o potencial para a pesca foi estimado como baixo (1), segundo relatos de moradores e conhecimentos dos especialistas sobre a bacia estudada. Conforme a Tabela 5.25

Tabela 5.25 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Potencial para pesca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

POTENCIAL PARA A PESCA	
BAIXO	Baixo Potencial Turístico
MÉDIO	Médio Potencial Turístico
ALTO	Alto Potencial Turístico

Somando-se os escores parciais para os parâmetros, chegamos ao valor total para o segundo indicador do Potencial de Vazão Ambiental – PVA. A soma do Vec (Tabela 5.26) para a bacia, segundo a proposta de avaliação detalhada, é 23, que, após a conversão, resulta no valor 2, significando um valor médio do Vec para a bacia. O nível médio também para o segundo indicador foi questionado pelos especialistas, e a resposta é de que provavelmente esta seja uma bacia de condições medianas para o conjunto de dados avaliado.

Tabela 5.26 – Resultados para o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pibiripau, avaliado de forma detalhada.

PARÂMETROS/SUBPARÂMETROS		BAIXO	MÉDIO	ALTO
V A L O R E C O L Ó G I C O E C U L T U R A L	Sensibilidade à redução da vazão	1	2	3
	- Gradiente no Trecho		X	
	- Razão Largura/Profundidade		X	
	Soma:		4	
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
	Integridade do meio físico	1	2	3
	- Qualidade da Água		X	
	- Presença de Barreiras Artificiais	X		
	- Integridade da Vegetação Ripária		X	
	Soma:		5	
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
	Diversidade	1	2	3
	- Diversidade da Ictiofauna		X	
	- Diversidade dos Macroinvertebrados	X		
	- Diversidade da Fauna Ripária			X
	Soma:		6	
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
	Raridade	1	2	3
	- Presença de Espécies Ameaçadas da Fauna Ripária	X		
- Presença de Espécies Ameaçadas da Flora Ripária	X			
- Presença de Espécies Endêmicas		X		
Soma:		4		
	BAIXO	MÉDIO	ALTO	
Características Especiais	1	2	3	
- Áreas Protegidas/Tombadas		X		
Valor		2		
	BAIXO	MÉDIO	ALTO	
Valores não extraíveis	1	2	3	
- Potencial Turístico	X			
- Potencial para a Pesca	X			
Soma:		2		
Soma geral:		23		
VALOR ECOLÓGICO E CULTURAL				
NÍVEL SCORE VALOR				
BAIXO 14 - 22 1				
MÉDIO 23 - 32 2				
ALTO 33 - 42 3				

5.2.3 – Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada (SVAP e parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água)

O protocolo foi aplicado à bacia por uma equipe multidisciplinar da Pós-graduação em Ciências Florestais da UnB (2007) por meio do preenchimento de tabelas onde são acessados no máximo 15 parâmetros dos quais 10 foram avaliados e estão representados na Tabela 5.27, com os respectivos valores para os cinco pontos amostrados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau. Os 5 parâmetros restantes são avaliados somente em cursos d'água onde for possível a sua aplicação.

O escore estabelecido pelo SVAP varia de 0 a 10, sendo o escore 0 a condição de maior degradação e 10 a condição mais próxima da pristina. Por meio de tabela pode-se obter uma média geral dos parâmetros por trecho e a pontuação média categorizada em classes: i) pobre (< 6,0); ii) satisfatório ($6,1 \leq \text{SVAP} \leq 7,4$); iii) bom ($7,5 \leq \text{SVAP} \leq 8,9$); iv) excelente ($> 9,0$).

Foram acessadas as condições de dois trechos ao longo do Ribeirão Pípiripau (nascente – trecho 1, e foz – trecho 5), e outros três trechos em seus afluentes (Córrego Sítio Novo – trecho 2, Córrego Taquara – trecho 3 e Córrego Capão Grande – trecho 4).

Tabela 5.27 – Parâmetros avaliados pelo Protocolo SVAP nos cinco trechos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, seus valores e médias por trecho (Notas de aula, Manejo de Bacias Hidrográficas, Pós-graduação em Ciências Florestais, UnB (2007))

TRECHOS	PARÂMETROS AVALIADOS										
	condições do canal	alterações hidrológicas	zona ripária	estabilidade dos bancos	Aparência da água	enriquecimento de nutrientes	barreiras para movimentos de peixes	cobertura para peixes	formação de poças	habitas para invertebrados	TOTAL SVAP
1	9,0	8,7	8,3	8,7	9,0	9,3	10,0	9,0	10,0	9,0	9,0
2	8,0	7,3	9,0	8,0	9,3	9,7	8,7	9,0	9,7	9,0	8,8
3	6,3	6,3	6,3	7,7	7,3	8,3	6,0	6,3	6,7	7,3	6,9
4	9,7	8,7	8,3	9,3	9,3	9,3	8,0	8,7	8,3	9,3	8,9
5	7,5	7,8	6,0	6,5	8,2	8,7	9,0	6,7	7,5	7,0	7,5

De maneira geral, observamos que dos trechos avaliados (Figura 5.14), o trecho 3 correspondente ao Córrego Taquara obteve o menor valor, com escores inferiores a sete na maioria dos parâmetros avaliados, e menor valor no parâmetro barreira para movimento de peixes, sendo classificado como satisfatório. Os trechos 2, 4 e 5 foram classificados como de boa qualidade e o trecho 1, que corresponde à cabeceira do Ribeirão Pipiripau, foi avaliado como de excelente qualidade, de acordo com a Tabela 5.27.

Avaliando-se o SVAP segundo as categorias propostas, apenas o trecho 3 permaneceu no nível médio ($6,0 \leq \text{SVAP} \leq 7,5$), enquanto os demais trechos se encontram no nível alto ($\text{SVAP} > 7,5$). O SVAP para a bacia é de 8,22, avaliado como de nível alto (3).

Para o cálculo da Diversidade/Raridade/Valor Cultural temos o valor total 12, já calculado no item anterior, que corresponde a um nível baixo (8-12) e quando convertido, corresponde ao valor 1 para estes subparâmetros.

O resultado para o Valor Ecológico e Cultural – Vec, calculado por meio da junção entre o protocolo SVAP e Diversidade/Raridade/Valores Não Extraíveis é de nível médio (2) para a bacia (Tabela 5.28), semelhante ao valor obtido para o Vec avaliado de forma detalhada.



Figura 5.14 – Trechos selecionados na Bacia para a aplicação do SVAP. (Fonte: Notas de aula, Manejo de Bacias Hidrográficas, Pós-graduação em Ciências Florestais, UnB, 2007)

Tabela 5.28 – Resultados para o indicador Valor Ecológico e Cultural – Vec na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau avaliado de forma simplificada (SVAP e os parâmetros Diversidade, Raridade, e Valores Não-Extraíveis dos cursos d’água).

DIVERSIDADE/RARIDADE e VALORES NÃO EXTRAÍVEIS			
PARÂMETROS/SUBPARÂMETROS	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Diversidade	1	2	3
- Diversidade da Ictiofauna		X	
- Diversidade dos Macroinvertebrados	X		
- Diversidade da Fauna Ripária			X
Soma Parcial:		6	
	BAIXO	MÉDIO	ALTO
	1	2	3
Raridade			
- Presença de Espécies Ameaçadas da Fauna Ripária	X		
- Presença de Espécies Ameaçadas da Flora Ripária	X		
- Presença de Espécies Endêmicas		X	
Soma Parcial:		4	
	BAIXO	MÉDIO	ALTO
	1	2	3
Valores não extraíveis			
- Potencial Turístico	X		
- Potencial para a Pesca	X		
Soma Parcial:		2	
Soma geral:		12	

DIVERSIDADE/RARIDADE E VALOR CULTURAL		
NÍVEL	ESCORE	VALOR
BAIXO	8 - 12	1
MÉDIO	13 - 17	2
ALTO	18 - 24	3

SVAP PARA A UNIDADE DE MANEJO	
BAIXO	SVAP < 6,0
MÉDIO	6,0 ≤ SVAP ≤ 7,5
ALTO	SVAP > 7,5

DIVERSIDADE/RARIDADE E VALOR CULTURAL			
	BAIXO	MÉDIO	ALTO
BAIXO	1	2	3
MÉDIO	2	4	6
ALTO	3	6	9

VALOR ECOLÓGICO E CULTURAL		
NÍVEL	ESCORE	VALOR
BAIXO	1 - 2	1
MÉDIO	3 - 4	2
ALTO	6 - 9	3

SVAP PARA A BACIA HIDROGRÁFICA			
	BAIXO	MÉDIO	ALTO
BAIXO	1	2	3
MÉDIO	2	4	6
ALTO	3	6	9

5.2.4 – Dependência Econômica – De

Este indicador visa determinar qual a dependência econômica da comunidade com relação ao recurso hídrico e diagnosticar se a gestão de água na bacia está sendo satisfatória com relação à demanda e à oferta de água.

5.2.4.1 – Valor Econômico da Extração dos Recursos Hídricos

O valor econômico da extração permite estimar o quanto o recurso hídrico é imprescindível nas atividades econômicas da bacia, ou seja, é parte integrante da avaliação da dependência econômica desta comunidade frente a este recurso.

Valor do Uso da Água para Irrigação

Com produção bastante significativa no abastecimento do Distrito Federal, podemos observar pequenas propriedades com produção de hortifrutigranjeiros (principalmente tomate e pimentão), propriedades maiores, onde é feito o cultivo de forma extensiva, dentre eles milho e soja, muitas vezes com técnicas modernas como plantio direto. Neste cenário existem também pastagens para gado leiteiro, granjas e criação de suínos. A Tabela 5.29 evidencia a produção agrícola na bacia e a área que cada classe ocupa.

Tabela 5.29 – Áreas ocupadas com agricultura sob a assistência da EMATER/DF, (2000) *apud* CAESB (2001)

TIPOS DE USO	ÁREA DE OCUPAÇÃO (ha)	PERCENTUAIS RELATIVOS ÁREA TOTAL (%)
Hortaliças	280,60	1,19
Fruticultura	140,00	0,60
Grãos	5.424,00	23,05
Pastagens	4.076,00	17,33
Piscicultura	4,70	0,02
Áreas irrigadas com outros cultivos	117,40	0,50
TOTAL	10.042,70	42,69

Dentre as culturas existentes na bacia, as hortaliças são as mais dependentes do suprimento ininterrupto de água, portanto mais suscetíveis a interrupções no fluxo de água para os processos de irrigação.

Segundo a proposta de Kelman e Ramos (2004), foram escolhidas para avaliação do valor de uso da água para a irrigação (V_u), as culturas de pimentão e tomate. Essas culturas, em grande parte, são produzidas em estufas, onde a irrigação é imprescindível para a condução dos plantios.

O valor de uso da água para a agricultura foi calculado para diversos plantios de pimentão e tomate segundo Equação 4.4. Foram utilizados dados de produtividade em ton/ha e consumo de água para irrigação com aspersão convencional ($40 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{dia}$) e irrigação em sulcos ($80 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{dia}$).

Os preços em R\$/ton foram calculados a partir de valores médios para a caixa vendida pelo CEASA/DF em novembro de 2007 e a produtividade do plantio. O custo de produção foi obtido por meio do custo de produção médio da caixa para novembro de 2007 no Distrito Federal.

A partir disso, foram derivados os valores de receita bruta (R\$/ha/ano), custo de produção (R\$/ha/ano), a receita líquida (R\$/ha/ano), e finalmente o valor de uso da água (R\$/ m^3) para cada área de plantio com sua respectiva produtividade e consumo de água (Tabela 5.31).

A média dos valores de uso da água para a irrigação, obtidos a partir dos dados disponíveis, gerou um valor médio para a bacia de R\$ $0,54/\text{m}^3$ que corresponde a um valor médio para este parâmetro (Tabela 5.30).

Tabela 5.30 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Valor do Uso da Água Bruta para Irrigação em R\$/ m^3 na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

VALOR DO USO DA ÁGUA PARA A IRRIGAÇÃO	
BAIXO	$V_u < 0,4$
MÉDIO	$0,4 \leq V_u \leq 1,2$
ALTO	$V_u > 1,2$

Tabela 5.31 – Cálculo do subparâmetro Valor do Uso da Água para Irrigação em R\$/m³, dependendo do tipo de irrigação utilizada

Culturas	Produtividade		Preço R\$/Ton	Consumo		Receita		Custo de		Receita		Valor da água	
	Ton/ha			de Água m³/ha/ano		Bruta R\$/ha/ano	Produção R\$/ha/ano	Líquida R\$/ha/ano	R\$/m³ (Aspersão)	R\$/m³(em Sulcos)			
Tomate (28ha)	65 Pipiripau		591,00	14600	29200	38.415,00	34071,15	4.343,85	0,29	14.600m³/ha/ano	29.200m³/ha/ano	0,14	
Tomate (20ha)	70 Taquara		591,00	14600	29200	41.370,00	36600,00	4.682,00	0,32			0,16	
Pimentão Estufa(11ha)	25 Pipiripau		800,00	14600	29200	20.000,00	14775,00	5.225,00	0,35			1,17	
Pimentão Estufa(10,7ha)	170 Taquara		800,00	14600	29200	136.000,00	100470,00	35.530,00	2,43			1,21	
Pimentão campo(10,7ha)	40 Taquara		700,00	14600	29200	28.000,00	23640,00	4.360,00	0,29			0,14	
Média										0,73	0,36		
Média Geral										0,54			

$$VU (R\$/m^3) = \frac{\text{Renda Líquida Irrigação} - \text{Renda Líquida Sequeiro} (R\$/unidade)}{\text{Volume de água captado} (m^3/unidade)}$$

(Fonte: Kelman e Ramos, 2004)

Valor do Uso da Água Tratada para Abastecimento Urbano

A tarifação da água tratada ofertada pela CAESB aos moradores do DF e entorno obedece a um escalonamento de preços de acordo com o consumo. Desta forma, quanto menor o consumo, menor o valor da alíquota cobrada por m³ de água, e vice-versa, existindo ainda, tarifação popular, mais baixa.

Por meio da avaliação dos especialistas, valor do uso da água tratada para o abastecimento urbano gerado pela Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau foi de R\$ 2,5/m³ atingindo o nível alto (3) para este subparâmetro conforme Tabela 5.32.

Tabela 5.32 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Valor de Uso da Água para Abastecimento Urbano em R\$/m³ na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

VALOR DO USO DA ÁGUA TRATADA PARA O ABASTECIMENTO URBANO	
BAIXO	Tarifa < 0,4
MÉDIO	0,4 ≤ Tarifa ≤ 1,2
ALTO	Tarifa > 1,2

Portanto, o parâmetro valor econômico da extração é função do valor do uso da água na agricultura (nível médio – 2) e do uso da água tratada para o abastecimento urbano (nível alto – 3), chegando-se a um nível alto (3) para o valor econômico da extração como pode ser observado na Tabela 5.33.

