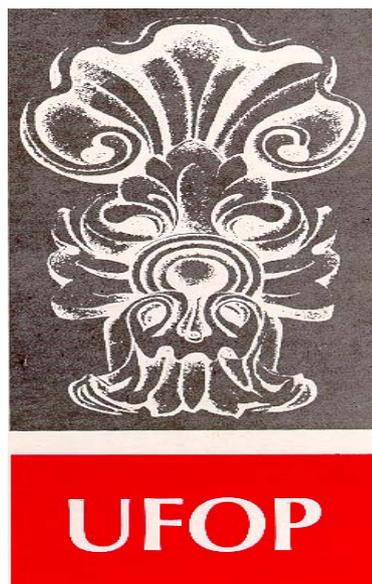


**ADEQUAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO  
RÁPIDA PARA O MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO  
AMBIENTAL DE CURSOS D'ÁGUA INSERIDOS EM  
CAMPOS RUPESTRES**

---





## **FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

*Reitor*

João Luiz Martins

*Vice-Reitor*

Antenor Barbosa Junior

*Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação*

Tanus Jorge Nagem

### **ESCOLA DE MINAS**

*Diretor*

José Geraldo Arantes de Azevedo Brito

*Vice-Diretor*

Marco Túlio Ribeiro Evangelista

### **DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

*Chefe*

Selma Maria Fernandes



## EVOLUÇÃO CRUSTAL E RECURSOS NATURAIS

**CONTRIBUIÇÕES ÀS CIÊNCIAS DA TERRA – VOL. 54**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Nº 266**

**ADEQUAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA PARA  
O MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE CURSOS  
D'ÁGUA INSERIDOS EM CAMPOS RUPESTRES**

**Aline Sueli de Lima Rodrigues**

*Orientador*

**Paulo de Tarso Amorim Castro**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Naturais, Área de Concentração: Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais

**OURO PRETO**

**2008**

---

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>  
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>  
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>  
Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais  
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita  
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais  
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606 e-mail: [pgrad@degeo.ufop.br](mailto:pgrad@degeo.ufop.br)

Os direitos de tradução e reprodução reservados.  
Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

ISSN 85-230-0108-6

Depósito Legal na Biblioteca Nacional

Edição 1ª

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do  
Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

R696a Rodrigues, Aline Sueli de Lima.  
Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres [manuscrito]  
/ Aline Sueli de Lima Rodrigues.  
  
xxvii, 118 f. : il. color.; graf.; tabs.; mapas. (Contribuições às ciências da terra, Série M, v. 54, n. 266.)  
ISSN: 85-230-0108-6  
  
Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro.  
  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia. Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais.  
  
1. Geologia ambiental - Teses. 2. Rios - Teses. 3. Parque Estadual do Itacolomi (Ouro Preto, MG) - Teses. I. Universidade Federal de Ouro Preto.  
II. Título.

Catálogo: [sisbin@sisbin.ufop.br](mailto:sisbin@sisbin.ufop.br)

*“É ocioso pensar sobre o justo e o injusto, o certo e o errado e os feitos passados.  
O útil é analisar e, se possível, extrair uma lição para o futuro”.*  
*(Mahatma Gandhi)*



*Dedico esse trabalho ao meu amado  
Guilherme, que me mostra todos os dias o  
quanto o amor vale a pena.*



## Agradecimentos

---

Viver e contemplar o fim de uma caminhada, sentindo que ao final dela tudo parece mais claro e tranquilo!

Sou eternamente grata a Deus, por ser a *condição referência* que me guia.

Ao Professor Paulo de Tarso, meu exemplo e mentor nas etapas de estruturação deste trabalho, por ser meu *referencial teórico* e por me fazer acreditar que posso ir muito além.

Ao *parâmetro* insubstituível do meu *protocolo* chamado vida: minha família. Àqueles que mesmo longe sempre estiveram tão perto. Aos meus pais Jonas e Maria, pelas inúmeras vezes que abriram mão de seus sonhos em função dos meus, por terem acreditado em mim e me dado todo amor e carinho possíveis. Ao meu irmão Júnior pelo carinho, cumplicidade e incentivos. Amo vocês!

Ao meu amor Guilherme, por me apoiar e me fazer acreditar que todos os sacrifícios seriam recompensados, pelo amor e dedicação durante esta etapa e por todos os sonhos que ainda realizaremos juntos. Te amo muito!

Aos *parâmetros* Érika e Alexandre pela amizade e apoio nos momentos difíceis. MUITÍSSIMO obrigada por tudo.

Aos demais amigos, que compuseram um conjunto de *parâmetros* importantes na realização deste trabalho, em especial Juber, Júlia Paula, Leila, Luanda e Juliana.

Aos *voluntários* da oficina de monitoramento, em especial ao Romim e ao Tiago.

Aos companheiros de sala e funcionários do DEGEO pela agradável convivência diária.

Aos estimados secretários da Pós-graduação Edson e Aparecida, pela atenção dispensada a todos que em algum instante necessitam de seus préstimos.

À Professora Auxiliadora por ter sempre na sua agenda espaço para ajudar os outros, obrigada pelo privilégio de poder compartilhar sua sabedoria e humildade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação do DEGEO pela oportunidade. E ao CNPq pela concessão da bolsa.

Por fim agradeço a todos que de alguma forma estiveram comigo nesta etapa e que me serviram de apoio e suporte possibilitando a conclusão deste trabalho.

*Muito obrigada a todos!!!*



# Sumário

---

|  |              |
|--|--------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS .....</b>                                  | <b>xvii</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>                                   | <b>xxi</b>   |
| <b>LISTA DE QUADROS .....</b>                                  | <b>xxiii</b> |
| <b>RESUMO .....</b>  | <b>xxv</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>xxvii</b> |
| <br>   |              |
| <b>CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>               | <b>01</b>    |
| 1.1 – Perspectiva histórica dos estudos de rios .....          | 01           |
| 1.2 – O ecossistema lótico e suas características.....         | 02           |
| 1.3 – Uma visão holística sobre os ecossistemas fluviais ..... | 04           |
| 1.4 – Definindo e medindo a “saúde” de um rio .....            | 06           |
| 1.5 – Protocolos de Avaliação Rápida de Rios .....             | 08           |
| 1.5.1 - Histórico .....  | 08           |
| 1.5.2 - Características do método.....                         | 09           |
| 1.5.3 - Adaptação para diferentes regiões .....                | 10           |
| 1.5.4 - Aplicação .....  | 10           |
| 1.5.5 - Aspectos positivos .....                               | 11           |
| 1.6 – Objetivos .....  | 13           |
| 1.6.1 - Objetivo geral .....                                   | 13           |
| 1.6.2 - Objetivos específicos .....                            | 13           |
| <br>   |              |
| <b>CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>    | <b>15</b>    |
| 2.1 – Localização geográfica da área de estudo .....           | 15           |
| 2.1.1 - Histórico do Parque Estadual do Itacolomi .....        | 16           |
| 2.2 – Aspectos geológicos .....                                | 17           |
| 2.1.1 - Geologia regional .....                                | 17           |
| 2.1.2 - Geologia local.....                                    | 18           |
| 2.3 – Aspectos geomorfológicos e pedológicos .....             | 20           |
| 2.4 – Aspectos hidrográficos .....                             | 21           |
| 2.5 – Aspectos climatológicos e fitofisionômicos.....          | 22           |
| 2.5.1 - Campo rupestre.....                                    | 24           |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO III – MÉTODOS E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO.....</b>  | <b>27</b> |
| 3.1 – Levantamento bibliográfico e cartográfico da área de estudo .....   | 29        |
| 3.1.1 - Identificação e seleção dos trechos de cursos d’água na área de estudo.....                                   | 30        |
| 3.2 – Aplicação do protocolo modelo.....  | 31        |
| 3.3 – Avaliação da aplicabilidade do protocolo adequado .....   | 32        |
| 3.3.1 - A participação dos voluntários.....   | 32        |
| 3.3.2 - Oficina de monitoramento ambiental: convocação e treinamento dos voluntários .....                            | 33        |
| 3.4 – Consolidação do protocolo .....   | 34        |
| 3.4.1 - Análise estatística.....  | 35        |
| 3.5 – Avaliação ambiental de trechos selecionados na área de estudo .....   | 35        |
| <b>CAPÍTULO IV – DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO .....</b>   | <b>37</b> |
| 4.1 – O protocolo modelo de Barbour <i>et al.</i> (1999) .....  | 38        |
| 4.2 – Resultados da aplicação do protocolo modelo.....  | 40        |
| 4.3 – Adequação do protocolo modelo à região de estudo .....  | 42        |
| 4.3.1 - Parâmetro 1: Substratos e/ou <i>habitats</i> disponíveis .....  | 44        |
| 4.3.2 - Parâmetro 2: Substratos em poços .....  | 46        |
| 4.3.3 - Parâmetro 3: Soterramento .....   | 47        |
| 4.3.4 - Parâmetro 4: Regime de velocidade/profundidade .....  | 49        |
| 4.3.5 - Parâmetro 5: Diversidade de poços.....  | 50        |
| 4.3.6 - Parâmetro 6: Deposição de sedimentos .....  | 52        |
| 4.3.7 - Parâmetro 7: Condições de escoamento do canal .....   | 54        |
| 4.3.8 - Parâmetro 8: Alterações do canal.....   | 56        |
| 4.3.9 - Parâmetro 9: Sinuosidade do canal .....   | 57        |
| 4.3.10 - Parâmetro 10: Frequência de corredeiras.....   | 59        |
| 4.3.11 - Parâmetro 11: Estabilidade das margens .....   | 60        |
| 4.3.12 - Parâmetro 12: Proteção das margens pela vegetação.....   | 61        |
| 4.3.13 - Parâmetro 13: Estado de conservação da vegetação do entorno.....   | 63        |
| 4.4 – Análise comparativa entre os diferentes protocolos existentes e o protocolo proposto no presente trabalho ..... | 65        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO V – CONSOLIDAÇÃO DO PROTOCOLO.....</b>   | <b>71</b>  |
| 5.1 – Oficina de monitoramento ambiental.....  | 71         |
| 5.2 – Resultados obtidos na etapa prática da oficina.....  | 72         |
| 5.2.1 - Aplicação do PAR em um trecho de rio de alto curso.....  | 72         |
| 5.2.2 - Aplicação do PAR em um trecho de rio de baixo curso.....   | 78         |
| 5.3 – Análise do questionário respondido pelos voluntários.....  | 82         |
| 5.4 – Avaliação ambiental de trechos de rios selecionados na área estudada através da aplicação do protocolo adequado..... | 85         |
| 5.4.1 - Avaliações dos trechos localizados em área urbana.....   | 85         |
| 5.4.2 - Avaliações dos trechos localizados no interior do PEIT.....  | 87         |
| 5.4.3 - Avaliações dos trechos localizados fora do PEIT.....   | 89         |
| <b>CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>93</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>97</b>  |
| <b>ANEXO I – PROTOCOLO MODELO DE BARBOUR <i>et al.</i> (1999).....</b>   | <b>105</b> |
| <b>ANEXO II – QUESTIONÁRIO DA OFICINA DE MONITORAMENTO.....</b>  | <b>109</b> |
| <b>ANEXO III – PROTOCOLO ADAPTADO.....</b>   | <b>113</b> |
| <b>BANCA EXAMINADORA (<i>Ficha de Aprovação</i>).....</b>  | <b>119</b> |