Tabela 5.33 – Resultado (hachurado) para o parâmetro Valor Econômico da Extração de Água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

VALOR ECONÔMICO DA EXTRAÇÃO DE ÁGUA	SCORE
BAIXO	1 – 2
MÉDIO	3 – 4
ALTO	6 – 9

5.2.4.2 – Potencial de Gestão da Demanda dos Recursos Hídricos

O potencial de gestão da demanda de água na bacia hidrográfica será avaliado de acordo com parâmetros para o uso rural e o uso urbano ao qual a bacia está submetida.

Potencial de Adoção de Novas Técnicas de Manejo da Irrigação

Na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, de características eminentemente rurais, e reconhecida como um pólo de produção de hortifrutigranjeiros do DF, verifica-se que cerca de 44% da área encontra-se sob cultivo, agrupando a agricultura extensiva, o cultivo de hortifrutigranjeiros, cultura temporária irrigada e galpões tipo estufa. Parte da área restante pode estar sendo utilizada como pastagens, além de cerca de 3% da área cujo mapeamento indicou outros usos, inclusive ocupação urbana (CAESB, 2001).

A maior demanda hídrica para irrigação de culturas acontece na estação seca, justamente quando a oferta de água diminui. Isto se verifica para esta região do Cerrado entre os meses de maio a setembro. No caso do Ribeirão Pípiripau, a situação mais crítica ocorre no mês de setembro.

A Tabela 5.34 ilustra as demandas hídricas para cultivos irrigados na bacia, categorizados por diferentes técnicas de irrigação, onde podemos verificar a predominância de antigas técnicas e o gasto excessivo de água. As maiores áreas são irrigadas com aspersão convencional (40 m³/ha/dia) e em sulcos (80m³/ha/dia) com o gasto de água sendo respectivamente duas e quatro vezes maior que o gotejamento (20m³/ha/dia).

Tabela 5.34 – Quantidade de água necessária ao suprimento de cultivos irrigados existentes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau e cadastrados pela EMATER/DF (modificado de CAESB, 2001)

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	ÁREA (ha)	ÁREA IRRIGADA %	DEMANDA HÍDRICA	
			(m ³ /dia)	(m ³ /ano)
Aspersão convencional	161	40,45	6.440	1.200.000 ⁽¹⁾
Gotejamento	78	19,60	1.560	300.000 ⁽²⁾
Pivô central	51	12,81	2.040	370.000 ⁽¹⁾
Microaspersão	6	1,51	180	33.000 ⁽³⁾
Sulcos	102	25,63	8.160	1.500.000 ⁽⁴⁾
TOTAL	398	100	18.380	3.403.000,00

(1) Estimativa da demanda hídrica média, baseada no consumo de 40 m³/ha/dia ao longo de 180 dias por ano.

(2) Base: 20 m³/ha/dia

(3) Base: 30 m³/ha/dia

(4) Base: 80 m³/ha/dia

Segundo a Taveira *et al.* (2007), o método que apresenta a menor eficiência no uso da água é a irrigação por sulcos, pelo qual de cada 100 litros captados aproximadamente de 30 a 40 são aproveitados. Este método de irrigação corresponde à aproximadamente 25% da área irrigada na bacia.

Das demandas existentes, o Canal Santos Dumont capta aproximadamente 400 l/s durante todo o ano, quando as necessidades declaradas no cadastramento estão em torno de 200 l/s nos meses de agosto e setembro, ocorrendo desperdício da água captada, principalmente por infiltração no canal, evaporação nos reservatórios e equipamentos de irrigação danificados ou obsoletos.

CAESB (2001) e Oliveira & Wehrmann (2005), mencionam que ao longo do canal a distribuição de água não se dá de forma igualitária, uma vez que os usuários de lotes mais distantes recebem menos água, sendo bastante reduzida a quantidade de água que chega a esses lotes no período da estiagem.

A Tabela 5.35 relaciona a vazão captada no Canal Santos Dumont com a vazão necessária aos usos cadastrados para irrigação e respectivas perdas segundo balanço hídrico realizado pela ANA (ANA, 2004). Essas perdas podem ocorrer nas diversas etapas do processo de irrigação: adução, condução, reservação ou

na irrigação propriamente dita, superando, em alguns casos, o dobro da vazão necessária para a irrigação das culturas no Canal Santos Dumont.

Tabela 5.35 – Vazões de captação do Canal de Irrigação Santos Dumont e vazões necessárias para os usos cadastrados no Núcleo Rural Santos Dumont (ANA, 2004)

MÊS	VAZÃO NA CAPTAÇÃO DO CANAL (m ³ /s)	VAZÃO NECESSÁRIA (m ³ /s)	PERDAS (m ³ /s)
Maio	0,415	0,116	0,299
Junho	0,420	0,120	0,301
Julho	0,423	0,142	0,282
Agosto	0,401	0,185	0,216
Setembro	0,394	0,200	0,194
Outubro	0,386	0,074	0,312
MÉDIA	0,406	0,139	0,267

Entretanto, começam a surgir na bacia iniciativas para redução na captação de água dos mananciais para uso na irrigação, como sistemas de coleta e armazenagem da água das chuvas. Na região do Distrito Federal, podem ser coletados 1.500 litros de água por metro quadrado de área coberta. Especialmente quando se trabalha com estufas que possibilitam a cobertura de uma área do solo, esta fonte pode ser bastante expressiva (Taveira *et al*, 2007).

Ocorreram, também, iniciativas por parte dos produtores de modernizar técnicas de irrigação em suas propriedades. Entretanto, recursos não foram suficientes²¹.

O resultado da discussão entre grupos de usuários da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau e os representantes da CAESB, EMATER/DF e SEMARH, como propósito de integração entre atores na gestão integrada dos recursos hídricos na bacia, encontra-se no Apêndice C. Os problemas e propostas sugeridas nessas reuniões evidenciam que naquele momento, anterior ao conflito de 2002, já existiam preocupações com a gestão de água na bacia.

O potencial de adoção de novas técnicas de manejo da irrigação foi avaliado conforme Tabela 5.36 como médio (2), pois há o interesse por parte dos irrigantes na melhoria das técnicas de manejo existentes, demonstrado pela utilização de

²¹ Informação Pessoal de Lúcio Taveira Valadão Engenheiro Agrônomo EMATER/DF.

recursos próprios na modernização da aparelhagem dentro das propriedades rurais. Entretanto, esses projetos não foram finalizados em sua plenitude por falta de recursos.

Tabela 5.36 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Potencial de Adoção de Novas Técnicas de Irrigação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau

POTENCIAL DE ADOÇÃO DE NOVAS TÉCNICAS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO	
BAIXO	Não há interesse, e não há recursos
MÉDIO	Há interesse, e não há recursos
ALTO	Há interesse, e há recursos

Potencial em Reduzir Perdas nos Sistemas de Distribuição Urbana

Os sistemas de distribuição de água de Sobradinho e Planaltina apresentam perdas significativas, que podem ser minimizadas com maiores investimentos no setor. Somado a isto, a educação ambiental dos usuários de água dessas cidades deve ser estabelecida para que haja um comprometimento com a bacia hidrográfica geradora desses recursos hídricos e para que o sistema produtor de água do Pípiripau não fique sobrecarregado.

Segundo o Siágua (2004), as perdas na cidade de Sobradinho são da ordem de 25,10%, com atendimento de 94,76% da população, e, em Planaltina da ordem de 35,80%. com atendimento de 98,48% da população. Na Europa, o índice de perdas varia consideravelmente com percentuais de 6 a 9%, na Alemanha e Holanda de 10 a 25%, no Reino Unido, Suécia e Espanha, em alguns casos, têm-se de 30 a 40% como médias nacionais (Gonçalves, 1998).

O potencial em reduzir perdas nos sistemas de distribuição urbana foi avaliado pelos especialistas como médio (2), pois existem recursos e vontade, entretanto, não há prioridade por parte da empresa concessionária de água e esgotos – CAESB. Na opinião de Gonçalves (1998), a CAESB tem desenvolvido muitas atividades para o controle de perdas, adquirindo tecnologia para pesquisa de vazamentos e ligações clandestinas, dentre outros, percebeu-se que após a realização do teste da metodologia proposta pelo autor, boa parte das atividades

desenvolvidas pela CAESB não produziu efeito esperado uma vez que a implantação dessas atividades foi feita sem uma sistematização adequada.

Tabela 5.37 – Resultado (hachurado) para o subparâmetro Potencial em Reduzir Perdas nos Sistemas de Distribuição Urbana na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

POTENCIAL EM REDUZIR PERDAS NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO URBANA	
BAIXO	Não há interesse, e não há recursos
MÉDIO	Há interesse, e não há recursos
ALTO	Há interesse, e há recursos

Combinando-se valor econômico da extração obtido anteriormente, com o Potencial de Gestão da Demanda médio (2), o indicador de Dependência Econômica resultou em um nível alto, cujo valor é (1), de acordo com a Tabela 5.38. O cálculo da Dependência Econômica está descrito na Tabela 5.39.

Tabela 5.38 – Resultado Final (hachurado) para o indicador Dependência Econômica – De na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau

NÍVEL De	ESCORE	VALOR
BAIXO	1 – 2	3
MÉDIO	3 – 4	2
ALTO	6 – 9	1

O nível alto para a Dependência Econômica resultou no valor (1). Esse valor para o nível alto da dependência econômica reflete a necessidade de equilíbrio dos diversos usos estabelecidos na bacia hidrográfica. Em bacias onde a demanda econômica por água é alta, o indicador puxa o valor do PVA para baixo, denotando a necessidade de uma gestão integrada para que possa ser ofertada também, água para outros usos inclusive para os ecossistemas.

5.2.5 – Valor Final para o Potencial de Vazão Ambiental – PVA

O valor final para o PVA será apresentado nos itens seguintes sob duas diferentes formas de cálculo. O PVA cujo Vec foi avaliado de forma detalhada e o PVA cujo Vec foi calculado de forma simplificada (*Stream Visual Assessment Protocol – SVAP* e parâmetros de Diversidade, Raridade e Valores Não Extraíveis dos cursos d'água).

5.2.5.1 – Valor Final para o PVA segundo o Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada

O valor final para o Potencial de Vazão Ambiental – PVA utilizando-se o Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma detalhada consistiu na avaliação individual de cada um dos três indicadores (Eh, Vec, e De) e a multiplicação dos valores obtidos nessas avaliações (Tabela 5.41).

O estresse hidrológico foi avaliado como de nível médio (2), o valor ecológico e cultural obtido foi médio (2) e a Dependência Econômica na bacia foi de nível alto (1). Portanto, temos um valor final 4 para o produto dos indicadores do PVA, sendo considerado de nível médio (4 – 12).

Apesar do fato de que as vazões ambientais sugeridas não implicarem automaticamente na sua aplicação, os órgãos gestores responsáveis poderão adotá-las, pois como estabelecem os dispositivos legais sobre o assunto, pode-se outorgar até certo limite (80% a 90% para o DF), não necessariamente atingindo-o. Para bacias hidrográficas avaliadas como de médio potencial de vazão ambiental (4-12), as medidas mitigadoras sugeridas são descritas a seguir.

O aumento de 25% na vazão de restrição conforme sugerido pelas medidas mitigadoras do PVA de nível médio, reflete maiores volumes de água disponível para os ecossistemas aquático e ripário. A Tabela 5.40 mostra as vazões de entrega ao longo do Ribeirão Pipiripau, acrescidas dos percentuais sugeridos (25%).

Tabela 5.40 – Aumento de 25% nas vazões dos pontos de controle ao longo do Ribeirão Pípiripau sugeridas pelo nível médio do PVA

TRECHOS DO RIBEIRÃO PÍPIRIPAU	VAZÕES NOS PONTOS DE CONTROLE	AUMENTO DE 25% NAS VAZÕES DE RESTRIÇÃO
Trecho 1	0,156 m ³ /s	0,195 m ³ /s
Trecho 2	0,430 m ³ /s	0,537 m ³ /s
Trecho 3	0,940 m ³ /s	1,175 m ³ /s
Trecho 4	0,600 m ³ /s	0,750 m ³ /s
Trecho 5	0,375 m ³ /s	0,468 m ³ /s

Além disso, sugere-se outras medidas, tais como: i) incentivo a revegetação da mata ripária com espécies nativas uma vez que esta participa de processos de manutenção dos recursos hídricos, retenção de sedimentos, é fonte de alimento para fauna ripária e aquática e promove sombreamento dos cursos d'água; ii) incentivo à racionalização do uso da água como forma de gestão da demanda uma vez que não se pode ser perdulário com recurso tão necessário a funções vitais para o ser humano e ecossistemas; iii) incentivo à educação ambiental na bacia, pois precisa haver compreensão dos processos que envolvem os recursos hídricos; iv) incentivo à redução das perdas nos sistemas de distribuição de água, pois as perdas na bacia não são só de origem rural, mesmo que a água seja exportada da bacia para uso urbano, essas perdas devem ser contabilizadas e minimizadas; v) incentivo à cobrança pelo uso da água superficial, um instrumento de gestão econômica da demanda por água que pode vir a ser útil, se não se tornar economicamente desvantajosa para os pequenos produtores e vi) o monitoramento de águas superficiais na bacia é importante pois as águas superficiais e subterrâneas possuem interface entre si.

Tabela 5.41 – Síntese dos resultados da aplicação do método Potencial de Vazão Ambiental – PVA avaliado de forma detalhada: Estresse Hidrológico – Eh, Vec (avaliado de forma detalhada) e Dependência Econômica – De.

PVA (1 - 27)									
ESTRESSE HIDROLÓGICO			VALOR ECOLÓGICO E CULTURAL			DEPENDÊNCIA ECONÔMICA			
NÍVEL	ESCORE	VALOR	NÍVEL	ESCORE	VALOR	NÍVEL	ESCORE	VALOR	
Baixo	1 - 2	1	Baixo	14 - 22	1	Baixo	1 - 2	3	
Médio	3 - 4	2	Médio	23 - 32	2	Médio	3 - 4	2	
Alto	6 - 9	3	Alto	33 - 42	3	Alto	6 - 9	1	
PVA = Eh x Vec x De									
RESULTADO PVA SUGESTÕES DE MEDIDAS MITIGADORAS									
1-3			BAIXO			<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção dos limites de outorga vigentes; • Incentivo à racionalização do uso da água; • Incentivo à educação ambiental na bacia hidrográfica. • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas; 			
4-12			MÉDIO			<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de pelo menos 25% da vazão de restrição; • Incentivo à racionalização do uso da água; • Incentivo à educação ambiental na bacia hidrográfica; • Incentivo à redução das perdas nos sistemas de distribuição de água; • Incentivo à Cobrança pelo uso da água superficial; • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas; • Monitoramento de águas superficiais na bacia. 			
13 - 27			ALTO			<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de pelo menos 50% da vazão de restrição; • Incentivo financeiro à racionalização do uso da água; • Fiscalização frequente; • Instalação de equipamentos individuais de medição de vazão nas captações; • Maior restrição na outorga de águas superficiais; • Incentivo à cobrança pelo uso da água superficial; • Restrição de outorga de águas subterrâneas; • Incentivo à redução das perdas nos sistemas de distribuição de água; • Incentivo à cobrança para o uso de águas subterrâneas. • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas; 			
<p style="text-align: center;">Potencial de Vazão Ambiental Aumenta</p>									

5.2.5.2 – Valor Final para o PVA segundo o Valor Ecológico e Cultural – Vec avaliado de forma simplificada (SVAP e parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água)

O Potencial de Vazão Ambiental – PVA usando-se o Protocolo de Avaliação Visual Rápida – SVAP foi sugerido pela facilidade na sua aplicação e pela dificuldade na obtenção de dados necessários à aplicação discutidos anteriormente.

O valor para o PVA utilizando-se o protocolo foi aceito pelos especialistas participantes do painel, com a ressalva de que fossem incluídos também os parâmetros de Diversidade, Raridade e Valores Não Extraíveis dos cursos d'água, os quais não são contemplados pelo SVAP.

Por conseguinte, os três parâmetros (Diversidade, Raridade e Valores Não Extraíveis dos cursos d'água) totalizaram 12 pontos, resultando em um nível baixo (1) para esses parâmetros.

O SVAP médio para a bacia foi calculado no item 5.2.3 e seu valor foi de 8,22 sendo avaliado como de nível alto (3). Combinando-se o Valor Ecológico e Cultural – Vec de nível baixo (1) com o SVAP de nível alto (3), chega-se a um Valor Ecológico e Cultural de nível médio (2).

A etapa final para o cálculo do PVA consiste no produto do Estresse Hidrológico (nível médio – 2) com o Valor Ecológico e Cultural segundo o SVAP (nível médio – 2) e a Dependência Econômica (nível alto – 1), totalizando 4 e ficando num nível médio (2) como pode ser observado na Tabela 5.42.

Embora, tenham sido apresentadas duas formas distintas para o cálculo do Vec, o nível, escore e medidas mitigadoras para o PVA permaneceram iguais, denotando uma bacia hidrográfica de nível médio, onde a Dependência Econômica (nível alto – 3) é o indicador que mais pressiona a gestão de recursos hídricos.

Tabela 5.42 – Síntese dos resultados da aplicação do método Potencial de Vazão Ambiental – PVA avaliado de forma simplificada: Estresse Hidrológico – Eh, Vec (SVAP e os parâmetros Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água) e Dependência Econômica – De.

PVA (1 - 27)											
ESTRESSE HIDROLÓGICO			VALOR ECOLÓGICO E CULTURAL			DEPENDÊNCIA ECONÔMICA			POTENCIAL DE VAZÃO AMBIENTAL		
NÍVEL	ESCORE	VALOR	NÍVEL	ESCORE	VALOR	NÍVEL	ESCORE	VALOR	NÍVEL	ESCORE	VALOR
Baixo	1 - 2	1	Baixo	1 - 2	1	Baixo	1 - 2	3	Baixo	1 - 2	3
Médio	3 - 4	2	Médio	3 - 4	2	Médio	3 - 4	2	Médio	3 - 4	2
Alto	6 - 9	3	Alto	6 - 9	3	Alto	6 - 9	1	Alto	6 - 9	1

$PVA = Eh \times Vec \times De$

RESULTADO	PVA	SUGESTÕES DE MEDIDAS MITIGADORAS
1-3	BAIXO	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção dos limites de outorga vigentes; • Incentivo à racionalização do uso da água; • Incentivo à educação ambiental na bacia hidrográfica. • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas;
4-12	MÉDIO	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de pelo menos 25% da vazão de restrição; • Incentivo à racionalização do uso da água; • Incentivo à educação ambiental na bacia hidrográfica; • Incentivo à redução das perdas nos sistemas de distribuição de água; • Incentivo à Cobrança pelo uso da água superficial; • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas; • Monitoramento de águas superficiais na bacia.
13 - 27	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de pelo menos 50% da vazão de restrição; • Incentivo financeiro à racionalização do uso da água; • Fiscalização frequente; • Instalação de equipamentos individuais de medição de vazão nas captações; • Maior restrição na outorga de águas superficiais; • Incentivo à cobrança pelo uso da água superficial; • Restrição de outorga de águas subterrâneas; • Incentivo à redução das perdas nos sistemas de distribuição de água; • Incentivo à cobrança para o uso de águas subterrâneas. • Incentivo à revegetação ripária com espécies nativas;

Potencial de Vazão Ambiental Aumenta

6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 – CONCLUSÕES

A falta de consenso entre especialistas sobre designações, conceitos e métodos de determinação de vazões ambientais é uma realidade nos dias de hoje. Entretanto, o século 21 traz outros desafios para a gestão dos recursos hídricos. Dentre eles, colocar frente a frente especialistas das mais diversas áreas, num esforço conjunto, buscando soluções holísticas para problemas na alocação de água para usos múltiplos, inclusive ecológicos.

Outro desafio é a incorporação destas metodologias holísticas de determinação de vazões ambientais à políticas públicas e à legislação vigente, executando modelos que abarquem aspectos socioeconômicos e ecológicos, além dos aspectos hidrológicos já amplamente avaliados, na busca pela compreensão da interação que existe entre o ecossistema aquático e ripário e toda a variabilidade do regime de vazões para o curso d'água.

O método proposto e utilizado neste estudo, denominado Potencial de Vazão Ambiental – PVA é uma adaptação da metodologia australiana para determinação de vazões ambientais em rios não regulados *Macro Water Sharing Plans – MWSP* (NSW, 2006). A MWSP trouxe como benefícios para a Austrália o manejo sustentável da extração de água, reduzindo os efeitos cumulativos dessas extrações em rios e estuários, e trabalhando holisticamente com a participação de especialistas e *stakeholders*.

A escolha da metodologia para adaptação ocorreu por se tratar de país com características climáticas semelhantes às brasileiras, e ser uma metodologia holística para rios não regulados como os do Brasil Central. A adaptação foi necessária devido a algumas características físicas e bióticas distintas e ao princípio do mercado de água existente na Austrália. O método PVA possui características de métodos classificados nas categorias *Look-up Tables* (utilização de tabelas), Holísticos (analisam o ecossistema e suas interfaces), e prescritivos (determinam um único valor de vazão).

Os critérios que nortearam o desenvolvimento deste projeto foram: i) o atendimento às diretrizes gerais de ação descritas nos incisos II e III do Art. 3º da Lei 9.433/1997; ii) a aplicação do Princípio de Rutherford *et al.* (2000), que propõe que áreas mais pristinas sejam preservadas prioritariamente àquelas mais alteradas; iii) o Princípio da Precaução (Colombo, 2004), que postula que, quando há risco de dano ao meio ambiente e à saúde humana, medidas preventivas são necessárias, mesmo na ausência de dados científicos comprobatórios, e iv) a expectativa de um manejo adaptativo, em que os percentuais de aumento de vazões, dentre outras medidas mitigadoras propostas, possam ser aplicados ao curso d'água, monitorados, avaliados, ajustados e reaplicados de forma contínua num modelo de realimentação. Além disso, o processo do manejo adaptativo permite ajustes que podem ocorrer devido à mudanças nos padrões de demanda, mudanças climáticas, e maior compreensão dos valores sociais, econômicos e ambientais.

Pretendeu-se, com o Potencial de Vazão Ambiental – PVA, subsidiar o estabelecimento de vazões ambientais, por meio do desenvolvimento/adaptação de um método simplificado e semi-quantitativo, com enfoque multidisciplinar, e integrado. Neste estudo, a principal preocupação foi com os níveis mínimos de vazão, pois em rios não regulados estes são os mais preocupantes, uma vez que, as vazões máximas e os picos de cheia geralmente não são retidos pelas pequenas estruturas de reservação e captação existentes nesses rios. Portanto, nesse caso, não haveria a necessidade de estabelecer um hidrograma ecológico (com a determinação de vazões mínimas, máximas e de cheia de acordo com a sazonalidade), conforme ocorre em estudos de vazões ambientais para cursos d'água regulados.

O método proposto é inovador, pois incorpora critérios socioeconômicos e ecológicos além dos hidrológicos comumente utilizados, gerando um diagnóstico amplo de bacias críticas/prioritárias para conservação mediante técnica relativamente simples e barata. Metodologias holísticas são importantes para o estabelecimento de vazões ambientais, pois as vazões determinadas unicamente por critérios hidrológicos não possuem respaldo ecológico e nem uma visão socioeconômica e cultural. Entretanto, dados desta natureza podem ser de difícil

acesso ou até mesmo inexistentes para a região, como se observou, em alguns casos, para esta pesquisa. Para ultrapassar essa limitação, foi incorporado ao método proposto a utilização do Protocolo de Avaliação Rápida denominado *Stream Visual Assessment Protocol – SVAP* como alternativa para tornar possível a replicação do método a outras bacias com menor quantidade de dados disponíveis.

A aplicação do método proposto foi realizada na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (DF/GO), sub-bacia do Rio São Bartolomeu, localizada na porção nordeste do Distrito Federal. A bacia foi selecionada por suas características de usos múltiplos da água, tais como o abastecimento urbano, a irrigação, a aqüicultura, e atividades de lazer de contato primário. Além disso, conflitos pelo uso dos recursos hídricos vêm sendo enfrentados na bacia, tendo sido necessária a intervenção da Agência Nacional de Águas – ANA por meio do cadastramento de usuários.

O Potencial de Vazão Ambiental – PVA para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau foi estabelecido por meio da avaliação de três indicadores principais: o Estresse Hidrológico – Eh, o Valor Ecológico e Cultural – Vec e a Dependência Econômica – De. Para o estabelecimento do PVA, foram feitos levantamentos bibliográficos de estudos secundários e duas reuniões presenciais com especialistas das áreas hidrológica, ecológica, social e econômica.

O Eh foi considerado de nível médio para a bacia estudada, evidenciando o nível de estresse que a bacia enfrenta, com uma acentuada taxa de extração (usos urbanos e agrícolas), somada à sazonalidade típica das vazões do DF, onde existem duas estações bem definidas (chuva e seca). Entretanto, mudanças climáticas, alterações no uso do solo da bacia e o aumento da extração de água podem agravar este quadro.

O Vec foi calculado de duas formas: a primeira de acordo com os seis parâmetros propostos pelo método detalhado, e a segunda considerando a junção do Protocolo de Avaliação Rápida – SVAP com os parâmetros Diversidade, Raridade

e Valores Não-Extraíveis dos corpos d'água. Esta junção alternativa foi proposta pelos especialistas no decorrer das discussões nos painéis.

Pelo método detalhado obteve-se nível médio (2) para o Vec, indicando que, embora a bacia esteja sob estresse hidrológico médio e haja mudança bastante acentuada no uso dos solos, a bacia ainda possui características importantes que necessitam ser preservadas tal como a diversidade de fauna.

O Vec calculado pelo SVAP, com a junção dos parâmetros de Diversidade, Raridade e Valores Não-Extraíveis dos cursos d'água, foi também de nível médio (2), devido às boas condições dos pontos amostrados pelo SVAP de acordo com os 10 parâmetros avaliados. Dos cinco trechos amostrados, apenas os trechos 3 e 5 obtiveram condições medianas. O uso do SVAP torna a método mais simplificado, possibilita trabalhar com dados primários, e é mais simples e barato que levantamentos mais complexos, tornando a método mais facilmente replicável a outras bacias.

A Dependência Econômica – De resultou em nível alto (1), o que reduz o valor do PVA, pois a De é o único indicador cujo resultado final move o PVA em sentido contrário ao dos outros indicadores. Entende-se que em uma bacia com usos já estabelecidos e uma economia baseada fortemente no uso dos recursos hídricos, como é o caso da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, as medidas mitigadoras não podem ser tão restritivas a ponto de provocar retração na economia local. Este indicador reflete, assim, esta preocupação com os usos econômicos já estabelecidos na bacia. E em rios com alta razão de uso, é difícil a verificação de padrões de vazão natural (anterior aos usos estabelecidos), e o seu retorno a essas vazões. Portanto, é importante buscar o equilíbrio e a equidade na alocação de água para os diversos usos na bacia, inclusive os usos ambientais, porque o desafio na atualidade é a proteção dos ecossistemas em um nível aceitável que não incapacite suas funções ecológicas, por meio do estabelecimento de vazões ambientais.

O valor resultante para o PVA (4) indica potencial médio de vazão ambiental para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau. Dentre as medidas/adaptativas

sugeridas estão o aumento da vazão de restrição (vazão ambiental) em 25%, de modo a garantir os serviços ambientais e a saúde do ecossistema ripário. Além disso, sugeriu-se outras medidas, tais como: i) incentivo a revegetação da mata ripária com espécies nativas; ii) incentivo à racionalização do uso da água como forma de gestão da demanda; iii) incentivo à educação ambiental na bacia; iv) incentivo à redução das perdas nos sistemas de distribuição urbana de água; v) incentivo à cobrança pelo uso das águas superficiais; e vi) o monitoramento de águas superficiais na bacia. Essas sugestões de medidas mitigadoras surgiram do levantamento bibliográfico e do contato com especialistas aliado à experiência profissional. Visto que, em unidades de manejo com alta razão de uso dos recursos hídricos, a implementação da gestão integrada desses recursos necessita da aplicação de outros instrumentos contidos na PNRH, além da outorga já comumente utilizada, à luz de conceitos como a gestão da demanda por recursos hídricos e do desenvolvimento sustentável.

Observando o contexto legal, não há conflito no uso de estudos holísticos que propõem maior restrição para a outorga de recursos hídricos e a legislação vigente, pois os marcos legais que regem a outorga no Brasil já estabelecem uma margem de negociação, o que permite que a outorga, no caso do DF, seja de até 80% da vazão de referência estabelecida e de até 90% no caso de abastecimento humano. Ou seja, fica a critério do órgão gestor definir se ocorrerá ou não maior restrição de uso, possibilitando assim, uma gestão mais conservativa desses recursos. No caso do Distrito Federal, a vazão de referência pode ser a $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} e a Q_{ml} , a vazão outorgável são os 80-90% da vazão de referência e a vazão remanescente (vazão ambiental) os 20-10% restantes. Já para rios federais, como é o caso do Ribeirão Pípiripau (DF/GO), a ANA pode outorgar até 70% da Q_{95} . O método PVA vai ao encontro do atendimento às diretrizes gerais de ação da Política Nacional de Recursos Hídricos contidas nos Incisos II e III do Art. 3 da Lei nº 9.433/1997, e não implica em mudança das leis de recursos hídricos, mas na sua implementação segura e sustentável.

Esforços para restauração da saúde dos rios estão ocorrendo por inúmeras motivações, seja pelos interesses econômicos relacionados aos serviços que os rios trazem para a sociedade, seja pela sua beleza cênica e benefícios culturais, o

importante é o reconhecimento de que o caráter utilitarista do homem não deve preponderar sobre a água, devendo haver um equilíbrio entre o seu uso e a sua conservação. Se faz necessário, portanto, o emprego de novas técnicas buscando integrar outros conhecimentos do ambiente estudado, e envolver os diversos atores na discussão sobre a gestão dos recursos hídricos.