## Lista de figuras

---

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.1</b> - Organização hierárquica dos sistemas fluviais.....  | 03 |
| <b>Figura 1.2</b> - Analogia entre as ferramentas de diagnóstico para avaliação da saúde e um homem e de um rio .....   | 05 |
| <b>Figura 2.1</b> - Mapa geográfico de localização da área de estudo e limites do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG.....  | 15 |
| <b>Figura 2.2</b> - Localização da área de estudo no contexto do Quadrilátero Ferrífero .....   | 17 |
| <b>Figura 2.3</b> - Mapa geológico do Parque Estadual do Itacolomi .....  | 19 |
| <b>Figura 2.4</b> - Mapa da rede hidrográfica do Parque Estadual do Itacolomi e arredores .....   | 22 |
| <b>Figura 2.5</b> - Fitofisionomias de campos rupestres encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG.....   | 25 |
| <b>Figura 3.1</b> - Fluxograma referente às etapas pré-definidas para a realização do presente trabalho .....   | 28 |
| <b>Figura 3.2</b> - Mapa de localização dos pontos utilizados na execução das propostas do presente trabalho .....  | 30 |
| <b>Figura 3.3</b> - Aplicação do protocolo modelo de Barbour <i>et al.</i> (1999) em dois diferentes trechos no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG.....  | 31 |
| <b>Figura 3.4</b> - Parte teórica da oficina de monitoramento ambiental oferecida aos voluntários ...   | 33 |
| <b>Figura 3.5</b> - Aplicação do protocolo adaptado em dois diferentes trechos do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG.....  | 34 |
| <b>Figura 4.1</b> - Relação entre a qualidade física do <i>habitat</i> e a condição biológica de um ecossistema aquático.....   | 39 |
| <b>Figura 4.2</b> - Variação das pontuações atribuídas aos parâmetros analisados nos diferentes trechos selecionados .....  | 41 |
| <b>Figura 4.3</b> - Condições “referência” encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG.....  | 45 |
| <b>Figura 4.4</b> - Diferentes situações, relativas ao parâmetro “ <i>substratos nos poços</i> ”, observadas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG ..... | 47 |
| <b>Figura 4.5</b> - Diferentes situações, relativas ao parâmetro “ <i>soterramento</i> ”, observadas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG. ....         | 48 |
| <b>Figura 4.6</b> - Diversidade de poços encontrada em um trecho do interior do Parque Estadual do Itacolomi, considerada “ótima”, em relação a este parâmetro.....             | 51 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 4.7</b> - Duas situações relativas à “ <i>deposição de sedimentos</i> ” em trechos no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG .....  | 52 |
| <b>Figura 4.8</b> - Situações encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG, ambas em período chuvoso.....  | 55 |
| <b>Figura 4.9</b> - Diferentes alterações no canal em dois trechos de rios.....  | 56 |
| <b>Figura 4.10</b> - Diferentes condições referentes ao parâmetro “ <i>sinuosidade do canal</i> ”, em trechos de baixo curso, observados na área de estudo.....  | 58 |
| <b>Figura 4.11</b> - Situações ambientais relativas à “ <i>freqüência de corredeiras</i> ” encontradas em trechos do interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG .....   | 60 |
| <b>Figura 4.12</b> - Diferentes situações ambientais relativas à “ <i>estabilidade das margens</i> ” encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG .....  | 61 |
| <b>Figura 4.13</b> - Condições encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG.....   | 63 |
| <b>Figura 4.14</b> - Condições encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG, em trechos de baixo curso, onde é avaliado o “ <i>estado de conservação da vegetação do entorno</i> ” .....   | 65 |
| <b>Figura 5.1</b> - Distribuição dos 42 participantes da oficina de monitoramento ambiental em relação aos cursos de graduação dos mesmos.....   | 72 |
| <b>Figura 5.2</b> - Aplicação do PAR, pelos voluntários, no trecho de rio de alto curso no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG .....   | 73 |
| <b>Figura 5.3</b> - Variação da pontuação atribuída aos parâmetros analisados pelos voluntários em um trecho de rio de alto curso, no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG .....  | 74 |
| <b>Figura 5.4</b> - Condições ambientais atribuídas pelos 21 voluntários referentes aos parâmetros (1) “ <i>Substratos e/ou habitats disponíveis</i> ”, (2) “ <i>Soterramento</i> ”, (3) “ <i>Regime de velocidade/profundidade</i> ”, (4) “ <i>Deposição de sedimentos</i> ”, (5) “ <i>Condição de escoamento do canal</i> ”, (6) “ <i>Alteração do canal</i> ”, (7) “ <i>Freqüência das corredeiras</i> ”, (8) “ <i>Estabilidade das margens</i> ”, (9) “ <i>Proteção das margens pela vegetação</i> ” e (10) “ <i>Estado de conservação da vegetação do entorno</i> ” ..... | 75 |
| <b>Figura 5.5</b> - Teste de variância dos dados obtidos da aplicação do PAR em um trecho de alto curso no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG.....  | 77 |
| <b>Figura 5.6</b> - Aplicação do PAR, pelos voluntários, no trecho de rio de baixo curso no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG .....  | 78 |
| <b>Figura 5.7</b> - Variação da pontuação atribuída aos parâmetros analisados pelos 21 voluntários, em um trecho de baixo curso, no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG .....  | 79 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 5.8</b> - Condições ambientais atribuídas pelos 21 voluntários referentes aos parâmetros (1) “ <i>Substratos e/ou habitats disponíveis</i> ”, (2) “ <i>Substratos em poços</i> ”, (3) “ <i>Regimes de velocidade/profundidade</i> ”, (4) “ <i>Diversidade de poços</i> ”, (5) “ <i>Deposição de sedimentos</i> ”, (6) “ <i>Condições de escoamento do canal</i> ”, (7) “ <i>Alterações do canal</i> ”, (8) “ <i>Sinuosidade do canal</i> ”, (9) “ <i>Estabilidade das margens</i> ”, (10) “ <i>Proteção das margens pela vegetação</i> ” e (11) “ <i>Estado de conservação da vegetação do entorno</i> ” ..... | 80 |
| <b>Figura 5.9</b> - Teste de variância dos dados obtidos da aplicação do PAR pelos 21 voluntários em um trecho de rio de baixo curso no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG .....  | 82 |
| <b>Figura 5.10</b> - Resultado da aplicação do PAR no trecho 1: Ribeirão do Funil .....  | 86 |
| <b>Figura 5.11</b> - Resultado da aplicação do PAR no trecho 2: Ribeirão do Funil (2).....   | 86 |
| <b>Figura 5.12</b> - Resultado da aplicação do PAR no trecho 3: Calais .....   | 88 |
| <b>Figura 5.13</b> - Resultado da aplicação do PAR no trecho 4: Córrego do Baú.....  | 88 |
| <b>Figura 5.14</b> - Resultado da aplicação do PAR no trecho 5: Córrego dos Prazeres .....   | 89 |
| <b>Figura 5.15</b> - Resultado da aplicação do PAR no trecho 6: Córrego Moinho.....  | 90 |
| <b>Figura 5.16</b> - Resultado da aplicação do PAR no trecho 7: Córrego da Brenha .....  | 90 |



## Lista de tabelas

---

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 2.1</b> - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero .....   | 18 |
| <b>Tabela 4.1</b> - Relação dos parâmetros propostos na avaliação global do <i>habitat</i> no protocolo modelo de Barbour <i>et al.</i> (1999).....                                       | 40 |
| <b>Tabela 4.2</b> - Relação dos parâmetros propostos na avaliação global do <i>habitat</i> de rios de alto ou baixo curso para a área de estudo .....                                     | 43 |
| <b>Tabela 4.3</b> - Categorização das condições ambientais a serem consideradas no protocolo adaptado.....  | 43 |
| <b>Tabela 4.4</b> - Valores totais correspondentes às diferentes categorias de condições ambientais, para trechos de rios de alto e baixo curso .....                                     | 44 |
| <b>Tabela 4.5</b> - Análise comparativa entre os protocolos existentes e o protocolo proposto no presente trabalho.....   | 67 |
| <b>Tabela 4.6</b> - Comparação entre os parâmetros propostos no protocolo adequado apresentado no presente trabalho e nos protocolos existentes .....                                     | 68 |
| <b>Tabela 5.1</b> - Valores das médias e desvios padrão das pontuações obtidas e condição ambiental referente a cada parâmetro avaliado no trecho de rio de alto curso selecionado .....  | 77 |
| <b>Tabela 5.2</b> - Valores das médias e desvios padrão das pontuações obtidas e condição ambiental referente a cada parâmetro avaliado no trecho de rio de baixo curso selecionado ..... | 81 |



## Lista de quadros

---

|  |    |
|--|----|
| <b>Quadro 4.1a</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Substratos e/ou habitats disponíveis</i> ” para trechos de rios de alto curso da área de estudo.....                           | 45 |
| <b>Quadro 4.1b</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Substratos e/ou habitats disponíveis</i> ” para trechos de rios de baixo curso da área de estudo.....                          | 46 |
| <b>Quadro 4.2</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Substratos em poços</i> ” para trechos de rios de baixo curso da área de estudo .....   | 47 |
| <b>Quadro 4.3</b> – Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Soterramento</i> ” para trechos de rios de alto curso da área de estudo .....   | 49 |
| <b>Quadro 4.4a</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Regimes de velocidade/profundidade</i> ” para trechos de rios de alto curso da área de estudo.....                             | 49 |
| <b>Quadro 4.4b</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Regimes de velocidade/profundidade</i> ” para trechos de rios de baixo curso da área de estudo.....                            | 50 |
| <b>Quadro 4.5</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Diversidade de poços</i> ” para trechos de rios de baixo curso da área de estudo .....  | 51 |
| <b>Quadro 4.6a</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Deposição de sedimentos</i> ” para trechos de rios de alto curso da área de estudo.....  | 53 |
| <b>Quadro 4.6b</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Deposição de sedimentos</i> ” para trechos de rios de baixo curso da área de estudo .....                                      | 53 |
| <b>Quadro 4.7a</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Condições de escoamento do canal</i> ” para trechos de rios de alto e baixo curso da área de estudo no período de chuvas ..... | 54 |
| <b>Quadro 4.7b</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Condições de escoamento do canal</i> ” para rios de alto e baixo curso da área de estudo no período de estiagem.....           | 55 |
| <b>Quadro 4.8</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Alterações no canal</i> ” para trechos de rios de alto e baixo curso da área de estudo .....                                    | 57 |
| <b>Quadro 4.9</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Sinuosidade do canal</i> ” para rios de baixo curso da área de estudo .....   | 58 |
| <b>Quadro 4.10</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Frequência de corredeiras</i> ” para trechos de rios de alto curso da área de estudo.....                                      | 59 |
| <b>Quadro 4.11</b> - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “ <i>Estabilidade das margens</i> ”, para trechos de rios de alto e baixo curso da área de estudo.....                              | 61 |

**Quadro 4.12** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Proteção das margens pela vegetação*” para trechos de rios de alto e baixo curso da área de estudo ..... 62

**Quadro 4.13** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Estado de conservação da vegetação do entorno*” para rios de alto e baixo curso da área de estudo... 65

## Resumo

---

Este trabalho visou a adaptação de um protocolo de avaliação rápida de rios para trechos de rios de alto e baixo curso inseridos em campos rupestres do bioma cerrado tomando-se como “situação referência” as condições ambientais encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto-MG. Protocolos similares têm sido empregados em países como os Estados Unidos, Grã-Bretanha e Austrália em programas de monitoramento dos recursos hídricos. Os seguintes parâmetros foram propostos: substratos e/ou *habitat* disponíveis; substrato em poços; soterramento; regimes de velocidade/profundidade; diversidade de poços; deposição de sedimentos; condições de escoamento do canal; alterações no canal; sinuosidade do canal; frequência de corredeiras; estabilidade das margens; proteção das margens pela vegetação e estado de conservação da vegetação do entorno. Para cada parâmetro uma pontuação, entre 0 e 20 pontos, correspondente à condição ambiental é atribuída e os valores são distribuídos de acordo com o gradiente de estresse ambiental verificado no local da avaliação, podendo variar desde uma condição considerada “ótima”, até uma condição “péssima”, passando por situações intermediárias “boa” e “regular”. Após a adequação do protocolo foi oferecida uma oficina de monitoramento ambiental na qual 42 voluntários aplicaram o protocolo em dois trechos selecionados na área de estudo, a fim de realizar uma avaliação do método quanto à aplicabilidade, clareza e possíveis inadequações dos parâmetros propostos. A análise do padrão de respostas dos voluntários mostrou-se consistente, refletindo um bom entendimento dos parâmetros propostos. Nenhuma divergência significativa foi observada no padrão de resposta analisado. Após a calibração do protocolo foi realizada uma avaliação ambiental em trechos com diferentes níveis de alteração ambiental selecionados na região estudada. Em síntese, a adequação e utilização do protocolo podem ser consideradas etapas para a preservação de recursos hídricos, podendo ainda ser utilizado em estudos de avaliação de impacto ambiental em áreas degradadas e como ferramenta que permite a participação da sociedade no processo de gerenciamento e monitoramento dos recursos hídricos.