6.2 – RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados deste trabalho vislumbram-se perspectivas e recomendações para pesquisas futuras:

- São recomendados estudos futuros complementares relacionando aspectos físicos (geomorfologia) e bióticos (fauna e flora) dos ecossistemas aquáticos e ripários à variações dos níveis de vazão, como também, aspectos econômicos relacionados à extração e aproveitamento da água nas unidades de manejo e a dependência dessas comunidades à extração.
- Propõe-se estudos que culminem com a elaboração de listas regionais de espécies ameaçadas de extinção e espécies endêmicas, incentivo à estudos de espécies indicadoras da qualidade dos ecossistemas aquáticos, como por exemplo ictiofauna e macroinvertebrados.
- Recomenda-se que nas futuras modificações das novas leis de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, sejam consideradas as vazões ambientais, segundo critérios múltiplos como método PVA.
- Propõe-se o manejo adaptativo nas áreas onde forem estabelecidas vazões ambientais para monitoramento e avaliação.
- O método Potencial de Vazão Ambiental – PVA pode ser aplicado, também, para avaliação de vazões ambientais em cenários futuros, o que indicaria, antecipadamente, prováveis linhas de ação na gestão de recursos hídricos.

- Equipes de especialistas dos órgãos de gestão ambiental, de gestão de recursos hídricos e usuários de água devem comprometer-se com o estabelecimento de vazões ambientais, pois essa deve ser uma gestão compartilhada, e não somente uma responsabilidade do órgão gestor de recursos hídricos, para tal, a necessidade de novos arranjos institucionais deve ser avaliada.
- Propõe-se, finalmente, que órgãos gestores de recursos hídricos utilizem-se de metodologias holísticas na avaliação de bacias hidrográficas frente a vazões ambientais e pleitos de outorga. Estas metodologias holísticas são um primeiro passo para a integração entre a gestão de recursos hídricos e a gestão ambiental, como preconizado nas diretrizes gerais de ação da Lei 9.433/97.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alho, C.J.R. (1993). “Distribuição da fauna num gradiente de recursos em mosaico”. In: Novaes Pinto, M. (org.) *Cerrado*, UnB, Brasília – DF, pp. 213-262.
- Allan, J.D. (1995). *Stream ecology: structure and function of running waters*. Chapman e Hall, London, 388p.
- Alves, M.A. e Henriques, A.G. (1994). “O caudal ecológico como medida de minimização: métodos para a sua determinação”. In: *Actas do 6º SILUSB/1º SILUSBA, Simpósio de hidráulica, e recursos hídricos dos países de Língua Portuguesa*, Lisboa, APRH/ABRH, pp. 177-190.
- ANA (2004). *Nota Técnica ANA Nº 600/2004/SOC*. Brasília. Distrito Federal. Meio ótico. 14p.
- ANA (2005). *Relatório de visita técnica as estações de monitoramento hidrológico e regulação dos usos da bacia*. Brasília. Distrito Federal. Meio ótico.
- ANA (2007). *Nota Técnica ANA Nº 093/2007/GEOUT/ANA*. Brasília. Distrito Federal. Meio ótico. 14p.
- Arthington, A.H.; Bunn, S.E.; Poff, N.L.; Naiman, R.J. (2006). “The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems”. In: *Ecological Applications*, 16(4), pp.1311-1318.
- Bagno, M.A. e Marinho-Filho, J. (2001). “A avifauna do Distrito Federal: uso de ambientes abertos e florestais e ameaças”. In: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L. da, Sousa-Silva, J.C. (eds). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*, Embrapa – CPAC, Planaltina, DF, pp. 495-528.
- Bennet, J.; Sanders, N.; Moulton, D. Phillips, N.; Lukacs, G., Walter, K., Redfen, F. (2002). *Guidelines for protecting Australian waterways*. Land and Water Australia, Camberra.
- Berbert, C.O. (2003). “O desafio das águas”. In: Martins, R.C. e Valencio, N.F.L. da S. (orgs.). *Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais*. São Carlos: RiMa. 81-98p.
- Bezerra, N.R. (2001). *Metodologias para definição de vazões mínimas garantidas em cursos d’água*. Dissertação de Mestrado, Publicação MTARH-DM – 043A/01, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF.
- Bjorkland, R., Pringle, C.M. e Newton, B. (2001). “A stream visual assessment protocol (SVAP) for riparian landowners”. In: *Environmental Monitoring and Assessment*, 68: 99-125, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

- Blaskevicz, L.I.M. e Dolabella, R.H.C. (2003). "Gestão de recursos hídricos nos Estados: Distrito Federal". In: Little, P.E. (org.). *Políticas ambientais no Brasil: análises, instrumentos e experiências*. São Paulo: Peirópolis; Brasília, DF. IIEB.
- Brandão, R.A., e Araújo, A.F. B. de. (1998). "A herpetofauna da Estação Ecológica de Águas Emendadas". In: Marinho-Filho, J.; Rodrigues, F.; Guimarães, M. (eds.). *Vertebrados da Estação Ecológica de Águas Emendadas: história natural e ecologia em um fragmento de cerrado do Brasil Central*. pp. 9-21.
- Brandão, R.A., e Araújo, A.F. B. de. (2001). "A herpetofauna associada às Matas de Galeria no Distrito Federal". In: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L. da, Sousa-Silva, J.C. (eds). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*, Embrapa – CPAC, Planaltina, DF, pp. 561-604.
- Brasil (1934). *Decreto-lei nº 24.643, de 10 de julho de 1934*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>.
- Brasil (1986). Resolução CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986.
- Brasil (1988). "Constituição Federal de 05 de outubro de 1988", In: MEDAUAR, O. (org.). *Coletânea de legislação de direito ambiental, Constituição Federal*. 2. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais.
- Brasil (1997). "Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997". In: *Conjunto de Normas Legais: Recursos Hídricos*, MMA/SRH, Brasília, pp. 21-37.
- Brasil (2000). *O Banco Mundial e o Setor de água*. Banco Mundial, Brasília, 24p.
- Brasil (2000). "Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000". In: *Conjunto de Normas Legais: Recursos Hídricos*, MMA/SRH, Brasília, 361p.
- Brasil (2000). "Resolução CNRH nº 12, de 19 de julho de 2000". In: *Conjunto de Normas Legais: Recursos Hídricos*, MMA/SRH, Brasília, 361p.
- Brasil (2000). "Resolução CNRH nº 13, de 25 de setembro de 2000". In: *Conjunto de Normas Legais: Recursos Hídricos*, MMA/SRH, Brasília, 361p.
- Brasil (2005). *Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005*.
- Brasil (2006). *Plano Nacional de Recursos Hídricos: síntese executiva – PNRH*. Brasília. Ministério do Meio Ambiente e Secretaria de Recursos Hídricos. Meio Ótico.
- Buarque, S.C. (2002). *Construindo o desenvolvimento local sustentável: metodologia e planejamento*, Garamond, Rio de Janeiro, 180p.
- CDB (1992), Convenção da Diversidade Biológica. Janeiro de 1992.

- CAESB (2001). *Relatório sobre o plano de proteção ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau*. Governo do Distrito Federal.
- CAESB. (2004). *Siágua – Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água. Produção, distribuição e controle da qualidade da água no Distrito Federal*.
- CAESB. (2006). *Subsistema produtor Pípiripau* (Folder). Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Governo do Distrito Federal.
- Calijuri, M. do C. e Bubel, A.P.M. (2006). “Conceituação de microbacias”. In: Lima, W. de P. e Zakia, M.J.B. (orgs). *As florestas plantadas e a água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento*, RiMa, São Carlos, pp. 45-59.
- Callisto, M., Ferreira, W.R., Moreno, P., Goulart, M., Petrucio, M. (2002). “Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ)”. In: *Acta Limnologica Brasiliensis* 14:91-98.
- Câmara, C. D, e Fonseca-Gessner A.A. (2006). “Macroinvertebrados bentônicos como indicadores biológicos para o monitoramento de florestas plantadas”. In: Lima, W. de P. e Zakia, M.J.B. *As florestas plantadas e a água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento*, RiMa, São Carlos, pp. 141-156.
- Campaña, N.A., Monteiro, M.P., Koide, S., Brandão, C.C. e Cordeiro Netto, O.M. (1999). “Avaliação quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal”. In: *Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal*, MTARH – UnB/SRH/SEMATEC, Meio Ótico – CD, Brasília, DF.
- Campos, N. (2003). “Política de águas”. In: Campos, N. e Studart, T. (eds.) *Gestão das águas*, ABRH, Porto Alegre, RS. pp. 27-41.
- Campos, N. e Sousa, R. O. de (2003). “Planos de bacias hidrográficas”. In: Campos, N. e Studart, T. (eds.) *Gestão das águas*, ABRH, Porto Alegre, RS. pp. 57-68.
- Carrera-Fernandez, J. e Garrido, R.J. (2002). *Economia dos recursos hídricos*. Edufba, Salvador, BA.
- Chaves, H.M.L. e Piau, L.P. (2008). “Efeito da variabilidade da precipitação pluvial e do uso e manejo do solo sobre o escoamento superficial e aporte de sedimento de uma bacia hidrográfica do distrito federal”. In: R. Bras. Ci. Solo, 32: 333-343.
- Chaves, H.M.L; Rosa, J.W.C.; Santos, V.M. (1997). “Evaluation of the trapping efficiency of Gallery Forests through sedimentation modeling”. In: Imaña-Encinas, J. & Christoph Kleinn (orgs.). *Proceedings: the international symposium on assessment and monitoring of forests in tropical dry regions with special reference to gallery forests*. Brasília: University of Brasília. 378p. : il.

- Christofidis, D. (2001). *Olhares sobre a Política de Recursos Hídricos do Brasil: o caso da Bacia do Rio São Francisco*. CDS-Unb, Brasília. Tese de Doutorado. 432p
- Clarke, R. T. (2003). "Análise de frequência de eventos hidrológicos e o uso de modelos de longa memória". In: Tucci, C.E.M. e Braga, B. (orgs). *Clima e recursos hídricos no Brasil*. ABRH, Porto Alegre, RS, pp. 243-264.
- Clarke, R. & King, J. (2005). *O Atlas da água*. São Paulo-SP : Publifolha. 128p.
- Collischonn, W., Agra, S.G., Freitas, G.K., Priante, G.R., Tassi, R. e Souza, C.F. (2005). "Em busca do hidrograma ecológico". In: *XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, João Pessoa - PB.
- Colombo, S.B. (2004). *O Princípio da Precaução no Direito Ambiental*. Jus Navigandi, Teresina ano 9, n. 488. Disponível em: <http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=5879> (acesso em 15/12/2007).
- Cruz, J.C. (2001). *Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais*. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH, Porto Alegre, 189p.
- Distrito Federal (1983). *Decreto nº 88.940*, de 07 de novembro de 1983.
- Distrito Federal (1988). *Decreto nº 11.137*, de 16 de junho de 1988.
- Distrito Federal (1989). *Lei nº 41*, de 13 de setembro de 1989.
- Distrito Federal (1993). *Lei Orgânica do Distrito Federal*.
- Distrito Federal (1996). *Lei nº 1.299*, de 16 de dezembro de 1996.
- Distrito Federal (1997). *Lei nº 17*, de 28 de janeiro de 1997.
- Distrito Federal (1999). *Lei nº 2.279*, de 07 de janeiro de 1999.
- Distrito Federal (1999). *Portaria do IBAMA 15/99 – N*, de 17 de fevereiro de 1999.
- Distrito Federal (2001). *Lei nº 2.725*, de 13 de junho de 2001.
- Distrito Federal (2001). *Decreto nº 22.358*, de 31 de agosto de 2001.
- Distrito Federal (2001). *Decreto nº 22.359*, de 31 de agosto de 2001.
- Distrito Federal (2002). *Decreto s/n*, de 10 de janeiro de 2002.
- Distrito Federal (2004). *Lei nº 3.365*, de 16 de junho de 2004.

- Distrito Federal (2005). *Decreto nº 25.928*, de 14 de julho de 2005.
- Distrito Federal (2006). *Resolução ADASA Nº 293*, de 31 de maio de 2006
- Distrito Federal (2006). *Resolução ADASA Nº 350*, de 23 de junho de 2006
- Distrito Federal (2006). *Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal - PGIRH*. Brasília – DF. 94p. Meio Ótico.
- Domingues e Santos (2004). “Considerações sobre formação de preços”. In: Thame, A. C. de M. (org.). *A cobrança pelo uso da água na agricultura*. pp. 17-48.
- Dyson, M., Bergkamp, G. e Scalon, J. (2003). (eds). *Flow: the Essentials of Environmental Flows*. 2nd edition. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 132p.
- Falkenmark, M. e Widstrand, C. (1992). “Population and water resources: a delicate balance”. In: *Population Bulletin Anais Congresso ABRH – Recife. Aspectos de Sustentabilidade e Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos – stress hídrico*.
- Falkenmark, M. (2003). *Water management and ecosystems: living with change*. TEC Background papers nº 9. Technical Committee – TEC, Global Water Partnership, Sweden, Meio ótico.
- Faria, P.J.L. (2005). *Água: bem jurídico, econômico ou ecológico?*. Brasília Jurídica, Brasília, 532p.
- Faria, R.C. (2003) “Métodos de precificação da água uma análise dos mananciais hídricos do Parque Nacional de Brasília”. In: *Ensaio em economia do meio ambiente: valoração e precificação de recursos hídricos*, Universidade de Brasília – Departamento de economia, Tese de doutorado, Brasília.
- Felfili, J.M., Mendonça, R.C. de, Walter, B.M.T., Silva-Júnior, M.C. da, Nóbrega, M.G.G., Fagg, C.W., Sevilha, A.C. e Silva, M.A. (2001). “Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central”. In: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L. da, Sousa-Silva, J.C. (eds). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*, Embrapa – CPAC, Planaltina, DF, 195-263.
- Fernandes, A.C.M. (2007). *Macroinvertebrados bentônicos como indicadores biológicos de qualidade da água: proposta para elaboração de um índice de integridade biológica*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, Brasília, DF. 220p.
- FISRWG – Federal Interagency Stream Restoration Working Group (1998). *Stream corridor restoration: principles, processes, and practices*.