## Abstract

---

This work aims to adapt rapid assessment protocol of rivers in order to be used in grassland and shrubby grassland of the savanna biome of the Minas Gerais highlands (*cerrado* biome), taking as a “reference situation” the environmental conditions found in the interior of the Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - Minas Gerais, Brazil. Similar protocols have been used in the United States, Great Britain and Australia in water resources monitoring programs. The following parameters were proposed: available substrate and/or *habitat*; pool substrate; embeddedness; velocity/depth regime; pool variability; sediment deposition; channel flow status; channel alteration; channel sinuosity; frequency of riffles; bank stability; vegetative protection and nearby channel vegetation status. For each parameter, a rank from 0 up to 20, corresponding to the environmental condition, was attributed and the values were distributed according to the environmental stress gradient verified at the evaluation site, which could vary from a condition considered “very bad” to “excellent” condition, passing through intermediate “regular” and “good” situations. After the adaptation of the protocol, an environmental monitoring workshop was offered. In order to evaluate applicability, clarity and possible inadequacy of the parameters proposed, 42 volunteers were selected in order to apply the protocol in two selected segments of the study area. The pattern of the volunteers’ answers was consistent, reflecting good understanding of the proposed parameters. No significant divergence was observed in the pattern analyzed. After the calibration of the protocol, an environmental evaluation was carried out in selected segments of the study area characterized by different levels of environmental alteration. In summary, adaptation and use of the protocol can be considered steps for the preservation of water resources. It can also be used in environmental impact assessment studies of degraded areas and as a tool to be used by the community in managing and monitoring of water resources.



# CAPÍTULO I

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

---

---

### 1.1 – PERSPECTIVA HISTÓRICA DOS ESTUDOS DE RIOS

Longe da idéia de abundância que surge em decorrência de uma imagem de “planeta água” apoiada na constatação de que mais de dois terços da superfície do globo terrestre é coberta pela água dos mares e oceanos, a noção de recursos hídricos tem sido extensivamente debatida. Segundo os dados levantados pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) no âmbito do Decênio Hidrológico Internacional (1964-1974), as águas doces representam apenas 2,7% da disponibilidade hídrica total do planeta. Desta pequena porção, a maior parte (77,2%) é encontrada nas calotas polares, geleiras e *icebergs*, sendo a restante distribuída da seguinte maneira: 22,4% armazenadas em aquíferos e lençóis subterrâneos; 0,36% em rios, lagos e pântanos e 0,04% na atmosfera. Com o crescimento da população e conseqüente aumento da poluição e degradação dos corpos d’água existentes, as quantidades de água doce disponíveis para o uso humano vêm diminuindo intensa e drasticamente (Tundisi 2003). Segundo relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), se medidas urgentes não forem tomadas para implementar o uso racional dos recursos hídricos, 60 países correspondendo a 75% da população mundial deverão sofrer com a falta de água no ano de 2050 (ONU 2004).

Ao longo dos séculos a ação humana tem provocado uma série de perturbações nos ecossistemas aquáticos. Historicamente, o uso das águas nunca foi realizado levando em consideração princípios de conservação (Trush *et al.* 2000, Barrella *et al.* 2001). A partir do século XVII e durante o século XVIII observou-se o desenvolvimento da hidrologia e hidráulica, tendo como conseqüência direta o aumento dos impactos deletérios sobre os cursos d’água. No final do século XVIII a forte intervenção da engenharia fluvial na paisagem foi observada em grandes proporções e, em meados do século XIX a maioria dos rios europeus já tinha sido canalizada ou retificada (Saraiva 1999, Silva *et al.* 2006). Nesta mesma época iniciaram-se os estudos sobre águas interiores, contudo estes se concentravam apenas nos lagos. Em meados do século XX, os estudos passaram a ter como foco os rios, porém com uma abordagem basicamente hidrológica com fins econômicos, destacando a construção de barragens para a obtenção de energia elétrica, construção de eclusas e retificação de cursos para a navegação e estudos sobre saneamento em regiões criticamente poluídas. No Brasil, o monitoramento da qualidade da água aparece na legislação federal na década de 1970, por meio da Portaria GM-0013 de 15 de janeiro de 1976 da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) que estabeleceu uma das primeiras classificações para os corpos d’água superficiais, com os respectivos

padrões de qualidade e de emissão de efluentes associados a classes de uso preponderante (Brasil 1976). Já os estudos de abordagem ecológica surgiram logo após este período e, atualmente algumas pesquisas têm buscado cada vez mais uma abordagem global e interativa dos processos envolvidos na bacia hidrográfica (Schwarzbold 2000).

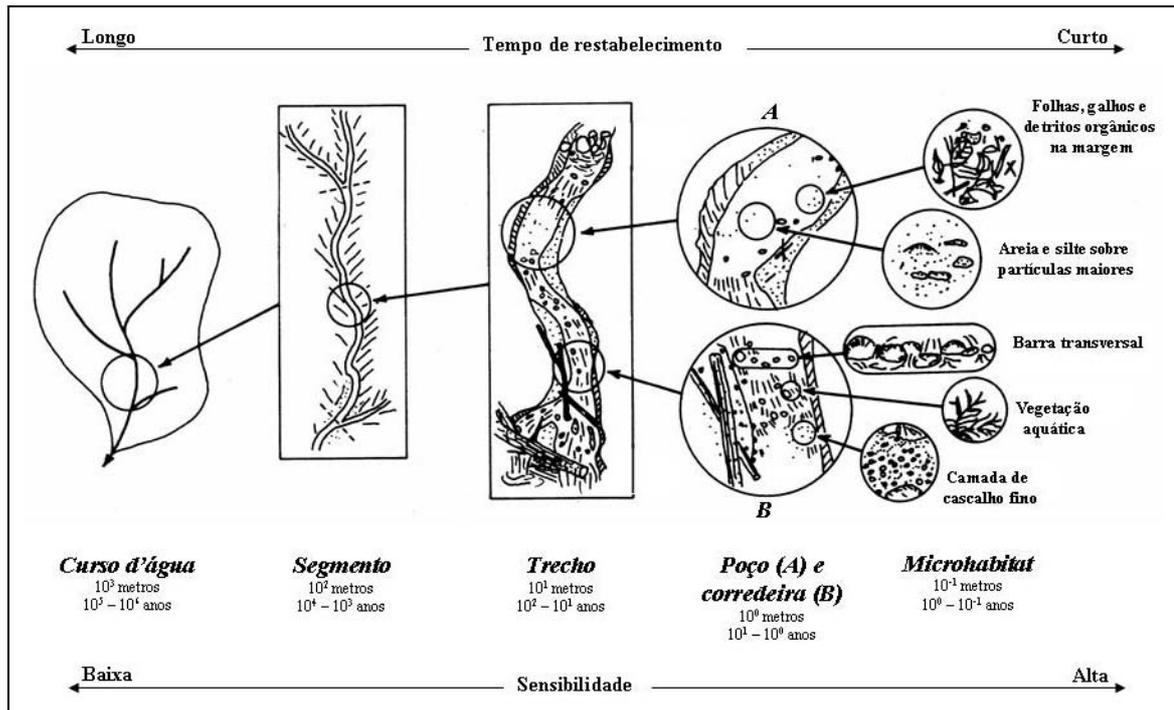
As atividades antropogênicas exercem influências profundas, e normalmente negativas, sobre os recursos hídricos. Estes efeitos podem ser devido ao lançamento de efluentes (industriais e domésticos) nos corpos d'água, e neste caso ter como consequência a poluição direta das águas, podendo ainda estar associados às mudanças na hidrologia da bacia, modificações nos *habitats* e alterações das fontes de energia, das quais dependem a vida aquática (Fernandes 2006).

## 1.2 – O ECOSISTEMA LÓTICO E SUAS CARACTERÍSTICAS

Caracterizados por uma grande variabilidade e complexidade de parâmetros bióticos e abióticos, essencialmente dinâmicos, os rios possuem papel fundamental para a manutenção da qualidade de vida. A história dos homens e os sistemas fluviais estão intimamente ligados, pois é no entorno destes que o homem se instala e continuamente explora os recursos daí advindos. Estes sistemas têm sido destinados a uma infinidade de usos através dos tempos, como a obtenção de água para fins domésticos, industriais e transporte, além da geração de energia elétrica pelo represamento de suas águas (Barrella *et al.* 2001, Primack & Rodrigues 2002).

Silveira (2004) afirma que a grande heterogeneidade ambiental encontrada nos sistemas lóticos é proporcionada principalmente pela variabilidade temporal das condições físicas do rio, influenciando o estabelecimento e perda das comunidades, assim como a recolonização das mesmas em qualquer época do ano. Neste contexto se insere o conceito de organização hierárquica dos sistemas fluviais, que pode ser observada na estrutura proposta por Frissell *et al.* (1986), criada para estabelecer as relações entre o fluxo d'água e a bacia hidrográfica em uma escala espaço-temporal. Neste caso 5 níveis hierárquicos foram estabelecidos: *sistema curso d'água*, *sistema segmento*, *sistema trecho*, *sistema poços/corredeiras* e *sistema microhabitats*.

Cada sistema possui características particulares na escala espaço-temporal, sendo que os sistemas de escala menor se desenvolvem condicionados pelos processos que ocorrem nos sistemas de escala maior, dos quais fazem parte (Frissell *et al.* 1986). As escalas espaço-temporal associadas com cada sistema subsequente traduzem um conjunto de fatores físicos definidos que podem ser usados para identificar os limites hierárquicos de cada sistema dentro de uma bacia de drenagem (Parsons *et al.* 2002), conforme apresentado na *Figura 1.1*.



**Figura 1.1** - Organização hierárquica dos sistemas fluviais, proposta por Frissell *et al.* (1986) *apud* Parsons *et al.* (2002), mostrando as escalas de espaço e tempo em relação à sensibilidade a distúrbios e ao tempo de restabelecimento de cada sistema. Modificado de Parsons *et al.* (2002).

Conforme mostrado na figura acima, os diferentes sistemas componentes da bacia hidrográfica apresentam diferentes graus de sensibilidade a distúrbios e tempos diferentes de restabelecimento de suas condições naturais. É possível observar que os sistemas definidos por uma escala espaço-temporal menor, como o *microhabitat*, apresentam sensibilidade alta e um tempo de restabelecimento curto em relação à bacia de drenagem. Neste caso, estes sistemas são definidos por uma escala espaço-temporal pequena e de curta duração sendo condicionados por fatores como o tipo de substrato, velocidade e profundidade.

Schäfer (1985) propõe que os rios, como sistemas ambientais, podem ser comparados a máquinas que utilizam suas forças, cujos limites estão no processo de erosão e deposição, equilibrando o leito e o fluxo de água, até atingir um estado de equilíbrio hidrodinâmico. O mesmo autor ressalta que hidrológicamente, os rios constituem sistemas abertos, com um fluxo contínuo da nascente à foz, cujo vetor é determinante das características de cada unidade fluvial e da comunidade biótica que a constitui.

Para Schwarzbald (2000), o clima é outro fator condicionante básico da tipologia de cada rio, principalmente no que se refere à variável precipitação, que define as condições hidrológicas e ecológicas de um sistema fluvial. As zonas climáticas são responsáveis pelo regime das chuvas e, conseqüentemente, pelas características da descarga dos rios ao longo do tempo, determinando sua sazonalidade.