- Fonseca, C.P. (2005). "Caracterização dos ecossistemas aquáticos do Cerrado". In: Sousa-Silva, J.C., Felfili, J.M. (orgs). *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 439p.
- Gadotti, (2002). "A agenda 21 Global e a Carta da Terra". In: Born, R.H. (coord.) *Diálogos entre esferas global e local: contribuições de organizações não-governamentais e movimentos sociais brasileiros para a sustentabilidade, eqüidade e democracia planetária*. Fundação Peirópolis, Peirópolis, São Paulo, pp. 19-30.
- Garrido, R.J.S. (2003). "Alguns pontos de referência para o estágio atual da política Nacional de Recursos Hídricos". In: Freitas, M.A.V. de. *Estado das Águas no Brasil, 2001 – 2002*, Agência Nacional de Águas, Brasília, pp.4 – 15.
- Gastal, M.L. de A. (1997). *Ecologia de pequenos mamíferos de matas de galeria de Brasília, DF*. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, Brasília, DF, 115p.
- Goepfert, A.L.J. (2000). *Avaliação do conflito de uso da água e possíveis medidas mitigadoras na bacia do Córrego Cabeça-de-Veados*. Dissertação de mestrado Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 74.p.
- Gonçalves, E. (1998). *Metodologia para controle de perdas em sistemas de distribuição de água – Estudo de casos da CAESB*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Publicação MTARH-DM – 010A/98, Brasília, DF, 173p.
- Gonçalves, M.V.C. (2003). *Metodologia para determinação de vazões Mínimas garantidas em cursos d'água*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Publicação MTARH-DM – 061/03, Brasília, DF, 129p.
- Graham, K. J.(2007) *Irrigation policy processes in Austrália and the people's republic of China: people, politics and place*. Austrália. meio ótico.
- GWP – Global Water Partnership (2000). *Água para el Siglo XXI: de la vision a la Acción para América der Sur*. SAMTAC. South-American Technical Advisee Committe.
- Harr, M. E. (1987). *Reliability-based desing in civil engineering*. Macgraw-Hill, N. York.
- Harris, E.; Hatfield, E.; Healey, M.; Miller, D.; Schroder, D. (2006). Macro approach for water sharing in unregulated rivers. In: *9th Intenational Riversymposium*. Brisbane, Austrália.
- IUCN (2007). <http://www.iucn.org/themes/ssc/redlist2006/redlist2006.html>
- IUCN (2007). http://www.iucnredlist.org/info/categories_criteria2001

- Kelman, J. e Ramos, M. (2004). "Custo, valor e preço da água na agricultura". In: Thame, A. C. de M. (org.). *A cobrança pelo uso da água na agricultura*. pp. 49-63.
- Lamb, B.L. (1995). "Criteria for evaluating state instream-flow programs: deciding whatworks". In: *Journal of Resources Planning and Management*, Vol. 121, nº 3, may/junho.
- Lecerf, A., Dobson, M., Dang, C. e Chauvet, E. (2005). "Riparian plant species loss alters trophic dynamics in detritus-based stream ecosystems". In: *Oecologia*, 146: 432-442.
- Lima, J.E.F.W. & Silva, E.M.da. (2005). "Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro". In: Sousa-Silva, J.C.; Felfili, J.M. (orgs). *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. pp. 60-72.
- Lima, W. de P. (2006). "A busca do manejo sustentável de florestas plantadas". In: Lima, W. de P. e Zakia, M.J.B (orgs.). *As florestas plantadas e a água – implementando o conceito de da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento*. RiMa, São Carlos, pp.29-43.
- Lima, W. de P. e Zakia, M.J.B. (2005). "O papel do ecossistema ripário". In: 2º *Workshop reserva legal: legislação, uso econômico e importância ambiental*". ESALQ/USP. pp. 77-88.
- Lima, W. de P. e Zakia, M.J.B. (2006). "Saúde ambiental da microbacia". In: *As florestas plantadas e a água – implementando o conceito de da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento*. RiMa, São Carlos, pp. 61-75.
- Lopes, L.F.G. (2001). *Estudos de hidrodinâmica e de qualidade ambiental da água*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, Coimbra, Portugal.
- Marengo, J.A.; Nobre, C. A.; Salati, E.; Ambrizzi, T. (2007). *Caracterização do clima atual e definição das alterações para o território brasileiro ao longo do século XXI: sumário técnico*. Ministério do Meio Ambiente – MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas – SBF, Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBio. Brasília. Meio ótico.
- Marinho-Filho, J. e Guimarães, M.M. (2001). "Mamíferos das matas de galeria e das matas ciliares do Distrito Federal". In: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L. da; Sousa-Silva, J.C. (eds). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*. Embrapa – CPAC, Planaltina, DF, pp. 531-553.
- Martins, E. de S., Reatto, A., Correia, J.R. (2001). "Fatores ambientais que controlam as paisagens das Matas de Galeria no Bioma Cerrado: exemplos e hipóteses". In: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L. da; Sousa-Silva, J.C. (eds).

- Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*. Embrapa – CPAC, Planaltina, DF, pp. 79-111.
- Mazzini, A.L.D. de A. (2004). *Dicionário educativo de termos ambientais*. A.L.D. de A. Mazzini, Belo Horizonte, 2ed, 384p.
- Mejia, A.; Gambrill M.; Pini, P.D. (2000). “A eficiência da indústria da água no Brasil: principais questões e recomendações”. In: Thame, A. C. de M. (org.). *A cobrança pelo uso da água*, IQUAL, São Paulo, pp. 237-248.
- MMA (2003) <http://www.mma.gov.br/port/sbf/fauna/index.html>
- Moore, M. (2004). *Perceptions and interpretations of environmental flows and implications for future water resource management: a survey study*. Masters Thesis, Department of Water and Environmental Studies, Linköping University, Sweden.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B. da; Kent, J. (2000). “Biodiversity Hotspots for conservation priorities”. In: *Nature*, vol. 403, 24 february 2000.
- New South Wales. (2006). *Macro Water Sharing Plans: the approach for unregulated rivers*. Australia: Department of Natural Resources – NSW. 56p.
- Notas de Aula de Manejo de Bacias Hidrográficas – Pós-Graduação em Ciências Florestais (1/2007)*. Departamento de Engenharia Florestal, UnB.
- NWC (2004). *Intergovernmental Agreement on a National Water Initiative Between the Commonwealth of Australia and the Governments of New South Wales, Victoria, Queensland, South Austrália, the Australian Capital Territory and the Northern Territory*. National Water Commission, Canberra.
- Oliveira, M.N. da S. (2006). *Agricultura e sustentabilidade nos núcleos rurais da bacia hidrográfica do Ribeirão Pipiripau*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, DF, 123p.
- Oliveira, M.N. da S. e Wehrmann, M.E.S. de F. (2005). “O conflito pelo uso da água no Núcleo Rural Santos Dumont”: o caso da Bacia do Ribeirão Pipiripau. In: Theodoro, S. H. (org). *Mediação de conflitos ambientais*, Garamond, Rio de Janeiro, pp. 135-145.
- Poff, N.L., Allan, D., Bain, M.B., Karr, J.R., Pretegaard, K.L., Richter, B.D, Sparks, R.E., Stromberg, J.C. (1997). “The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration”. In: *BioScience*, Vol. 47 nº 11: 769-784.
- Poff, N.L., Allan, J.D., Palmer, M.A., Hart, D.D., Richter, B.D., Arthington, A.H., Rogers, K.H., Meyer, J.L., Stanford, J.A. (2003). “River flows and water wars: emerging science for environmental decision making”. In: *Front Ecol Environ*, 1(6): 298-306.

- Pompeu, C.T. (2006) “Águas doces no Direito brasileiro”. In: Rebouças, A. da C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação, escrituras*, São Paulo, pp. 677-718.
- Postel, S. e Richter, B. (2003). *Rivers for life: managing water for people and nature*. Island Press. USA. 253p.
- Primack, R.B. e Rodrigues, E. (2001). *Biologia da conservação*. Londrina, E. Rodrigues. 328p.
- Reatto, A., Spera, S.T., Correia, J.R., Martins, E. de S., Milhomen, A. “Solos de ocorrência em duas áreas sob Matas de Galeria no Distrito Federal: aspectos pedológicos, uma abordagem química e físico-química”. (2001). In: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L. da, Sousa-Silva, J.C. (eds). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*, Embrapa – CPAC, Planaltina, DF, 115-140.
- Resck, D.V.S. e Silva, J.E. da. (1998). “Importância das Matas de Galeria no Ciclo Hidrológico de uma Bacia Hidrográfica”. In: Ribeiro, J.F. (ed.) *Cerrado: Matas de Galeria*. Embrapa – CPAC, Planaltina, DF, pp. 31-49.
- Ribeiro, A.C.F.; Brites, R.S., Junqueira, A. M.R. (2006). “Os aspectos ambientais no processo decisório do produtor rural: estudo de caso Núcleo Rural Taquara”. In: R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, v. 10, n.3, p. 686-691.
- Ribeiro, M.C.L. (2007). *Comunicação Pessoal*.
- Ribeiro, W. C. (2003). “Água doce: conflitos e segurança ambiental”. In: Martins, R.C. & Valencio, N.F.L. da S. (orgs.). In: Martins, R.C. e Valencio, N.F.L. da S. (orgs.). *Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais*. São Carlos: RiMa. 71-80p.
- Richter, B.D., Warner, A.T., Meyer, J.L. e Lutz, K. (2006). “A collaborative and adaptative process for developing environmental flow recommendations”. In: *River research and applications*, 22 : 297-318.
- Rocha, A.J.A. (1993). “Caracterização limnológica do Distrito Federal”. In: Novaes Pinto, M. (org.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2ed. Universidade de Brasília, Brasília – DF, pp. 469-492.
- Roque, F. De O.; Pepinelli, M. ; Fragoso, E.N.; Ferreira, W.A.; Barillari, P.R.; Yoshinaga, M.Y.; Strixino, S.T.; Verani, N.F.; Lima, M.I.S. (2003). “Ecologia de macroinvertebrados, peixes e vegetação ripária de um córrego de primeira ordem em região de Cerrado do Estado de São Paulo”. In: Henry, R. *Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos*. RiMa, São Carlos, pp. 313-338.
- Rosgen, D.L. (1996). *Applied river morphology*. Wildland Hydrology, Colorado.

- Rutherford, I.D.; Jerie, K.; Marsh, N. (2000) *A Rehabilitation manual for Australian streams Volume 2*. Arawang Communication Group, Canberra. 400p. Meio ótico.
- Salas, J.D. (1993). "Analysis and modeling of hydrologic time series". In: Maidment, D.R. (ed.) *Handbook of hydrology*. MacGraw-Hill, United States of America, pp. 19.1-20.1.
- Sarmiento (2007). *Estado da arte da vazão ecológica no Brasil e no mundo*. Relatório do Projeto 704BRA2041 da Organização das Nações Unidas para a Educação a Ciência e a Cultura – UNESCO. UNESCO/ANA/CBHSF. 38p.
- Selborne, L. (2002). *A ética no uso da água doce: um levantamento*. Brasília: UNESCO. 80p.
- SEMA – Secretaria Especial de Meio Ambiental (1988). *Caracterização e diretrizes gerais do uso da APA do Rio São Bartolomeu*. Brasília, Brasil.
- SEMARH/DF (2006). *Mapa Ambiental do Distrito Federal – Ano 2006*. Fonte: disponível em: <http://www.seduma.gov.br>
- Setti, A. A. (2000). "Legislação para uso dos recursos hídricos". In: Silva, D. D. da e Pruski, F. F (orgs). *Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e técnicos*. Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília – DF, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, ABRH – Porto Alegre –RS. 121-397.
- Silva, D.D. da e Pruski, F.F. (2000). *Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais*. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília – DF, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, ABRH – Porto Alegre –RS. 659p.
- Silva-Júnior, M.C. da. (2001). "Comparação entre Matas de Galeria no DF e a efetividade do Código Florestal na proteção da diversidade arbórea". In: *Acta bot. bras.* 15(1): 139-146.
- Silva-Júnior, M.C. da, Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Nogueira, P.E., Rezende, A.V., Moraes, R. de O. e Nóbrega, M.G.G. (2001). "Análise da flora arbórea de Matas de Galeria no Distrito Federal: 21 levantamentos". In: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L. da, Sousa-Silva, J.C. (eds). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*, Embrapa – CPAC, Planaltina, DF, 143-191.
- Silveira, A.L. e Silveira, L. (2003). "Vazões mínimas". In: Paiva, J.B.D. e Cauduro, E.M. (eds). *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. ABRH, Porto Alegre, RS, pp. 33-112.
- Sommerhäuser, M.; Podraza, P.; Schuhmacher; H.; Timm, T. (2000). "The classification of running waters – targets, application and state of the art". In: *Verh. Int. Verein. Limnol.* 27: 678-6981.

- Souza Filho, F.A. (2003). "Variabilidade e mudança climática nos semi-áridos brasileiros". In: Tucci, C.E.M. e Braga, B. (orgs.). *Clima e recursos hídricos no Brasil*. ABRH, Porto Alegre, RS, pp. 77-116.
- Studart, T.M.C. e Campos, N. (2003). "Gestão da demanda". In: Campos, N. e Studart, T. (Eds.) *Gestão das águas*. Porto Alegre-RS : ABRH. pp. 69-89.
- Sugai, M.R. von B. (2003). "Outorga de direito de uso de recursos hídricos". In: Freitas, M.A.V. de. *Estado das Águas no Brasil, 2001 – 2002*, Agência Nacional de Águas, Brasília, pp.287 – 295.
- Taveira, L.V.; Gontijo, G.M. Borges, M.M.; Vieira, R. B.; Silva, C. Vitor; Maldaner V. I.; Bossa, S. A. (2007). *Uso conservativo da água na agricultura irrigada*. EMATER/DF. 50p.
- Tennant, D.L. (1976). "Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources". In: *Fisheries*, 1(4), 6-10.
- Tharme, R. (2003). "A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flows methodologies for rivers". In: *River Research and Applications*, 19: 397- 441.
- Tucci, C.E.M. (2003). "Variabilidade climática e o uso do solo na Bacia brasileira do Prata". In: Tucci, C.E.M. e Braga, B. (orgs.). *Clima e recursos hídricos no Brasil*. ABRH, Porto Alegre, RS, pp. 163-171.
- Tucci, C.E.M. e Braga, B. (2003). "Clima e recursos hídricos". In: Tucci, C.E.M. e Braga, B. (orgs.). *Clima e recursos hídricos no Brasil*. ABRH, Porto Alegre, RS, pp. 1-22.
- Tucci, C.E.M. e Clarke, R.T. (2003). "Regionalização hidrológica". In: Paiva, J.B.D. e Cauduro, E.M. (eds). *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. ABRH, Porto Alegre, RS, pp. 169-222.
- Tucci, C. E. M.; Hespanhol, I.; Cordeiro Netto, O. M. (2003a). "Cenários da gestão de água no Brasil: uma contribuição para a visão mundial da água". In: *Bahia análise & dados*. Salvador: v.13, número especial, pp. 357-370.
- Tucci, C. E. M.; Hespanhol, I.; Cordeiro Netto, O. M. (2003b). *Gestão da água no Brasil*. Brasília, UNESCO, 156p.
- Tucci, C.E.M. e Mendes, C.A. (2006). *Avaliação ambiental integrada da Bacia Hidrográfica*. MMA/SQA, Brasília, DF, 300p.
- Tundisi, J.G. (2005). *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. RiMa, São Carlos, 248p.
- Tundisi, J.G., Tundisi, T.M., Abe, D.S., Rocha, O., Starling, F. (2006). "Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos". In: Rebouças, A. da C., Braga, B., Tundisi, J.G. *Águas doces no*

Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Escrituras, São Paulo. Pp. 203-240.