No que tange a geomorfologia um rio é visto como uma etapa ou elo do ciclo hidrológico, como um *locus* de erosão, transporte e deposição de materiais, incluindo material suspenso e materiais geológicos ativamente transportados (Curry 1972). De acordo com Schwarzbald (2000) a dinâmica de um rio ou o efeito da força de suas águas, depende diretamente da geomorfologia local a qual é capaz de modificar o leito por erosão ou acumulação de sedimentos. Por outro lado, a configuração do leito, através da formação de cachoeiras, remansos, corredeiras ou estrangulamentos, depende da geologia local (Schwarzbald 2000). Contudo, há de se ressaltar, como afirma Schäfer (1985), que este conjunto de inter-relações observado entre a hidrologia, geomorfologia, clima e geologia não demonstra a totalidade de todo o complexo que na realidade ocorre, pois os sistemas lóticos são fortemente pulsáteis, formados por elementos bióticos e abióticos interatuantes, de fluxo energético multidirecional que, em suma, depende das condições que os circundam (Schäfer 1985).

A integração de processos biológicos, físicos e químicos é hoje umas das maneiras de se compreender e propor formas mais sustentáveis de gerenciamento dos sistemas fluviais. Porém, essa é uma tarefa complexa e necessariamente multidisciplinar. Mais do que isso, é necessário que se compreenda o papel desempenhado pelos cursos d'água na paisagem (Saraiva 1999).

### **1.3 – UMA VISÃO HOLÍSTICA SOBRE OS ECOSISTEMAS FLUVIAIS**

De acordo com Zalewski & Robarts (2003), uma avaliação dotada de um caráter isolado não contempla de maneira global a real situação do meio. É necessário que abordagens multidisciplinares, como as que englobam aspectos geomórficos, sedimentológicos, ecológicos, físico-químicos e biológicos das águas, sejam adotadas, a fim de que cada um destes se complemente mutuamente disponibilizando informações mais completas sobre a qualidade dos recursos hídricos (Karr & Chu 1999, Barbour & Stribling 1991). Neste contexto insere-se o conceito de ecomorfologia fluvial, que diferentemente do conceito de ecomorfologia utilizado no ramo da ecologia – que estuda as relações existentes entre a forma dos organismos e os aspectos ambientais (Barel 1983, Bock & von Wahlert 1965) – considera os processos geomorfológicos e sedimentológicos como condicionantes básicos da estrutura e funcionamento dos ambientes fluviais que em interação com a abordagem físico-química e biológica contribuem para avaliar a integridade ambiental dos sistemas fluviais<sup>1</sup> (LUA 1998 *apud* Ferreira & Castro 2005).

Os ecossistemas aquáticos são integrados por componentes e processos bem mais amplos do que uma análise focada apenas no componente água permite contemplar. A compreensão de todos esses componentes e processos, bem como da qualidade global do sistema só é possível a partir de uma análise que integre todos os fatores inter-atuantes envolvidos. Esta análise deve englobar, além

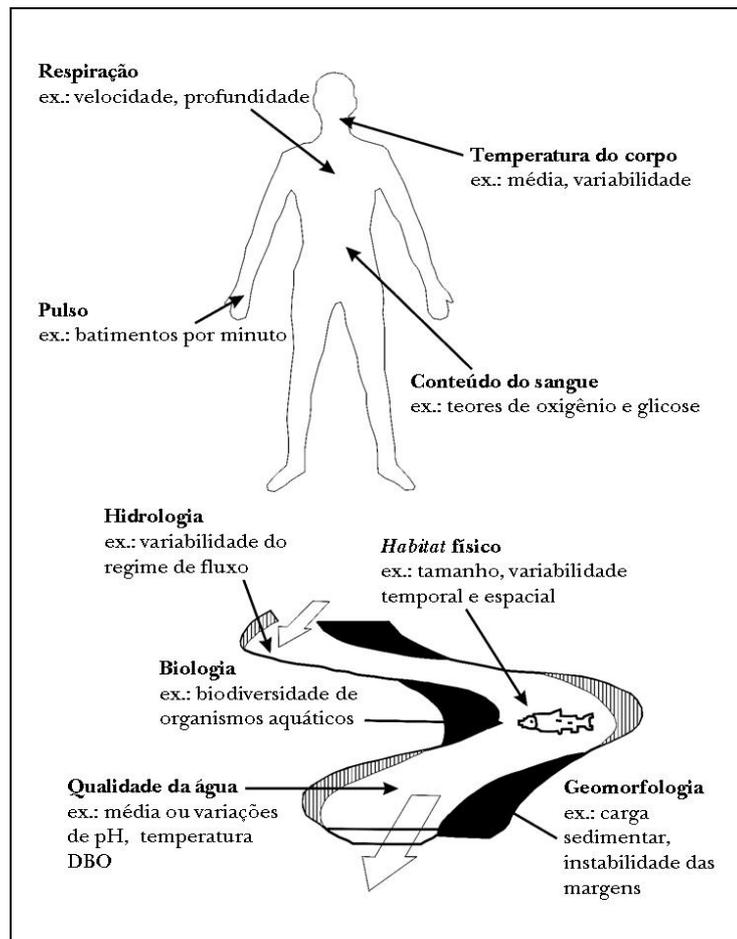
---

<sup>1</sup> O termo *ecogeomorfologia*, derivado de *biogeomorfologia* (Corenblit et al. 2007) tem um significado semelhante e pode em alguns casos ser utilizado em lugar de *ecomorfologia*.

das características intrínsecas à determinação da qualidade da água, também aquelas que determinam a qualidade do meio, bem como a relação entre estas características.

Segundo Maddock (1999), existe um importante conjunto de variáveis que deve ser considerado no estudo da “saúde” do rio ou da integridade dos ecossistemas fluviais. As variáveis que o autor considera importantes vão além dos padrões estabelecidos para definição da qualidade da água e estabelece como mostrado na *Figura 1.2* uma analogia entre as variáveis que determinam a “saúde” do rio e do corpo humano.

A analogia proposta por Maddock (1999) relaciona os diferentes métodos de avaliação da “saúde” de um rio e os métodos comumente utilizados no diagnóstico da saúde de um paciente. Um médico quando analisa seu paciente a fim de diagnosticar o seu estado de saúde utiliza vários indicadores tais como sua pulsação, respiração, temperatura corporal e o seu conteúdo sanguíneo. Para o autor o mesmo poderia ser usado na avaliação da “saúde” de um rio. Neste caso os indicadores utilizados deveriam incluir aspectos da hidrologia, biologia, indicadores da qualidade da água, *habitat* físico e da geomorfologia do sistema lótico.



**Figura 1.2** - Analogia entre as ferramentas de diagnóstico para avaliação da saúde de um homem e de um rio. Modificado de Maddock (1999).

Formas simples de se resolver os problemas ambientais atuais infelizmente não existem, e as maneiras como esses problemas podem ser amenizados são de difícil compreensão (Noss & Copperrider 1994 *apud* Dale & Beyeler 2001). Assim, o grande desafio é criar indicadores que caracterizem efetivamente o estado de um determinado sistema ambiental, que sejam simples o suficiente para serem aplicados com facilidade (Dale & Beyeler 2001). Um importante componente do gerenciamento ambiental é o uso de indicadores para captar aspectos da condição ambiental e fornecer informações científicas úteis à gestão e conservação do meio ambiente. Os indicadores podem ser usados para definir o estado de um recurso (Ladson *et al.* 1999). Dale & Beyeler (2001) afirmam que o monitoramento, a avaliação da integridade ambiental e o manejo de dados dependem do uso destes indicadores e acrescentam que os mesmos devem ser criteriosamente desenvolvidos para esse fim.

É neste contexto que se inserem os protocolos de avaliação rápida de rios, instrumentos úteis que levam em consideração a análise integrada do ecossistema lótico, com uma metodologia fácil, simples e viável para a aplicação por pessoas treinadas. Os protocolos além de oferecer oportunidade de avaliar os níveis de impactos antropogênicos em trechos de bacias hidrográficas constituindo-se em uma importante ferramenta nos programas de monitoramento ambiental (Callisto *et al.* 2001) facilitam a tomada de decisão em relação aos problemas identificados durante a avaliação (Reynoldson & Metcalfe-Smith 1992).

De acordo com Callisto *et al.* (2002), métodos de avaliação que englobam aspectos de integridade ambiental dos recursos hídricos e o conhecimento das variáveis físicas dos sistemas aquáticos são de grande importância para a definição das características gerais dos ecossistemas fluviais. No caso de ecossistemas de rios, não só o corpo d'água deve ser caracterizado, mas também o ambiente adjacente ao longo de seu curso, devido principalmente à intensa interação entre os mesmos (Minatti-Ferreira & Beaumord 2004).

#### **1.4 – DEFININDO E MEDINDO A “SAÚDE” DE UM RIO**

A restauração e manutenção da “saúde” dos ecossistemas lóticos têm tido importante destaque nos programas de controle e manejo dos rios. Aspectos envolvendo fatores biológicos, químicos e geomorfológicos têm sido revisados e alguns autores afirmam que estes são elementos-chave na manutenção e controle da “saúde” dos rios (Gore 1985, Boon *et al.* 1992, Brookes & Shields 1996).

Segundo Uys (1994) um rio “saudável” pode ser definido como um rio em um estado próximo ao estado natural e o ecossistema aquático pode ser considerado “saudável” quando suas condições são estáveis, quando a sua capacidade de se auto-recuperar diante de pequenas perturbações é preservada e quando ações de manejo são praticamente desnecessárias (Karr *et al.* 1986).

Qualquer atividade humana que altere os fatores básicos que determinam o balanço hídrico influi na disponibilidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica podendo afetar diretamente a “saúde” dos sistemas lóticos (Rebouças 2002). No Brasil, existem casos evidentes em que a atividade humana melhora a oferta de recursos hídricos, alterando o tempo de residência das águas na superfície dos ecossistemas. Isso pode ser observado na construção de açudes no Nordeste brasileiro e do sistema de represa nos complexos hidrelétricos do rio Tietê, rio Grande e rio Paraná. Por outro lado, a expansão de áreas para a agricultura resultou em grandes desmatamentos, principalmente em áreas de mata ciliar, que exercem grande influência sobre a qualidade dos corpos d’água e sobre a comunidade biológica nela existente (Tilman 1999). O uso da terra, com remoção da cobertura vegetal e com a implementação de agricultura, normalmente degrada os recursos hídricos (Minatti-Ferreira & Beaumord 2004). De acordo com Traina & Laperche (1999), a otimização da produção agrícola, realizada através do incremento de fertilizantes industriais, provoca distúrbios ecológicos que afetam diretamente a “saúde” do ecossistema fluvial principalmente quando estes fertilizantes são carregados para os cursos d’água.

Diante disto, tem se observado a crescente necessidade de se avaliar e monitorar as alterações ambientais e seus efeitos sobre os recursos hídricos, principalmente no que se refere ao desenvolvimento de metodologias usadas como instrumentos que medem a “saúde” de um ecossistema aquático. O monitoramento dos rios baseado em métodos de caráter holístico fornece subsídios para uma análise integrada da qualidade dos mesmos. No mundo todo, o monitoramento dos rios é comumente realizado através da medição de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos de suas águas. Estes métodos de avaliação são importantes para o estabelecimento de indicadores de potabilidade ou qualidade da água para os diversos usos humanos. Contudo, quando analisados isoladamente, estes parâmetros podem subestimar a real magnitude dos danos que estão sendo causados aos ambientes aquáticos (Karr & Chu 1999).

De acordo com Whitfield (2001), tais avaliações agem como uma fotografia instantânea do local, não sendo possível avaliar as reais modificações dos *habitats* e o quanto as alterações da qualidade da água podem interferir sobre as comunidades biológicas presentes nos rios. Por outro lado, Hannaford *et al.* (1997) afirmam que o estudo das condições do meio físico, como tipos de margens, sedimentos, disponibilidade de *habitats* e vegetação do entorno são essenciais em qualquer pesquisa biológica que envolva os sistemas fluviais, uma vez que a fauna aquática geralmente tem exigências específicas de *habitats* que são independentes da qualidade da água.

A preocupação em caracterizar os atributos físicos dos rios emergiu em meados da década de 1980, em programas de monitoramento dos recursos hídricos, a exemplo do *Environmental Monitoring and Assessment Program* (EMAP) da Agência Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency – EPA*) e o *National Water-Quality Assessment Program*

(NAWQA) do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Estes programas incorporaram a medição de várias características da corrente, do canal e da morfologia das margens com a finalidade de caracterizar a estrutura física dos segmentos de rio e de sua planície de inundação. As agências ambientais dos Estados Unidos e da Grã-Bretanha adotaram uma avaliação visual mais rápida e qualitativa para caracterizar a qualidade física global do *habitat* (Barbour *et al.* 1999).

Segundo Callisto *et al.* (2002), os protocolos de avaliação rápida são instrumentos que visam avaliar a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos visto que podem ser utilizados em programas de manejo e conservação destes ambientes, baseando-se em parâmetros de fácil entendimento e utilização simplificada.

Os resultados obtidos através da aplicação dos protocolos aliados aos resultados das tradicionais análises de qualidade da água dão à avaliação um caráter holístico. No Brasil, os monitoramentos realizados pelas agências ambientais responsáveis ainda não possuem este caráter, estando os programas de monitoramento ambiental fortemente focados no aspecto água.

## **1.5 – PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS**

### **1.5.1 - Histórico**

Até a década de 1970 a ênfase do monitoramento ambiental realizado nos Estados Unidos seguiu a tradição das análises quantitativas (Resh & Jackson 1993). Em meados da década de 1980, os órgãos ambientais perceberam a necessidade de se estabelecer métodos de avaliação qualitativos, devido ao alto custo e demora das pesquisas quantitativas. Em 1986 a EPA iniciou estudos a respeito da qualidade das águas juntamente com as agências de monitoramento de águas superficiais. Desse estudo resultou o relatório "*Surface Water Monitoring: A Framework for Change*" (EPA 1987) que enfatizava a reestruturação dos programas de monitoramento praticados, além de recomendar que fosse dada especial atenção à toxicologia, aos impactos de fontes não pontuais, e ao registro dos resultados ambientais (Silveira 2004). O relatório ainda recomendava o desenvolvimento e a aplicação de técnicas de monitoramento biológico promissoras e, além disso, sugeria a elaboração de um guia de avaliação do meio físico que além de ser de baixo custo, fosse capaz de identificar os problemas existentes. Foi nesse período, a partir dos estudos realizados para a elaboração desse relatório, que surgiu a idéia dos protocolos de avaliação rápida.

Em 1989, foi publicado um documento escrito por Plafkin *et al.* (1989) que estabeleceu os primeiros protocolos, o "*Rapid Bioassessment Protocols*" (RBPs). A criação deste documento foi baseada nos documentos "*Stream Classification Guidelines for Wiscon*" (Ball 1982) e "*Methods of Evaluation Stream, Riparian and Biotic Conditions*" (Platts *et al.* 1983). Esses protocolos foram

adequados para fornecer dados básicos sobre a vida aquática, para fins de qualidade da água e gerenciamento de recursos hídricos, em resposta às recomendações do relatório da EPA (1987).

Desde então, o que se tem visto é um aumento das discussões acerca da importância da utilização de critérios integrados na avaliação da qualidade dos recursos hídricos e da utilização de métodos que englobam estes critérios. Na Austrália, por exemplo, o governo desenvolveu um programa de avaliação da “saúde” dos sistemas fluviais do país chamado *Australian River Assessment System* (AusRivAS), que realiza, atualmente, o monitoramento dos ecossistemas através dos protocolos (Parsons *et al.* 2002). No Brasil, a técnica ainda se encontra restrita a projetos desenvolvidos principalmente em Programas de Pós-Graduação, e como exemplos podem ser citados os trabalhos de Callisto *et al.* (2002), Ferreira (2003), Upgren (2004) e Minatti-Ferreira & Beaumord (2006).

### **1.5.2 - Características do método**

Os protocolos de avaliação rápida de rios são utilizados para caracterizar o rio qualitativamente, ou seja, para estabelecer uma pontuação para o estado em que o ambiente se encontra. É estabelecido, a princípio, um limite considerado normal baseado em valores obtidos de locais minimamente perturbados. Estes locais são tomados como “referência” (Plafkin *et al.* 1989) partindo da premissa de que os cursos d’água pouco afetados pela ação humana exibem condições biológicas mais favoráveis (Minatti-Ferreira & Beaumord 2004). O gradiente de estresse ambiental é definido a partir da observação destes locais “referência” e de locais com vários graus de alterações, desde os pouco alterados até os muito degradados.

Segundo Resh & Jackson (1993), esses protocolos são análogos aos termômetros utilizados na avaliação da saúde humana, onde valores obtidos são comparados com o que se considera “normal”. As pontuações atribuídas a cada um dos parâmetros avaliados indicam o estado de “saúde” do sistema. Notas maiores refletem um bom estado de conservação, enquanto notas menores indicam que existe um estado de degradação severa. Para exemplificar o uso desta pontuação destaca-se o estudo recente desenvolvido por Minatti-Ferreira & Beaumord (2006) em dois tributários do rio Itajaí-Mirim no município de Brusque - SC. Neste estudo, para cada um dos parâmetros analisados foram atribuídos valores correspondentes à situação verificada no local da avaliação, variando de uma situação “ótima” (nota 20), até uma situação “ruim” (nota 5), passando por situações intermediárias – “boa” e “razoável” – com notas 15 e 10, respectivamente. Após a análise das respostas obtidas em 5 pontos de cada um destes tributários foi possível verificar que o rio Cedro apresentava uma situação “boa” e o rio Limeira, uma situação “ruim”. De acordo com os autores, o padrão de respostas dos avaliadores poucas vezes apresentou distorções entre os resultados obtidos na avaliação dos locais indicando que o protocolo utilizado apresentou a confiabilidade necessária para aplicações dessa natureza.

A realização do monitoramento através dos protocolos tem a subjetividade como uma característica intrínseca ao método. Ao contrário dos métodos de monitoramento da qualidade da água tradicionais, nos quais os valores dos parâmetros físico-químicos são obtidos através de aparelhos, não existe um aparelho que forneça uma pontuação para o atributo avaliado. Baseado apenas na observação do meio, o resultado do protocolo de avaliação rápida de rios (PAR) depende, sobretudo, dos conhecimentos que o avaliador possui e da sua capacidade de perceber os fenômenos e as alterações do local sob avaliação. Contudo, esta subjetividade pode ser amenizada com o treinamento do avaliador, com a realização de cursos de capacitação ou com o acompanhamento parcial e de suporte de avaliadores mais experientes. De acordo com Minatti-Ferreira & Beaumord (2006) o PAR utilizado para avaliar a integridade ambiental dos 2 tributários do rio Itajaí-Mirim, quando aplicado por pessoas mais experientes possibilitou a obtenção de resultados com menor variação no padrão de respostas, corroborando este propósito.

### **1.5.3 - Adaptação para diferentes regiões**

Sobre este aspecto, é importante destacar que os protocolos não pretendem ser documentos rígidos e conclusivos, a idéia é agregar atributos básicos que devem ser considerados na avaliação ecomorfológica de ambientes fluviais, tanto aqueles localizados em áreas naturais quanto em áreas antropizadas (Barbour *et al.* 1999). Os protocolos, longe de apresentar caráter universal, estão sujeitos a complementações e adequações de acordo com as especificidades regionais e locais. Sua construção é um processo contínuo de ajustes e aprimoramentos à medida que o seu emprego visa cobrir uma gama mais diversificada de tipologias fluviais, bacias hidrográficas e ecorregiões<sup>2</sup> (Ferreira 2003).

São necessárias alterações para que os protocolos possam ser aplicados a diferentes regiões, pois as características dos corpos d'água mudam em função de fatores como clima, relevo, geologia e vegetação. Realizadas as adaptações necessárias os protocolos são aplicáveis a qualquer tipo de ecossistema fluvial.

### **1.5.4 - Aplicação**

A avaliação de rios através dos protocolos é um exame das condições do corpo d'água através da observação, *in situ*, de uma lista de parâmetros físicos e biológicos pré-definidos. Após um treinamento prévio, os avaliadores vão a campo e os protocolos adaptados às especificidades regionais, para as quais foram desenvolvidos, são aplicados sem a utilização de aparato tecnológico.

---

<sup>2</sup> As ecorregiões são definidas por características fisiográficas como geologia, tipo de solo, vegetação natural potencial e uso da terra, partindo do princípio de que comunidades biológicas dentro de uma região homogênea são similares (Omernik 1987, Whittier *et al.* 1988).

No trabalho de Callisto *et al.* (2002), desenvolvido em trechos de bacia no Parque Nacional da Serra do Cipó - MG e no Parque Nacional da Bocaina - RJ, foi possível verificar a facilidade da aplicação de um PAR adaptado para a avaliação da diversidade de *habitats* nestes trechos. Os autores constataram que, além de não haver diferença significativa entre o padrão de respostas obtidas de 50 estudantes voluntários treinados e 50 não treinados, o tempo gasto na aplicação do protocolo, em cada trecho de rio analisado, foi de apenas 20 a 30 minutos. De acordo com os autores, estes dados refletem um bom entendimento ou uma definição clara da metodologia utilizada na avaliação rápida de *habitats*, ainda que em ambos os grupos tenham ocorrido uma breve explicação sobre a estrutura e funcionamento de ecossistemas lóticos.

É importante ressaltar que no momento da avaliação, o observador pode definir mais de um trecho de um determinado segmento de rio no qual a avaliação será realizada. Desta forma, os resultados além de ser potencializados podem ser comparados com os resultados obtidos de diferentes rios que tiveram suas integridades ambientais avaliadas através de um PAR.

### **1.5.5 - Aspectos positivos**

O primeiro ponto positivo que pode ser destacado no método diz respeito à equipe de avaliadores que pode realizar o monitoramento. Em geral, não são necessários especialistas no assunto e o método pode ser estendido a pessoas de qualquer segmento social, bastando para isso um treinamento prévio que ofereça instruções mínimas que os permitam aplicar o protocolo sem grandes divergências. De acordo com Resh *et al.* (1996) e Buss (2002), os programas de monitoramento, como os que envolvem os recursos hídricos, podem ser realizados por pessoas treinadas e informadas sobre conhecimentos locais em sua região e trechos da bacia hidrográfica onde vivem, utilizando para isto metodologias padronizadas e simplificadas.

Buss *et al.* (2003) acreditam que um aspecto fundamental a ser considerado em um programa de monitoramento dos recursos hídricos é a habilidade do mesmo em traduzir a informação tanto para os gestores ambientais quanto para o público em geral. Para os autores, na maioria das vezes, a complexidade dos resultados dos métodos tradicionais de avaliação impede a interpretação pelo público leigo, tornando a informação restrita e, por isso, obscura. Ao contrário, os protocolos são ferramentas que permitem a formação de grupos de monitores ambientais voluntários nas comunidades, que podem realizar freqüentemente o levantamento de dados com qualidade, podendo ser considerados nos programas oficiais de monitoramento.

No estudo de Upgren (2004) concluiu-se que a inserção da comunidade local na avaliação ambiental das cabeceiras do rio Araguaia – GO através de um PAR foi viável e capaz de produzir resultados consistentes. Neste estudo, os próprios fazendeiros da região, donos de terras por onde os

rios correm, foram capazes de aplicar o PAR adaptado e realizar avaliações periódicas dos trechos, promovendo o monitoramento dos recursos hídricos da região, visando a conservação e a preservação dos rios locais.