UNESCO (2006). *Water: a shared responsibility.* The United Nations World Water Development Report 2, UNESCO, Oxford-UK, 584p.

Valente, O.F. e Gomes, M.A. (2005). *Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceira.* Aprenda Fácil, Viçosa-MG, 210p.

Water and Rivers Commission (2000). Environmental Water Provisions Policy for Western Australia, Water and Rivers Commission , Statewide Policy N° 5.

World Bank. (2003). *Environmental flows: concepts and methods.* Thecnical note C.128p.

Outras Páginas de Internet visitadas:

<http://pt.wikipedia.org> (acesso 20 fevereiro de 2008)

<http://www.fgaia.org.br/texts/t-precau> (acesso em 15 de dezembro de 2007).

<http://www.ufrgs.br/bioetica/precau.htm> (acesso em 15 de dezembro de 2007).

<http://www.floridadep.net/evergladesforever/about/glossary.htm> (acesso 09 de novembro de 2007).

APÊNDICES

A – ESTRESSE HIDROLÓGICO – Eh

Tabela A.1 – Série histórica de vazões médias, mínimas e vazão mínima absoluta no Posto FRINOCAP e seu coeficiente de variação, coeficiente de correlação e Razão de Uso para o período (1971-2003) excetuando-se os anos de (1976-1978) por ausência de dados.

	Ano	Qmed	Qmin	Qmin Abs
1	1971	2,33	1,48	0,88
2	1972	3,23	2,16	1,37
3	1973	2,65	2,20	1,11
4	1974	2,98	2,11	1,24
5	1975	2,00	1,58	0,91
6	1979	6,22	3,64	2,19
7	1980	5,07	3,69	2,13
8	1981	3,72	2,96	1,81
9	1982	4,25	3,37	2,08
10	1983	4,26	3,24	1,97
11	1984	2,81	2,24	1,51
12	1985	3,54	2,41	1,66
13	1986	2,95	2,28	0,95
14	1987	1,83	1,11	0,59
15	1988	2,88	1,89	1,28
16	1989	2,98	1,60	0,77
17	1990	2,93	2,11	1,20
18	1991	3,54	2,47	1,61
19	1992	4,58	3,51	2,30
20	1993	3,99	3,07	1,71
21	1994	2,71	1,89	0,91
22	1995	1,96	1,36	0,63
23	1996	1,19	0,77	0,37
24	1997	2,23	1,57	0,88
25	1998	1,87	1,17	0,40
26	1999	1,84	1,23	0,55
27	2000	1,96	1,25	0,33
28	2001	1,10	0,61	0,18
29	2002	1,60	1,00	0,14
30	2003	1,52	0,88	0,22
	MÉDIA	2,89	2,03	1,13
	D.P.	1,20	0,90	0,65
	C.V.	41,42	44,36	57,84
	Corr.	-0,48	-0,50	-0,55
	Ru	31,76	45,26	81,29

Tabela A.2 – Série histórica de vazões médias, mínimas e vazão mínima absoluta no Posto FRINOCAP e seu coeficiente de variação, coeficiente de correlação e Razão de Uso para o período (1971-1988) excetuando-se os anos de (1976-1978) por ausência de dados.

	Ano	Qmed	Qmin	Qmin Abs
1	1971	2,33	1,48	0,88
2	1972	3,23	2,16	1,37
3	1973	2,65	2,20	1,11
4	1974	2,98	2,11	1,24
5	1975	2,00	1,58	0,91
6	1979	6,22	3,64	2,19
7	1980	5,07	3,69	2,13
8	1981	3,72	2,96	1,81
9	1982	4,25	3,37	2,08
10	1983	4,26	3,24	1,97
11	1984	2,81	2,24	1,51
12	1985	3,54	2,41	1,66
13	1986	2,95	2,28	0,95
14	1987	1,83	1,11	0,59
15	1988	2,88	1,89	1,28
	MÉDIA	3,38	2,42	1,45
	D.P.	1,18	0,79	0,51
	C.V.	34,88	32,76	35,35
	Corr	0,08	0,11	0,13
	Ru	27,15	37,87	63,51

Tabela A.3 – Série histórica de vazões médias, mínimas e vazão mínima absoluta no Posto FRINOCAP e seu coeficiente de variação, coeficiente de correlação e Razão de Uso para o período (1989-2003).

	Ano	Qmed	Qmin	Qmin Abs
1	1989	2,98	1,60	0,77
2	1990	2,93	2,11	1,20
3	1991	3,54	2,47	1,61
4	1992	4,58	3,51	2,30
5	1993	3,99	3,07	1,71
6	1994	2,71	1,89	0,91
7	1995	1,96	1,36	0,63
8	1996	1,19	0,77	0,37
9	1997	2,23	1,57	0,88
10	1998	1,87	1,17	0,40
11	1999	1,84	1,23	0,55
12	2000	1,96	1,25	0,33
13	2001	1,10	0,61	0,18
14	2002	1,60	1,00	0,14
15	2003	1,52	0,88	0,22
	MÉDIA	2,40	1,63	0,81
	D.P.	1,03	0,84	0,64
	C.V.	42,95	51,63	78,61
	Corr	-0,76	-0,70	-0,74
	Ru	38,25	56,24	112,89

B – VALOR ECOLÓGICO E CULTURAL – Vec

Gradiente no Trecho

Em estudo da CAESB (2001) o perfil longitudinal do Ribeirão Pipiripau foi analisado a partir de três diferentes linhas representativas: S_1 , que é a declividade média entre a nascente e a foz, obtida pela razão entre a diferença total de elevação do leito e a extensão horizontal do curso d'água; S_2 , refere-se a um valor representativo e racional da declividade do perfil, obtido através de um processo de semelhança de áreas do gráfico; e S_3 , que é a declividade equivalente constante, a qual possibilita inferências sobre o tempo de percurso da água ao longo da extensão do perfil longitudinal; os valores encontrados para S_1 , S_2 e S_3 são bastante baixos, como mostra a Figura B.1.

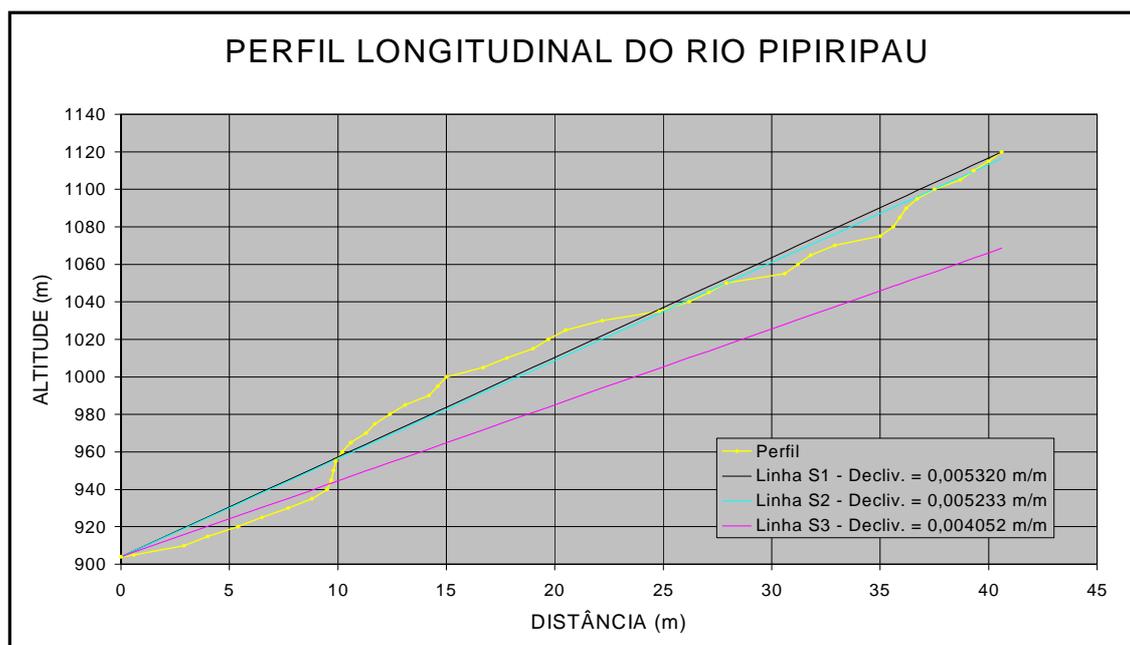


Figura B.1 – Perfil longitudinal do Ribeirão Pipiripau e representação gráfica das linhas S1, S2 e S3 (CAESB, 2001)

Razão Largura/Profundidade

Tabela B.1 – Principais características físicas do Ribeirão Pípiripau e a Razão Largura/Profundidade nos pontos Ppau1 a Ppau7 (modificado de Fernandes, 2007).

Pontos	Sigla	Coordenadas	Larg (m)	Prof (m)	Velocidade da Corrente Km/h	Razão Largura/ Profundidade
Ppau 1		15° 33' 45,5" S 47° 30' 39,7" W	4,80	1,00	Moderada a lenta	4,80
Ppau 2		15° 34' 46,8" S 47° 30' 23,0" W	4,60	0,62	Moderada a lenta	7,41
Ppau 3		15° 39' 20,2" S 47° 35' 46,4" W	6,00	0,90	Moderada a lenta	6,66
Ppau 4			4,00	2,00	Moderada a lenta	2,00
Ppau 5		15° 38' 53,8" S 47° 35' 13,9" W	8,50	1,00	Moderada a lenta	8,50
Ppau 6		15° 39' 31,2" S 47° 36' 55,1" W	7,80	1,10	Rápida	7,09
Ppau 7		15° 40' 20,8" S 47° 39' 27,1" W	6,00	0,50	Média	12,00
		MÉDIA		5,9	1,01	6,9

Tabela B.2 – Aplicação do Protocolo de Callisto *et al.* (2002) no Ribeirão Pipiripau nos pontos Ppau1 a Ppau7 (Fernandes, 2007).

Pontos Sigla	Coordenadas	Prof (m)	Larg (m)	Transp (m)	Velocidade da Corrente Km/h	Diversidade		Nível de Integridade de Habitat	Candidata à Área de Referência	Presença de Mata Ciliar	Principais Impactos
						de Habitat					
Ppau 1	15° 33' 45,5" S 47° 30' 39,7" W	1	4,8	0,75	Moderada a lenta	79		Natural	Não	Entre 50 e 70% da vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Área com pastos nas duas margens e pequena extensão de mata; solo argiloso e muita disposição de serrapilheira. Alguns galhos e troncos caídos; deposição de argila e areia nos remansos.
Ppau 2	15° 34' 46,8" S 47° 30' 23,0" W	0,62	4,6	0,62	Moderada a lenta	57		Alterado	Não	Entre 50 e 70% da vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Área de captação da CAESB. Cerrado provavelmente do tipo rupestre, área bem preservada, sem mata de galeria mas com vegetação do cerrado bem preservada, solo com horizonte lixiviado; poucas áreas de remanso; muitas rochas no leito, algumas raízes e pequenas
Ppau 3	15° 39' 20,2" S 47° 35' 46,4" W	0,9	6	0,9	Moderada a lenta	98		Natural	Sim	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal".	Alta declividade do terreno, promove grande entrada de sedimento no rio, localizado amontante de uma pequena ponte de terra batida, em área de agricultura com cultura de grãos.
Ppau 4		2	4	0,5	Moderada a lenta	48		Alterado	Não	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.	Área com remanescente de matas só em poucos pontos; área de ocupação rural; pastagem ocupando toda a margem; erosão acentuada em margem sem vegetação.
Ppau 5	15° 38' 53,8" S 47° 35' 13,9" W	1	8,5	0,5	Moderada a lenta	65		Natural	Não	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.	Mata bem preservada; com troncos e caules caídos; área de remanso com muitos galhos e troncos.
Ppau 6	15° 39' 31,2" S 47° 36' 55,1" W	1,1	7,8	1,1	Rápida	87		Natural	Não	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento todas as plantas atingindo a altura "normal"	Área com remanescente de matas só em poucos pontos; área de ocupação rural; pastagem ocupando toda a margem; erosão acentuada em margem sem vegetação.
Ppau 7	15° 40' 20,8" S 47° 39' 27,1" W	0,5	6	0,5	Média	61		Natural	Não	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.	Área com pastos nas duas margens e pequena extensão de mata; solo argiloso e muita disposição de serrapilheira. Alguns galhos e troncos caídos; deposição de argila e areia nos remansos; ponte próxima.

Diversidade dos Macroinvertebrados

Dentre os aspectos da estrutura da comunidade bentônica analisados por Fernandes (2007) estão a composição, a riqueza e diversidade de táxons, os grupos tróficos de alimentação e a abundância relativa. Segundo esse autor, no período da seca, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi composta principalmente por larvas de Odonata, representando 11,11% dos táxons identificados, seguido por Coleoptera (22,22%) e pelos Diptera, que somaram 46,67% dos táxons, sendo a família Chironomidae a mais abundante na maioria dos pontos, e responsável por 61,91% dos táxons de dípteros identificados no Ribeirão Pipiripau (Figura B. 2)

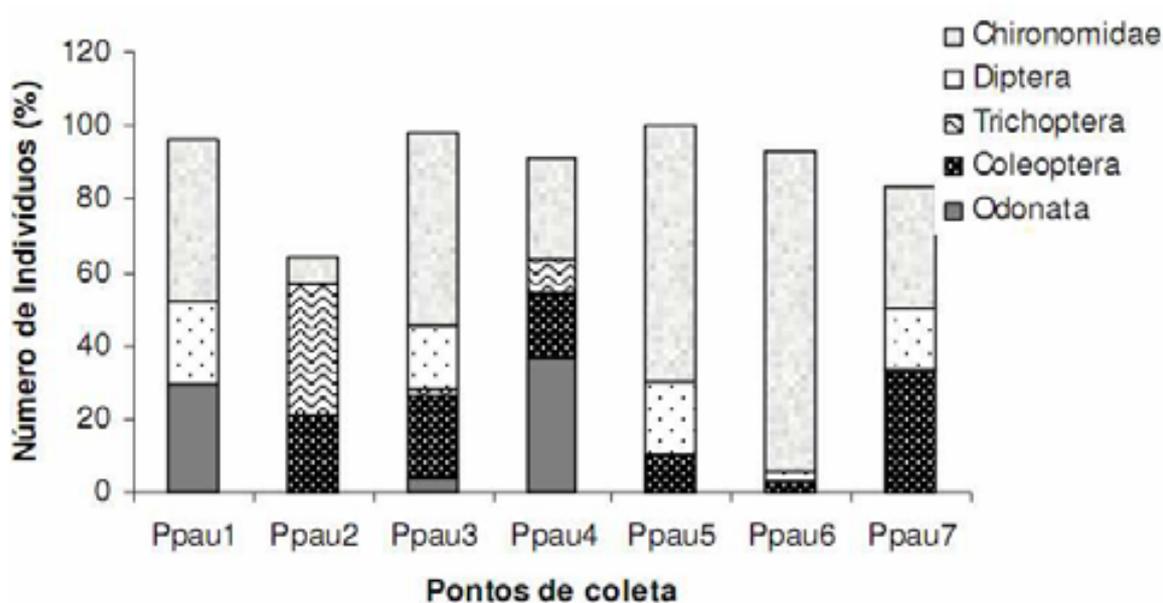


Figura B.2 – Percentagem do somatório do número de indivíduos, no período de seca, nos principais táxons registrados nos diferentes pontos de coleta de macroinvertebrados no Ribeirão Pipiripau (Fernandes, 2007).