O fato de o método contribuir com a redução de custos na avaliação ambiental é outro aspecto positivo do mesmo. A viabilidade justifica-se uma vez que estabelecido o protocolo a aplicação do mesmo não é onerosa, o que permite que uma vasta malha de pontos de amostragem seja estabelecida.

No estudo de Ferreira (2003), por exemplo, desenvolvido em uma área que se estende desde a nascente do rio das Velhas - MG até a sua confluência com o ribeirão Sabará, no qual foi testada a aplicabilidade da avaliação ecomorfológica rápida, foi possível verificar sem grandes custos – inviáveis à realidade das instituições de pesquisa brasileiras – que esta abordagem é capaz de apresentar resultados confiáveis e quando associado às condições físico-químicas e bacteriológicas das águas possibilitam avaliar a integridade global dos sistemas fluviais.

Segundo Hannaford *et al.* (1997), as informações obtidas através dos protocolos no monitoramento dos recursos hídricos podem ser úteis para (i) sensibilizar para questões de preservação desses recursos motivando o envolvimento das comunidades com as questões ambientais; (ii) oferecer um alerta imediato quando da ocorrência de acidentes ambientais (i.e., derramamentos e fontes pontuais de poluição antrópica) e mortalidade de peixes, contribuindo para medidas mitigadoras imediatas pelos órgãos competentes e (iii) possibilitar a replicação do método em outras sub-bacias em uma mesma região geográfica.

Diante da necessidade da utilização de programas de monitoramento que adotem ferramentas eficazes na avaliação dos sistemas aquáticos e também da necessidade de implementar, aperfeiçoar e até mesmo, desenvolver métodos diferenciados, neste trabalho foi desenvolvido, baseado no protocolo apresentado no documento de Barbour *et al.* (1999) – proposto inicialmente por Barbour & Stribling em 1991 e 1994 – um método de avaliação rápida para cursos d'água inseridos no bioma cerrado, mais especificamente em campos rupestres (campo sujo e campo limpo). Para isso, a área do Parque Estadual do Itacolomi (PEIT) foi definida como local “referência” para a adaptação do protocolo e várias visitas a campo foram realizadas para aplicação do protocolo modelo e posteriormente do protocolo já adaptado para o referido bioma. Além disso, uma oficina de monitoramento ambiental foi oferecida para um grupo de voluntários e os resultados da mesma possibilitaram a consolidação do PAR adaptado, bem como a realização de avaliações ambientais de alguns trechos de rios selecionados na área de estudo.

## **1.6 – OBJETIVOS**

### **1.6.1 - Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho foi adaptar um PAR para trechos de rios inseridos em campos rupestres do bioma cerrado utilizando como condição “referência” a área do PEIT.

### **1.6.2 - Objetivos específicos**

- Identificar e individualizar segmentos e trechos de cursos d’água dentro do PEIT localizados em áreas com históricos de uso e ocupação diferenciados, com intuito de selecionar os locais mais preservados para que estes sejam tomados como “referência”;
- Aplicar o protocolo modelo proposto por Barbour *et al.* (1999) nas áreas selecionadas e propor as alterações necessárias para a adequação do mesmo às especificidades ambientais da área de estudo;
- Consolidar, através dos resultados obtidos de uma oficina de monitoramento ambiental, o PAR adaptado;
- Avaliar a utilização do PAR adequado para a área de estudo enquanto instrumento de monitoramento ambiental e de inserção da sociedade no processo de gerenciamento do meio ambiente.
- Realizar a avaliação ambiental, através do protocolo adaptado, de alguns trechos de rios da área de estudo com diferentes níveis de impacto ambiental;





A área do parque pertence à região denominada Quadrilátero Ferrífero, que se estende por aproximadamente 7.000km<sup>2</sup>, na região central do Estado. Na região existem grandes ocorrências de depósitos minerais, principalmente ferro, manganês e ouro, o que torna a região economicamente importante (Oliveira 1999) e que no passado atraiu os bandeirantes paulistas que vinham em busca de riquezas minerais, principalmente o ouro, e que tinham como ponto de referência em suas jornadas o Pico do Itacolomi, com 1.772m acima do nível do mar.

### **2.1.1 - Histórico do Parque Estadual do Itacolomi**

A criação do parque iniciou-se de um projeto elaborado pela Associação dos Antigos Alunos da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), sediada no Rio de Janeiro, que teve como resultado a criação da Lei nº. 44.095, em 14 de junho de 1967 (Minas Gerais 1967). O desenvolvimento do turismo era o objetivo principal do projeto de criação do parque e, além disso, continha detalhes sobre reflorestamento, recuperação da fauna e flora, introdução de novas espécies, plantas para construção de estradas de acesso, hotel e centros de estudos geológicos e biológicos (Oliveira 1999). No entanto, por motivos desconhecidos, o projeto de criação permaneceu inativo durante vários anos.

O parque foi aberto ao público apenas em maio de 2004, e atualmente oferece aos interessados toda a infra-estrutura necessária à visitação, como auditório, restaurante, lanchonete e o centro de visitantes que fica a 5km da portaria principal. A visitação é guiada, tanto na parte histórica quanto nas trilhas, pelos monitores (estudantes de nível superior e médio) que além de acompanharem os visitantes passam informações a respeito dos atrativos e da história do parque.

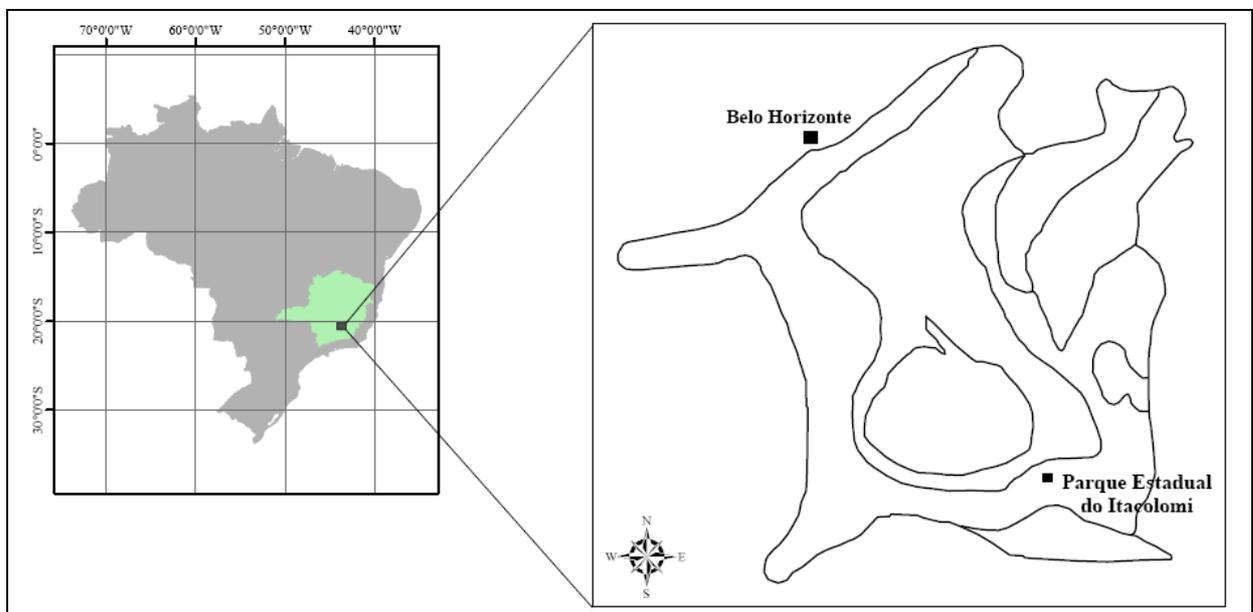
Apesar de ser considerada uma rica área de estudos para os pesquisadores, mesmo após 40 anos de existência são inúmeras as atividades que interferem na integridade do ecossistema do PEIT. Em função da retirada de candeia, do uso pastoril dos campos de altitude e da instalação de vilas e bairros, principalmente junto à sede do município de Ouro Preto, são frequentes as invasões e incêndios na área pertencente ao parque (Fujaco 2004).

A Fundação *Biodiversitas* em parceria com a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), a partir do contrato firmado com o Instituto Estadual de Florestas (IEF) e com o Programa de Proteção da Mata Atlântica (PROMATA), concluíram em 2006 o plano de manejo do parque (ainda não publicado). O plano de manejo, conforme diretiva do Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (Brasil 2000) teve por objetivos detalhar a fauna, flora, hidrografia, relevo e o clima do parque, fazer o mapeamento do entorno, indicar quais são as pressões antrópicas existentes e propor as diretrizes de como o parque deve ser usado sob o ponto de vista conservacionista e sob o ponto de vista do uso público. Além disto, o plano de manejo propõe o perímetro da zona de amortecimento,

uma área periférica ou de entorno para amenizar os impactos da zona urbana sobre a unidade de conservação.

## 2.2 – ASPECTOS GEOLÓGICOS

Do ponto de vista geotectônico, o PEIT está localizado no Quadrilátero Ferrífero, na borda meridional da província geotectônica São Francisco, que corresponde em extensão e limite ao Cráton do São Francisco (Almeida 1977, Almeida & Hassuy 1984). Alkmin *et al.* (1993) definem a região como sendo uma feição do Neoproterozóico, moldada pelo Evento Brasileiro, embora tenha se consolidado como segmento da litosfera continental no Arqueano. A localização geográfica do parque, em relação ao Quadrilátero Ferrífero, pode ser observada na *Figura 2.2*.



**Figura 2.2** - Localização da área de estudo no contexto do Quadrilátero Ferrífero. Modificado de Almeida *et al.* (2005).

### 2.2.1 - Geologia regional

O Quadrilátero Ferrífero é uma área com um longo histórico de exploração de ouro, ferro, e pedras preciosas. Desde os primeiros estudos realizados por Eschwege (1822, 1832, 1833), Gorceix (1881, 1884) e Derby (1881, 1906), a área tem sido fonte para os mais variados tipos de estudos geológicos.

A região do Quadrilátero Ferrífero representa uma região geologicamente importante do pré-Cambriano brasileiro. A primeira coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero foi sintetizada por Dorr (1969), e modificada posteriormente por diversos autores, tais como, Ladeira (1980), Marshak & Alkmin (1989) e Alkmin & Marshak (1998). O Quadrilátero Ferrífero é composto basicamente por três grandes grupos litológicos: (1) complexo granítico-gnáissico – embasamento cristalino (Herz

1970, Carneiro 1992, Noce 1995), (2) uma seqüência vulcanossedimentar do tipo "*greenstone belt*" do Arqueano – Supergrupo Rio das Velhas (Dorr 1969) e (3) as seqüências metassedimentares supracrustais do Paleoproterozóico – Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi (Dorr 1969, Babinski *et al.* 1995, Machado *et al.* 1996), detalhadas na *Tabela 2.1*.