A Figura B.3 ilustra a alteração na composição dos grupos funcionais ao longo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau com a dominância do grupo trófico coletor em quase todos os pontos amostrados. A redução dos grupos funcionais evidencia a degradação sofrida pelo ecossistema aquático devido à sedimentação, alteração da qualidade da água, e redução da entrada de material vegetal no corpo hídrico.

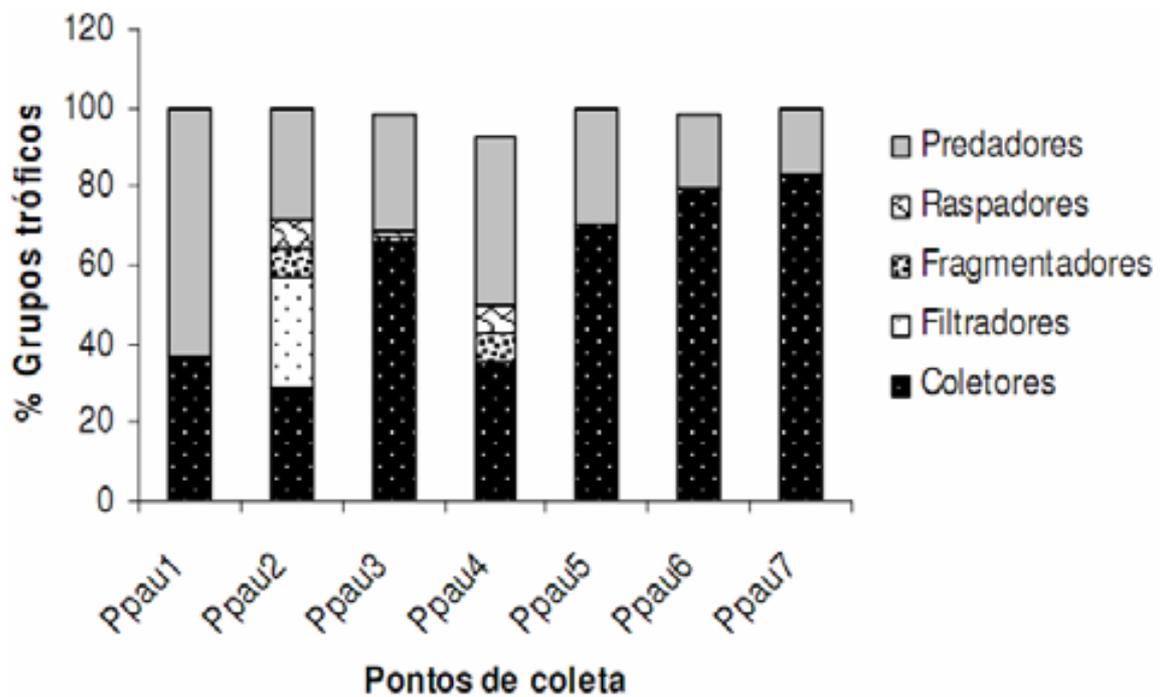


Figura B.3 – Distribuição dos grupos funcionais de alimentação entre os pontos de coleta de macroinvertebrados no Ribeirão Pipiripau (Fernandes, 2007)

Diversidade da Fauna Ripária

Na Tabela B.3 estão descritos os sítios de observação da campanha de campo, realizada no ano de 2000, ao longo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, todos apresentando atividades antrópicas em diferentes níveis.

Tabela B.3 – Descrição dos sítios amostrados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (campanha de campo realizada em 2000, Fonte: CAESB, 2001)

SÍTIO	REFERÊNCIA NOMINAL	HÁBITATS DOMINANTES	GEOMORFOLOGIA	ATIVIDADE ANTRÓPICA
1	Barragem Pipiripau	mata, cerrado rupestre, lago	morros, pequenos vales encaixados, córrego e pequena represa	Criação de gado, casas abandonadas, pomares abandonados, estrada de terra, trilhas, cascalheira, instalações da represa
2	Lagoa Artificial	mata alagada, lagoa, cerrado, vereda	Vertentes levemente inclinadas, formando um vale pouco escavado	Plantações de soja e milho, criação de gado, banho e pescaria, estrada de terra, trilhas, casas
3	Mata da Paca	mata	vertente formando um anfiteatro, levemente inclinada	Plantações de soja, estrada de terra, trilhas, extração de madeira, terraplenagem, habitações, pomares
4	Chácara do Isaías	cerrado	topo de chapada	Criação de gado, plantações de soja e milho, pomares, casas
5	Areal	cerrado	topo de chapada	Plantações de soja, criação de gado, cascalheiras, retirada de areia, estrada de terra, trilhas
6	Mata do Guariba	mata	vale pouco encaixado, com vertentes levemente inclinadas	Pastos, criações de gado, suínos e galinhas, pomar junto à mata de galeria, chácara para produção de derivados de leite, estrada de terra, trilhas

Tabela B.4 – Lista dos mamíferos de médio e grande porte registrados para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, classificados por família e espécie, com respectivos nomes comuns (modificado de CAESB, 2001)

FAMÍLIA/ESPÉCIE	NOME COMUM PARA A ESPÉCIE	SÍTIOS INVESTIGADOS					
		1	2	3	4	5	6
AGOUTIDAE							
<i>Agouti paca</i> (**)	Paca				R		
CALLITHRICHIDAE							
<i>Callithrix jacchus</i> (**)	Mico Estrela, Sagüi		A, V	A, V			
CANIDAE							
<i>Cerdocyon thous</i> (*)	Lobinho, Cachorro do mato		R				R
<i>Chrysocyon brachyurus</i> (*)	Lobo-guará		R	R	R	R, F	
<i>Lycalopex vetulus</i> (**)	Raposa				R	R, A, F	
CERVIDAE							
<i>Mazama gouazoubira</i> (**)	Veado catingueiro	R	R	A, R	R	A, R	R
<i>Ozotocerus bezoarticus</i> (*)	Veado campeiro					R	
DASYPODIDAE							
<i>Cabassous unicinctus</i> (*)	Tatú de rabo mole					C	
<i>Dasypus novemcinctus</i> (*)	Tatú galinha				R	R	
<i>Dasypus septemcinctus</i> (*)	Tatuí, Tatú bola				R, C	R	
<i>Euphractus sexcinctus</i> (*)	Tatú peba		R		R, T		
DASYPROCTIDAE							
<i>Dasyprocta</i> sp. (*)	Cutia					R	
DIDELPHIDAE							
<i>Didelphis albiventris</i> (*)	Gambá, Saruê, Mucura	A, R					
FELIDAE							
<i>Felis</i> sp. (**)	Gato do mato pequeno				R		
HYDROCHAERIDAE							
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (*)	Capivara				R		R, F
LEPORIDAE							
<i>Silvilagus brasiliensis</i> (*)	Coelho selvagem	R		R	R		
TOTAL DE ESPÉCIES/SÍTIO		3	5	6	10	7	2

Métodos de identificação:

A - avistamento; R - rastro; F - fezes; C - couro e V – vocalização.

Sítio de registro:

1 - Barragem do Pipiripau; 2 - Lagoa artificial; 3 - Mata da Paca; 4 - Chácara do Isaías; 5 - Areal; 6 - Chácara do Guariba.

(*) Espécie que ocorre também na Estação Ecológica de Águas Emendadas em lista de espécies de mamíferos não voadores de matas ribeirinhas do Distrito Federal (Marinho-Filho e Guimarães, 2001).

(**) Espécie não ocorre em nenhum dos sítios amostrados para espécies de mamíferos não voadores que ocorrem nas matas ribeirinhas do Distrito Federal (Marinho-Filho e Guimarães, 2001).

Tabela B.5 – Espécies de répteis da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pibiripau onde: L= Lagoa artificial; CA= Construção Antrópica; C=Cerrado; CM= Coletado por moradores; M=mata; R= Riacho; E=Estrada; * relato de moradores (modificado de CAESB, 2001).

ESPÉCIES	SÍTIOS INVESTIGADOS						
	1	2	3	4	5	6	7
ORDEM CHELONIA							
CHELIDAE							
<i>Phrynops cf geoffroanus</i> (*) (**) (***)		L					
ORDEM CROCODILIA							
ALLIGATORIDAE							
<i>Paleosuchus palpebrosus</i> (*) (**)		L					
ORDEM SQUAMATA							
SUB-ORDEM LACERTILIA							
ANGUIDAE							
<i>Ophiodes striatus</i> (*) (**) (***)					C*		
GEKKONIDAE							
<i>Hemidactylus mabouia</i>		CA			CA		
GYMNOPHTALMIDAE							
<i>Micrablepharus atticolus</i> (*) (***)					CM		
POLYCHROTIDAE							
<i>Polychrus acutirostris</i> (*) (**)					C*		
TEIIDAE							
<i>Ameiva ameiva</i> (*) (**) (***)	CA	CA			C	C	C
<i>Tupinambis duseni</i> (***)						C	C
<i>Tupinambis merianae</i> (*) (**) (***)						C	C
TROPIDURIDAE							
<i>Tropidurus torquatus</i> (*)	CA	CA	C		C	C	C
<i>Tropidurus oreadicus</i> (*)	CA						
SUB-ORDEM AMPHISBAENIA							
AMPHISBAENIDAE							
<i>Amphisbaena alba</i>					C*		
SUB-ORDEM OPHIDIA							
BOIDAE							
<i>Boa constrictor</i> (*)		L*					
<i>Eunectes murinus</i> (*)	R*	L*					
COLUBRIDAE							
<i>Mastigodryas bifossatus</i> (*)					CM		
<i>Oxyrhopus trigeminus</i> (*)		CM			CM		
<i>Philodryas olfersii</i>					CM		
<i>Philodryas patogeniensis</i>						E	
<i>Sibynomorphus mikanii</i> (*)		CM			CM		
<i>Waglerophis merremi</i> (*)					CM		
ELAPIDAE							
<i>Micrurus sp</i>					C*		
LEPTOTYPHLOPIDAE							
<i>Leptotyphlops sp</i>						C	
VIPERIDAE							
<i>Bothrops moojeni</i> (*)		C*			CM		
<i>Bothrops neuwiedi</i>		C*			CM		
<i>Crotalus durisus</i>	C*	C*			C*		C*
TOTAL DE ESPÉCIES/ SÍTIO	5	12	1	0	16	6	5

Sítio de registro:

1 - Barragem do Pibiripau; 2 - Lagoa artificial; 3 - Mata da Paca; 4 - Chácara do Isaías; 5 - Areal; 6 - Chácara do Guariba; 7- Barragem do Pibiripau

(*) Espécie usuária de habitat de mata de galeria em estudo de Brandão e Araújo (2001).

(**) Espécie usuária de habitat de vereda em estudo de Brandão e Araújo (2001).

(***) Espécie usuária de habitat de Campo Úmido/Campo Rupestre/Campo Sujo em estudo de Brandão e Araújo (2001).

Tabela B.6 – Anfíbios amostrados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau onde: P= Poça temporária; M= Mata; CU= Campo Úmido; V= Vereda; R= Riacho; L= Lagoa Artificial; C= Cerrado; * relato de moradores (modificado de CAESB, 2001).

ESPÉCIES E FAMÍLIA/ SÍTIOS	SÍTIOS INVESTIGADOS						
	1	2	3	4	5	6	7**
BUFONIDAE							
<i>Bufo paracnemis</i> (*) (**) (***)	C	C	C	C	C/P		
CAECILIDAE							
<i>Syphonops paulensis</i> (*) (***)					C*		
DENDROBATIDAE							
<i>Ameerega flavopicta</i> (*) (***)	R						
HYLIDAE							
<i>Aplastodiscus pervirides</i> (*)						M	
<i>Hyla albopunctata</i> (*) (**) (***)	P	P/L	M/P	M	M	P/CU	P
<i>Hyla minuta</i> (**) (***)	P	P/L	P		P	P/CU	P
<i>Hyla rubicundula</i> (**) (***)		P/L	P		P	P/CU	
<i>Phyllomedusa hipochondrialis</i> (*) (**) (***)	P	P	P		P	CU	
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (**) (***)		P	P				P
<i>Scinax fuscovarius</i> (*) (**) (***)	P	P/L	P		P	P/CU	
<i>Scinax</i> sp1 (*)		P					
<i>Scinax</i> sp2 (*)			P				
LEPTODACTYLIDAE							
<i>Leptodactylus furnarius</i> (**) (***)	P	V	P		P	CU	
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (*) (**) (***)	P	P	P		P		
<i>Leptodactylus ocellatus</i> (*) (**) (***)		P			P		
<i>Odontophrynus salvatori</i>		V					
<i>Physalaemus centralis</i> (**) (***)	P	P/L	P		P	P	
<i>Physalaemus cuvieri</i> (*) (**) (***)	P	P/L	P		P	P	P
<i>Physalaemus fuscomaculatus</i> (**) (***)		P	P		P		
<i>Pseudopaludicola ameghini</i> (**) (***)		V					
<i>Pseudopaludicola saltica</i> (**) (***)		V	R				
MICROHYLIDAE							
<i>Elachistocleis cf bicolor</i> (**) (***)	P		P				
TOTAL DE ESPÉCIES/SÍTIO	11	17	15	2	13	9	4

** Sítio investigado somente para anfíbios.

(*) Espécie encontrada em listagem de anfíbios do Distrito Federal usuária de hábitat de mata de galeria em estudo de Brandão e Araújo (2001).

(**) Espécie encontrada em listagem de anfíbios do Distrito Federal usuária de hábitat de vereda em estudo de Brandão e Araújo (2001).

(***) Espécie encontrada em listagem de anfíbios do Distrito Federal usuária de hábitat de Campo Limpo Úmido/Campo Limpo e Campo Rupestre em estudo de Brandão e Araújo (2001).

Tabela B.7 – Avifauna amostrada na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, Distrito Federal (CAESB, 2001).

ESPÉCIES / SÍTIOS	1	2	3	4	5	6
TINAMIFORMES						
Tinamidae (4)						
<i>Crypturellus undulatus</i>				X		
<i>Crypturellus parvirostris</i>		X	X		X	X
<i>Rhynchotus rufescens</i>		X				
<i>Nothura maculosa</i>		X				
CICONIIFORMES						
Ardeidae (2)						
<i>Casmerodius albus</i>	X	X				X
<i>Nycticorax nycticorax</i>		X				
Threskiornithidae (2)						
<i>Theristicus caudatus</i>		X	X			X
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>		X				
Cathartidae (1)						
<i>Coragyps atratus</i>	X	X				X
FALCONIFORMES						
Accipitridae (4)						
<i>Elanus leucurus</i>	X	X				X
<i>Gampsonyx swainsonii</i>	X					
<i>Rupornis magnirostris</i>	X	X	X		X	X
<i>Buteogallus meridionalis</i>		X				
Falconidae (4)						
<i>Herpetotheres cachinnans</i>		X				X
<i>Milvago chimachima</i>		X				
<i>Polyborus plancus</i>		X				
<i>Falco sparverius</i>		X				
Rallidae (3)						
<i>Rallus nigricans</i>						
<i>Laterallus viridis</i>		X	X			
<i>Porzana albicollis</i>				X		
Cariamidae (1)						
<i>Cariama cristata</i>				X		
CHARADRIIFORMES						
Charadriidae (1)						
<i>Vanellus chilensis</i>		X	X		X	X
COLUMBIFORMES						
Columbidae (4)						
<i>Columba picazuro</i>		X				X
<i>Columba cayennensis</i>			X		X	
<i>Columbina talpacoti</i>	X	X	X		X	
<i>Scardafella squammata</i>	X		X			
PSITTACIFORMES						
Psittacidae (7)						
<i>Ara ararauna</i>		X				
<i>Orthopsittaca manilata</i>			X		X	
<i>Aratinga aurea</i>			X		X	
<i>Forpus xanthopterygius</i>	X	X				
<i>Brotogeris chiriri</i>		X				X
<i>Amazona xanthops EN</i>				X		
<i>Amazona aestiva</i>			X		X	

Tabela B.7 – Avifauna amostrada na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau – continuação (CAESB, 2001)

ESPÉCIES / SÍTIOS	1	2	3	4	5	6
CUCULIFORMES						
<i>Crotophaga ani</i>	X		X		X	
<i>Guira guira</i>	X		X		X	
STRIGIFORMES						
Tytonidae (1)						
<i>Tyto alba</i>				X		
Strigidae (2)						
<i>Speotyto cunicularia</i>				X		
<i>Asio flammeus</i>		X				
CAPRIMULGIFORMES						
Nyctibiidae (1)						
<i>Nyctibius griseus</i>		X				X
Caprimulgidae (2)						
<i>Chordeiles acutipennis</i>		X				X
<i>Nyctidromus albicollis</i>			X			
APODIFORMES						
Apodidae (1)						
<i>Reinarda squamata</i>			X		X	
Trochilidae (2)						
<i>Phaetornis pretrei</i>	X					
<i>Colibri serrirostris</i>	X					
CORACIFORMES						
Alcedinidae (1)						
<i>Chloroceryle amazona</i>		X				
PICIFORMES						
Galbulidae (1)						
<i>Galbula ruficauda</i>		X				X
Picidae (5)						
<i>Picumnus albosquamatus</i>		X	X		X	X
<i>Colaptes campestris</i>			X		X	
<i>Colaptes melanochloros</i>		X				X
<i>Melanerpes candidus</i>		X	X		X	
<i>Veniliornis passerinus</i>			X			
PASSERIFORMES						
Rhinocryptidae (1)						
<i>Melanopareia torquata</i>		X				
Thamnophilidae (4)						
<i>Taraba major</i>		X	X		X	X
<i>Thamnophilus doliatus</i>		X				X
<i>Thamnophilus torquatus</i>		X				
<i>Herpsilochmus atricapillus</i>			X		X	

Presença de Espécies Ameaçadas de Flora

Tabela B.8 – Espécies nativas de Mata de Galeria amostradas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piri-piripau (modificado de CAESB, 2001)

NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA	CATEGORIA PARA FAMÍLIAS SEGUNDO ESTUDO SILVA JÚNIOR et al. (2001)
<i>Diospyros sericea</i> A. DC. *(3) **(6)	EBENACEAE	Freqüente
<i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl) Engl. *(1) ***(3)	PROTEACEAE	Freqüente
<i>Guarea</i> sp. *(3) **(5)	MELIACEAE	Freqüente
<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook. f.) Prance *(3) ***(8)	CHRYSOBALANACEAE	Freqüente
<i>Ilex conocarpa</i> Reisseck *(4) **(15)	AQUIFOLIACEAE	Ocasional
<i>Inga pubens</i> (*) (**)	LEGUMINOSAE MIMOSOIDEAE.	Abundante
<i>Mauritia flexuosa</i> L.	PALMAE	Família não incluída no estudo
<i>Miconia</i> sp. *(13) **(49)	MELASTOMATACEAE	Comum
<i>Piptadenia communis</i> Benth. *(1) ***(2) (= <i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr)	LEGUMINOSAE MIMOSOIDEAE	Abundante
<i>Protium</i> sp. *(3) ***(9)	BURSERACEAE	Freqüente
<i>Pseudobombax</i> sp. *(3) ***(3)	BOMBACACEAE	Ocasional
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns *(3) ***(3)	BOMBACACEAE	Ocasional
<i>Qualea multiflora</i> Mart. *(3) ***(11)	VOCHYSIACEAE	Freqüente
<i>Richeria</i> sp. *(1) ***(5)	EUPHORBIACEAE	Comum
<i>Salacia elliptica</i> (Mart.) G. Don *(2) ***(3)	HIPPOCRATEACEAE	Comum
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel var. <i>subvelutinum</i> *(2) ***(5)	LEGUMINOSAE CAESALPINOIDEAE	Abundante
<i>Simarouba amara</i> Aubl. *(2) ***(2)	SIMAROUBACEAE	Ocasional
<i>Smilax</i> sp. (*) ***(9)	SMILACACEAE	Família não encontrada no estudo
<i>Styrax</i> sp. *(5) ***(4)	STYRACACEAE	Freqüente
<i>Syagrus flexuosa</i>	PALMAE	Família não incluída no estudo
<i>Tabebuia</i> sp. *(5) ***(11)	BIGNONIACEAE	Freqüente
<i>Tibouchina granulosa</i> (*) (**)	MELASTOMATACEAE	Comum
<i>Virola sebifera</i> Aubl. *(2) ***(4)	MYRISTICACEAE	Comum
<i>Vochysia pyramidalis</i> Mart. *(4) ***(10)	VOCHYSIACEAE	Freqüente
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart. *(4) ***(10)	VOCHYSIACEAE	Freqüente
<i>Xylopia</i> sp. *(3) ***(6)	ANNONACEAE	Abundante
<i>Xilopia aromatica</i> Lam. (*) ***(6)	ANNONACEAE	Abundante
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. *(2) ***(2)	RUTACEAE	Ocasional

*() Nº de espécies do Gênero listado encontradas em análise da flora arbórea de Matas de Galeria no Distrito Federal – 21 levantamentos (Silva Júnior et al., 2001).

***() Nº de espécies do Gênero listado encontradas em estudo da flora fanerogâmica de Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central (Felfili, et al., 2001).

(*) Espécie não encontrada em estudo de Silva Júnior et al. (2001).

(**) Espécie não encontrada em estudo de Felfili, et al. (2001).

Tabela B.8 – Espécies nativas de Mata de Galeria amostradas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (continuação) (modificado de CAESB, 2001)

NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA	CATEGORIA PARA FAMÍLIAS SEGUNDO ESTUDO SILVA JÚNIOR et al. (2001)
<i>Annona</i> sp. (*) ** (4)	ANNONACEAE	Abundante
<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb. * (1) (**)	GUTTIFERAE	Freqüente
<i>Cecropia</i> sp. * (2) ** (4)	CECROPIACEAE	Freqüente
<i>Cheilochlinum</i> sp. * (1) ** (1)	HIPPOCRATEACEAE	Comum
<i>Clusia cruiva</i> (*) (**)	GUTTIFERAE	Freqüente
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. * (1) ** (2)	LEGUMINOSAE CAESALPINOIDEAE	Abundante

Tabela B.9 Categorias e critérios criados pela IUCN para identificação de espécies ameaçadas (modificado de <http://pt.Wikipédia. Org>)

CATEGORIAS E CRITÉRIOS DE 2001 (VERSÃO 3.1)	DESCRIÇÃO
Categorias de baixo risco	
	<p>Segura ou pouco preocupante (LC ou LR/lc): categoria de risco mais baixo. Não qualificável para uma categoria de maior risco. Taxones abundantes e amplamente distribuídos são incluídos nesta categoria.</p> <p>Quase ameaçada (NT ou LR/nt): perto de ser classificada ou provavelmente qualificável para ser incluída numa das categorias de ameaça num futuro próximo.</p> <p>Dependente de medidas de conservação (LR/cd): realce para um continuado programa de conservação, específico para um determinado taxon ou habitat. A cessação desse programa poderá levar a que o taxon qualifique para uma das categorias de ameaça listadas abaixo, num período de cinco anos.</p>
<p><i>Não é atualmente um categoria utilizada na Lista Vermelha</i></p>	
Categorias de ameaça	
	<p>Vulnerável (VU): considerada como estando a sofrer um risco elevado de extinção na natureza.</p> <p>Em perigo (EN), considerada como estando a sofrer um risco muito elevado de extinção na natureza.</p> <p>Em perigo crítico (CR): considerada como estando a sofrer um risco extremamente elevado de extinção na natureza.</p>
Outras Categorias	
	<p>Extinta na natureza (EW), apenas conhecida como sobrevivendo por cultivo, em cativeiro ou como população naturalizada, fora da sua área de distribuição conhecida.</p> <p>Dados insuficientes (DD), informação inadequada para fazer assessoria directa ou indirecta do risco de extinção.</p> <p>Não avaliada (NE): Não foi ainda avaliada em função dos critérios.</p> <p>Possivelmente extinta (PE): uma categoria dada pela <i>BirdLife International</i>. Subcategoria de <i>Em perigo crítico</i> (CR).</p> <p>Possivelmente extinta na natureza (PEW): termo usado na Lista Vermelha da IUCN. Subcategoria de <i>Em perigo crítico</i> (CR).</p> <p>Extinct (EX): não existe dúvida razoável que o último indivíduo morreu.</p>

C – DEPENDÊNCIA ECONÔMICA – De

Tabela C.1 – Problemas e propostas relacionados à Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipuripau, sob a ótica dos produtores rurais da Associação de Produtores Rurais do Núcleo Santos Dumont (CAESB, 2001).

TEMAS	PROBLEMAS	PROPOSTAS
Desperdício de água do Canal Santos Dumont	<ul style="list-style-type: none"> • Vazamentos; • Problemas de manutenção; • Perda por evaporação; • Captação da CAESB; • Bicos de pato danificados; • Perdas por infiltração no sumidouro de água do canal; • Distribuição irregular e desorganizada de água; • Os usuários não respeitam as decisões do condomínio; • Falta de união entre usuários; • Infrações; • Alto custo da conservação do canal; • Não é cobrada taxa de condomínio pelo uso da água; • Falta de revestimento no canal; • Vegetação excessiva nas margens do canal e de seus secundários. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação do canal com seu revestimento ou tubulação da água; • Criação e pagamento de taxas de condomínio pelo uso da água; • Armazenamento e monitoramento da água utilizada; • Controle do desperdício nas chácaras; • Definição de cotas de água para cada usuário; • Limitação da quantidade de água para a CAESB; • Participação mais efetiva dos membros da associação de usuários; • Respeito ao Estatuto; • Obediência das decisões tomadas em grupo; • Recuperação do canal com correção dos vazamentos existentes nos reservatórios das chácaras; • Aplicar controle de vazão; • Fortalecimento do condomínio; • Apoio institucional; • Cercamento do canal.
Possibilidades de corte da água por falta de pagamento da taxa do condomínio para conservação do canal	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de pagamento; • Abandono do GDF com relação à conservação do canal, em funcionamento há 15 anos, o que determina a falta de água em algumas chácaras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estipular valores e determinar o pagamento por boleto bancário; • Cobrança justa pela água; • Reformulação do regimento do Condomínio, visando criar penalidades e obrigações para os usuários da água.

Tabela C.1 – Problemas e propostas relacionados à Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau sob a ótica dos produtores rurais da Associação de Produtores Rurais do Núcleo Santos Dumont (continuação) CAESB (2001).

TEMAS	PROBLEMAS	PROPOSTAS
Distribuição da água para os moradores do Núcleo Rural Santos Dumont	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de organização, conscientização e participação no gerenciamento do canal; • Falta de padronização e limitação do uso da água e controle da distribuição; • Falta de água para produtores dependentes da água da parte final do canal; • Desperdício de água pelos moradores localizados a montante do canal; • Fiscalização externa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso da água segundo plano de utilização relativo às necessidades de cada usuário; • Realização de estudos para atendimento satisfatório da demanda de água; • Padronização e delimitação do uso; • Órgão governamental dando apoio às normas do condomínio; • Distribuição eqüitativa da água; • Conservação e reflorestamento das margens do Pipiripau, afluentes e nascentes.
Fortalecimento da Associação de Produtores e do Condomínio do canal	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de união, organização e de participação entre usuários; • Ausência de interesse em ajudar na manutenção do canal e nas atividades da Associação; • Ninguém quer assumir ou ajudar no comando da Associação de Usuários; • Falta de participação dos usuários nas reuniões; • Falta participação financeira para manter os serviços essenciais da Associação e do Condomínio. 	<ul style="list-style-type: none"> • União; • Pagamento de mensalidades; • Participação dos usuários no gerenciamento do canal; • Participação dos usuários nas atividades do Núcleo Rural; • Apoio governamental; • Realização de estudos para verificar a possibilidade de contratar administração para o condomínio; • Reformulação do regimento do Condomínio, criando taxas de utilização da água e penalidades para os não pagadores.
Alternativas de modificação do sistema de irrigação atual	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigação por gravidade; • Irrigação por sulco. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de tecnologia mais moderna; • (um dos três grupos não abordou este problema); • Incentivar a mudança do sistema de irrigação atual para o de gotejamento ou microaspersão
Gasto desnecessário de água	<ul style="list-style-type: none"> • Uso indefinido e abuso; • Falta de estrutura de uso; • Falta de tecnologia de irrigação; • Infiltração nos reservatórios; • Uso de técnicas de irrigação como gravidade e sulcos e falta de orientação técnica para modificação; • As entradas de água não são fechadas quando os tanques estão cheios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Canalizar e definir cota para o revestimento e manutenção do canal; • Revestimento dos reservatórios para impermeabilização; • Busca de tecnologias alternativas para irrigação; • Revestimento do canal; • Controle da entrada de água em cada propriedade; • Financiamento a baixo custo para a substituição da irrigação tradicional por sistemas mais econômicos; • Instalação de registro de entrada de água em cada propriedade.