**Tabela 2.1** - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero<sup>1</sup>

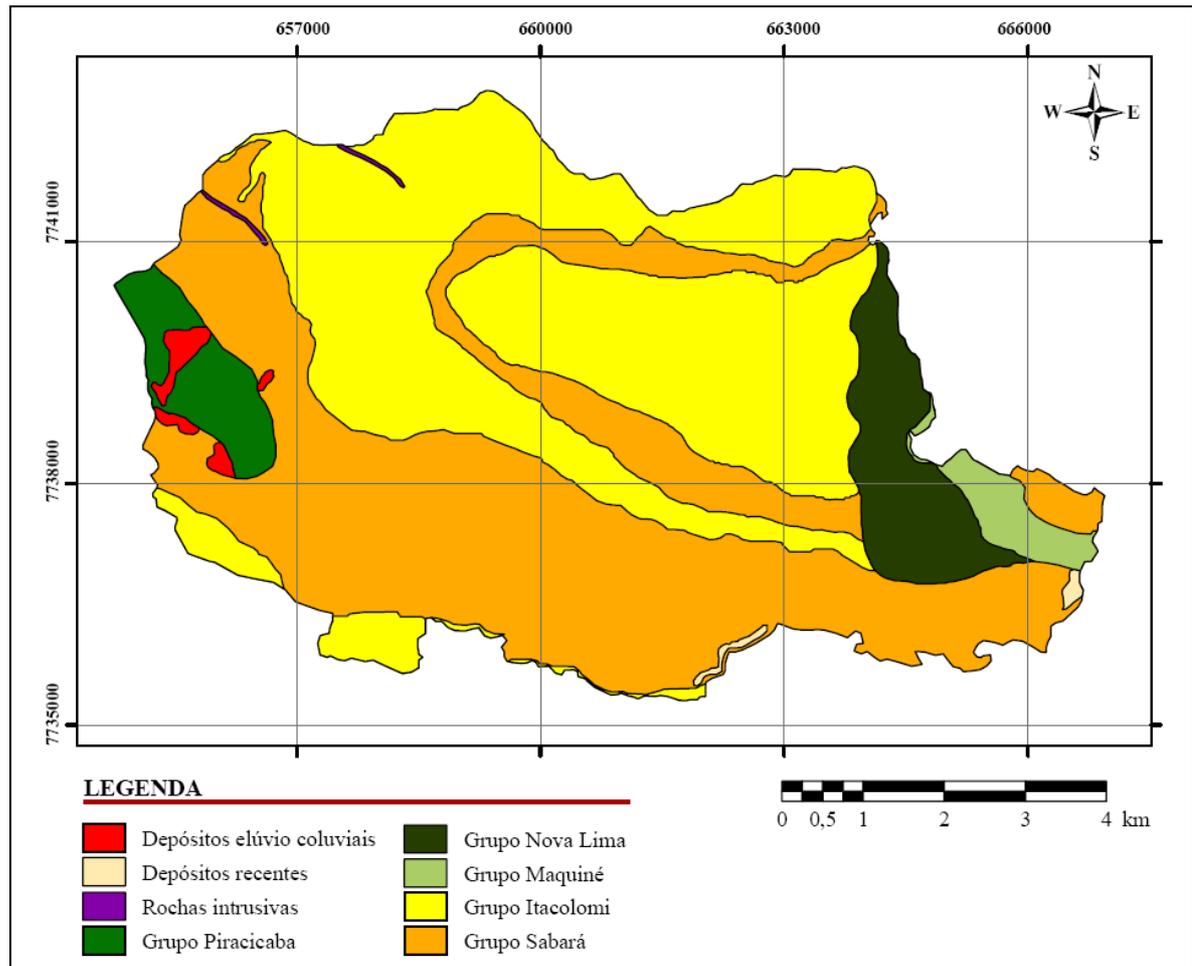
| Idade             | Supergrupo             | Grupo      | Formação       | Litotipos  |  |
|-------------------|------------------------|------------|----------------|--|--|
| Paleoproterozóico | Minas                  | Itacolomi  | -              | Ortoquartzitos, quartzitos (matriz ferruginosa), filitos, quartzosos filitos e conglomerados com seixos de itabirito |  |
|                   |                        | Sabará     | -              | Clorita-xistos, grauvacas, metatufos, conglomerados quartzitos, diamictitos, turbiditos e itabiritos                 |  |
|                   |                        | Piracicaba | Barreiro       |  | Filitos e filitos grafitosos   |
|                   |                        |            | Taboões        |  | Ortoquartzitos   |
|                   |                        |            | Fecho do funil |  | Filitos, filito dolomítico e dolomito silicoso                       |
|                   |                        | Itabira    | Cercadinho     |  | Quartzito ferruginoso, quartzitos, filitos ferruginosos e dolomitos  |
|                   |                        |            | Gandarela      |  | Dolomitos, filito dolomítico e calcário                              |
|                   |                        | Caraça     | Itabira        | Cauê   | Itabirito, itabirito dolomítico hematita, lentes de xistos e filitos |
|                   |                        |            | Batatal        |  | Filito e filitos grafitosos, metachert e formação ferrífera          |
|                   |                        |            | Moeda          |  | Metaconglomerado, quartzitos e filitos                               |
| Arqueano          | Rio das Velhas         | Maquiné    | -              | Quartzitos, conglomerados, xistos e filitos  |  |
|                   | Complexos Metamórficos | Nova Lima  | -              | Filitos, xistos, formações ferríferas, dolomitos, quartzitos, metacherts, rochas máficas e metaultramáficas          |  |
|                   |                        | -          | -              | Gnaisses bandados, gnaisses migmatíticos, augen-gnaisses e granitos  |  |

<sup>1</sup> Modificada de Almeida *et al.* (2005).

### 2.2.2 - Geologia local

As rochas presentes no PEIT são as metassedimentares clásticas dos supergrupos Rio das Velhas, Minas e Grupo Itacolomi, cujo empilhamento encontra-se controlado por falhas de cavalgamento (Ferreira & Lazzarin 1993). Predominam na área, os quartzitos do Grupo Itacolomi, nos quais foram reconhecidas por Ferreira & Lazzarin (1993) as unidades informais *quartzitos inferiores* e *superiores*, separados por xistos do Supergrupo Rio das Velhas.

As rochas do Supergrupo Minas e do Grupo Itacolomi ocupam a maior parte da área do parque, e se distribuem por suas áreas mais elevadas, onde se destaca inclusive o próprio pico do Itacolomi. Na área é possível encontrar rochas intrusivas-metabásicas (Barbosa 1959) e depósitos recentes de laterita (Ferreira & Lazzarin 1993). Foram identificadas as seguintes unidades estratigráficas, como pode ser observado na *Figura 2.3*.



**Figura 2.3** - Mapa geológico do Parque Estadual do Itacolomi. Modificado do Plano de Manejo do PEIT (não publicado).

- I. **Embasamento cristalino (complexos metamórficos):** constituído por complexos metamórficos denominados de complexos: Bonfim, Moeda, Congonhas, Santa Rita, Caeté e Bação, constituídos principalmente por gnaisses e migmatitos (Herz 1970, Cordani *et al.* 1980, Teixeira 1982, Ladeira *et al.* 1983, Jordt-Evangelista & Müller 1986).
- II. **Supergrupo Rio das Velhas:** são rochas de natureza metavulcânica e metassedimentar, composto por 2 grupos (Dorr *et al.* 1957):
  - *Grupo Nova Lima:* Ladeira (1980) interpretou as rochas deste grupo como sendo representativas de uma seqüência do tipo “*greenstone belt*” e o caracterizou como sendo composto por 3 unidades, da base para o topo: unidade metavulcânica, unidade metassedimentar química e unidade metassedimentar clástica.
  - *Grupo Maquiné:* para Gair (1962) este grupo é composto por duas formações: Formação Palmital (filitos, filitos quartzosos, grauvacas, sericita-quartzito e metaconglomerados) e Formação Casa Forte (quartzitos sericíticos, xistosos e cloríticos).

- III. **Supergrupo Minas:** constituído por quartzitos, metaglomerados, metapelitos, itabiritos, e mármores, este grupo é composto por 4 grupos, dos quais 2 estão presentes na área estudada.
- *Grupo Piracicaba:* Dorr *et al.* (1957) reconheceram as seguintes unidades clásticas (quartzitos e filitos), da base para o topo: Formação Cercadinho, Formação Fecho do Funil, Formação Tabões e Formação Barreiro.
  - *Grupo Sabará:* constituído por filitos, xistos, metagrauvas, cherts e formações ferríferas (Gair 1958).
- IV. **Grupo Itacolomi:** este grupo é separado do Supergrupo Minas por uma discordância angular e erosiva (Guimarães 1931), constituído predominantemente por quartzitos, quartzitos conglomeráticos e lentes de conglomerado com seixos de itabirito, filito, quartzito e quartzo de veio (Dorr 1969).

### 2.3 – ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E PEDOLÓGICOS

Segundo Fernandes *et al.* (1988), o desenvolvimento geomorfológico do parque resulta de fatores como as diferentes resistências à erosão das rochas existentes na área, da forte ação do intemperismo, da estruturação resultante de ciclos deformacionais e de outros fatores relacionados ao soerguimento epirogênico do Quadrilátero Ferrífero.

A região do PEIT caracteriza-se por um relevo do tipo montanhoso, com altitudes variando de 700 até 1.772m (cume do pico do Itacolomi). O relevo apresenta vertentes bem íngremes e vales profundos e encaixados, características fortemente associadas à geologia local (Varajão 1988). Fernandes (1988) identificou três compartimentos geomorfológicos na área compreendida pelo parque:

Compartimento I – *cristas isoladas e relevo escarpado*: refere-se às rochas quartzíticas do Grupo Itacolomi, as cristas isoladas possuem as cotas de altitude mais elevadas da região podendo variar de 1.100 a aproximadamente 1.800m. Este compartimento caracteriza-se por possuir uma litologia muito resistente aos processos intempéricos, o que resulta nas cotas mais altas (Fernandes *et al.* 1988). A porção nordeste deste compartimento, com cumes de cota de 1640m em média, é caracterizada pela formação de platôs, com drenagens superficiais intermitentes, predominando as águas subterrâneas (Ferreira & Lazarin 1993). Segundo os estudos revisados por Castañeda (1993), o solo neste domínio quartzoso é naturalmente raso, o que conseqüentemente não permite o estabelecimento de uma vegetação permanente, uma vez que o solo é limitado em termos de fertilidade.

Compartimento II – *vertentes de topo convexo*: ocorre principalmente nas bordas da área do parque e esculpi as rochas pelíticas, principalmente os xistos do Supergrupo Rio das Velhas e os filitos do Grupo Piracicaba. A morfologia neste compartimento é mais suave, sem escarpas e cristas, predominando os peneplanos de topos convexos e encostas homogêneas caracterizado pela baixa declividade em cotas elevadas. Segundo Fernandes *et al.* (1988), o solo nesse compartimento é bem desenvolvido, argiloso e de cores variando de tonalidades amareladas a avermelhadas, constituindo principalmente os latossolos. Uma vegetação de pequeno porte é abundante em todo o compartimento, a qual oferece uma boa proteção à erosão para as encostas.

Compartimento III – *regiões planas*: embora constituído de regiões aplainadas, este compartimento está situado em cotas altas, variando de 1.100 a 1.500m, tendo sua morfologia como resultado da força do desgaste físico associada aos processos de deposição. Neste compartimento predominam os xistos do Supergrupo Rio das Velhas e o filito do Grupo Piracicaba. Esta litologia favorece a formação de lagoas naturais e artificiais, uma vez que oferece dificuldade na infiltração das águas de chuva (Fernandes *et al.* 1988). A vegetação neste compartimento é mais exuberante em relação à encontrada nos demais, resultado dos solos férteis e bem desenvolvidos presentes neste compartimento.

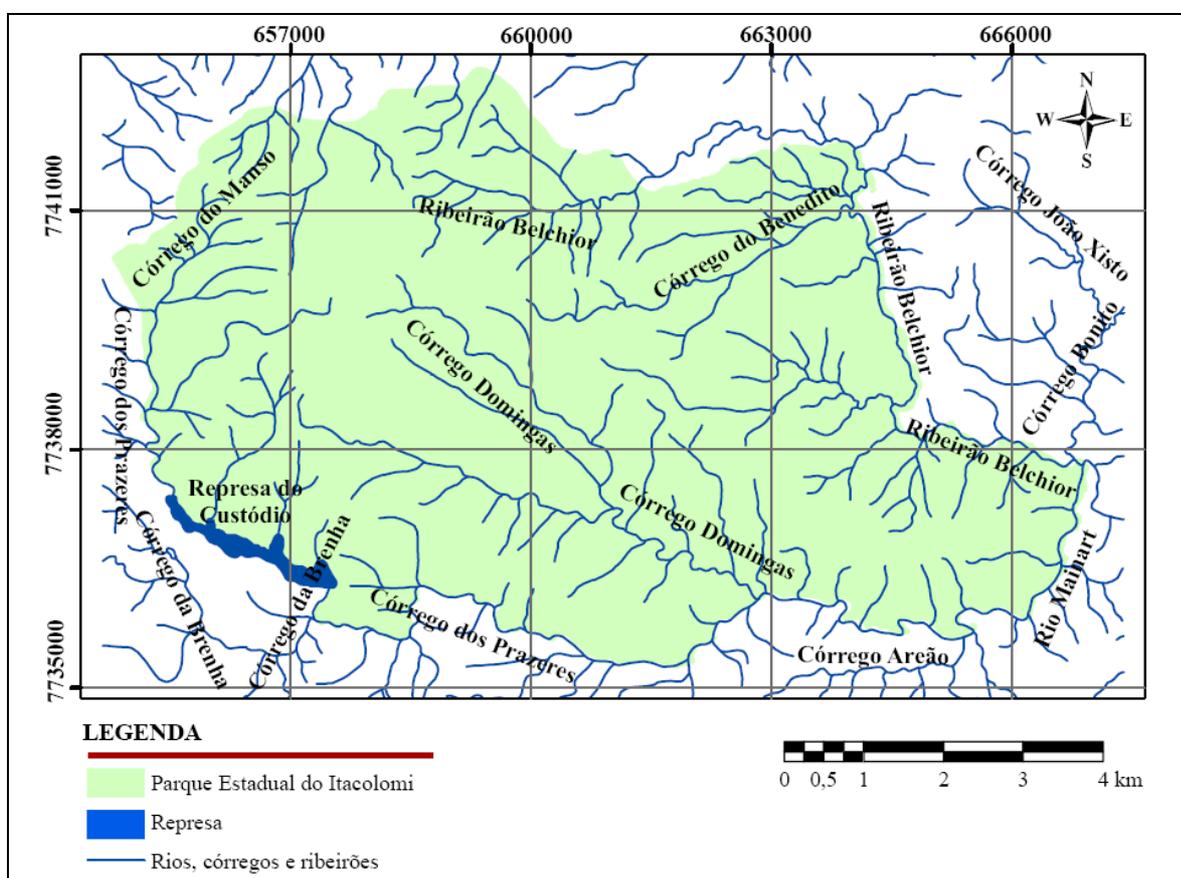
De acordo com Barbosa (1968), os solos são freqüentemente rasos e ferruginosos, de 2 tipos básicos: um arenoso claro associado aos quartzitos e um argiloso no qual predominam os latossolos vermelho-alaranjados. O desenvolvimento dos solos é variável e sua formação é resultado de processos intempéricos do material originário, quase sempre sobre materiais autóctones, como os quartzitos e micaxistos do Supergrupo Minas. Nos locais onde o relevo é ondulado ou plano ocorrem os latossolos, enquanto que os litossolos por sua vez, ocorrem em relevos mais escarpados.

## 2.4 – ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

Parte dos cursos d'água que percorrem a área do parque pertencem à bacia do rio do Carmo, que por sua vez contribui para a composição da bacia do rio Doce. Esta última é 5ª maior bacia hidrográfica do estado de Minas Gerais e compreende uma área de drenagem de 83.400km<sup>2</sup> (86% localizada no Estado Minas Gerais e 14% no Estado do Espírito Santo), na qual se observam diversos processos de degradação ambiental, caracterizada por impactos diretos na vegetação, no solo, na biodiversidade local e, sobretudo, na qualidade de suas águas.

Os principais cursos d'água do parque são o ribeirão Belchior e o rio Mainart que servem como limites do parque, além de seus afluentes e outros córregos que nascem e correm dentro do parque. O sistema de drenagem da região é definido como dentrítico e dentrítico-retangular.

O ribeirão Belchior nasce nas proximidades do pico do Itacolomi e deságua no rio Mainart após um pequeno percurso. Seu trecho é arenoso e possui uma área de drenagem de aproximadamente 28km<sup>2</sup>. Já o rio Mainart é formado pela união dos ribeirões da Cachoeira e do Falcão, até se encontrar com o ribeirão Belchior, quando passa a se chamar Gualaxo do Sul, que por sua vez deságua no ribeirão do Carmo. Os principais afluentes do rio Mainart são os ribeirões dos Prazeres, Belchior, Brumado, Vargem e Pinheiro. Em geral, apresenta trechos pedregosos e fortemente inclinados e flui sobre várias seqüências litológicas do Quadrilátero Ferrífero. O ribeirão dos Prazeres nasce com o nome de córrego do Manso próximo ao Morro do Cachorro e, deságua no rio Mainart entre os córregos do Baú e São Domingos (Oliveira 1999). A *Figura 2.4* mostra o mapa da rede hidrográfica do PEIT com os principais córregos e ribeirões encontrados em seus limites e arredores.



**Figura 2.4** - Mapa da rede hidrográfica do Parque Estadual do Itacolomi e arredores. Modificado de IBGE (2006).

## 2.5 – ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS E FITOFISIONÔMICOS

De acordo com a classificação climática de Köppen (1948), o clima da região pode ser dividido em 2 tipos, Cwa e Cwb. O primeiro, tropical de altitude, predomina nas partes menos elevadas e compreende um clima úmido, com chuvas de verão e verões quentes, e pluviosidade média anual que varia de 1.100 a 1.500mm; a estação seca é curta e a média das temperaturas ficam entre 19,5° e 21,8°C (a média do mês mais frio fica em torno de 18°C). O segundo tipo climático ocorre nos

níveis mais elevados e difere-se do anterior pelos verões mais brandos, onde a temperatura média é mais baixa, variando entre 17,4° e 19,8°C, e a média do mês mais quente é inferior a 22°C.

Com relação aos aspectos fitofisionômicos, a área do parque está situada no extremo oeste dos domínios da mata atlântica, na zona de transição com o cerrado, compondo o limite sul da Cadeia do Espinhaço. Sua vegetação compreende desde formações campestres até formações florestais, apresentando variações de acordo com o solo, disponibilidade de água, altitude e relevo (Lima *et al.* 2007). Na superfície cimeira estão os platôs constituídos por uma vegetação de estrato herbáceo, tais como os campos rupestres associados aos afloramentos rochosos, onde predominam as gramíneas (Família Gramineae), sempre-vivas (Família Eriocaulaceae), orquídeas (Família Orchidaceae) e canela-de-ema (Família Velloziaceae) (Ferreira & Lazarin 1993). Nos vales, drenagens e encostas mais baixas encontra-se uma vegetação mais espessa que nos arredores, variando de uma mata rala, constituída predominantemente por espécies arbustivas, até mata de galeria de maior porte (Oliveira 1999, Fujaco 2004).

Eiten (1972) e Coutinho (1976) classificam as fitofisionomias do cerrado. O primeiro apresentou 5 formas diferentes para definir estas fitofisionomias: cerradão, cerrado (sentido estrito), campo cerrado, campo sujo e campo limpo. Já o segundo, considerou os aspectos geomorfológicos e topográficos, as queimadas e as qualidades físicas e químicas dos solos, como fatores que explicariam a maior ou o menor desenvolvimento da vegetação de cada ecossistema do cerrado. Entretanto, de acordo com Coutinho (2006), no sentido estrito do conceito de bioma, atualmente o cerrado é considerado um complexo de biomas, formado por um mosaico de comunidades pertencentes a um gradiente de formações ecologicamente relacionadas, que vai de campo limpo a cerradão.

Muito rico floristicamente, sendo inclusive considerado a flora mais rica entre as savanas mundiais (Klink 1996), o cerrado destaca-se com relação à biodiversidade devido a sua grande extensão, heterogeneidade vegetacional e por abranger trechos das 3 maiores bacias hidrográficas da América do Sul – Tocantins-Araguaia, São Francisco e Prata. O cerrado contribui ainda com cerca de 5% da biodiversidade mundial (Klink 1995) e 1/3 da biota brasileira (Alho & Martins 1995).

De acordo com Benite *et al.* (2007), o cerrado é o bioma dominante na área do PEIT, designado por uma vegetação de fisionomia e flora próprias, classificada dentro dos padrões de vegetação do mundo como savana (Eiten 1994). Vale salientar que o protocolo proposto no presente trabalho, foi adaptado especificamente para as formações rupestres inseridas no bioma cerrado, nas quais as variações campo sujo e campo limpo se destacam na área do PEIT.

### 2.5.1 - Campo rupestre

O campo rupestre é um tipo fitofisionômico altamente especializado, reconhecido pela presença de espécies adaptadas morfológicamente e fisiologicamente a solos rasos com presença de afloramentos rochosos. Os indivíduos arbustivos e arbóreos concentram-se nas fendas entre as rochas, sendo a densidade variável dependente do volume do solo (Ribeiro & Walter 1998). No campo rupestre pode-se observar a presença da flora esclerófila adaptada a condições extremas, tais como alta insolação, bem como solos rasos com baixa umidade e nutricionalmente pobres. Além disso, esta fitofisionomia apresenta alto grau de endemismo e várias espécies ameaçadas de extinção (Mendonça & Lins 2000). Na área de estudo os campos rupestres variam dependendo de fatores como substrato, profundidade e fertilidade do solo, disponibilidade de água, bem como da posição topográfica em que se encontram.

Geralmente, as formações rupestres são campos abertos e atravessados por inúmeros riachos e rios permanentes com temperaturas extremas no inverno, às vezes abaixo de 0°C. Abrangem toda a área do PEIT acima de 1.200m de altitude, onde ocorrem os campos ferruginosos (encontrados sobre a canga, concreções de sesquióxido de ferro e alumínio) e quartzíticos (observados principalmente sobre um estrato herbáceo, presente nas fendas e pontões que a rocha quartzítica apresenta) (Messias *et al.* 1997). Além do PEIT, em Minas Gerais, os campos rupestres podem ser encontrados no Parque Nacional da Serra do Cipó e no Parque Natural do Caraça.

Com relação às variações campestres, vários são os trabalhos que estudaram e subdividiram as fitofisionomias dos mesmos, (Azevedo (1962, 1966); Eiten (1976, 1994); Rizzini & Heringer (1962); Ratter *et al.* (1973, 1978); Rizzini (1975, 1997); Goodland (1979); Oliveira-Filho & Martins (1986); Andrade *et al.* (2002) e Coutinho (2002)), entretanto, utilizar-se-á neste trabalho as terminologias campo sujo e campo limpo para designar as variações encontradas na área de estudo.

A fitofisionomia campo sujo, conforme classificada por Rizzini (1997) e Tannus & Assis (2004), é caracterizada por uma densa cobertura herbácea, principalmente graminosa, sobre a qual ocorrem indivíduos subarbustivos, arbustivos e, eventualmente pequenos indivíduos arbóreos com até 3m de altura, conforme mostrado na *Figura 2.5A*. Já a fitofisionomia campo limpo é caracterizada por uma vegetação predominantemente herbácea, com raros arbustos e destituída de árvores, sendo encontrada na área de estudo, em altitudes acima de 1.200m, conforme mostrada na *Figura 2.5B*.



**A** **B**  
**Figura 2.5** - Fitofisionomias de campo rupestres encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG. Em (A) observa-se a fitofisionomia campo sujo e em (B) campo limpo.



## CAPÍTULO III

### MÉTODOS E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

---

---

Os cursos d'água têm sido alvo dos mais variados tipos de intervenções ambientais e alterações em suas características naturais. Alterações estas, resultantes principalmente de ações como a urbanização, mineração e agricultura que implicam diretamente no uso dos recursos hídricos. A ocupação das bacias hidrográficas e conseqüentemente o uso das águas, altera as características físico-químicas e ambientais não apenas dos corpos d'água em si, mas também de suas margens e seu entorno, sendo poucos os cursos d'água que ainda mantêm suas condições naturais preservadas (Allan 1995).

A preocupação com o estado de degradação do meio ambiente induz a necessidade de se estabelecer métodos de avaliação que sejam eficientes tanto em nível da própria avaliação, quanto como auxiliares nas tomadas de decisões nos processos de gestão ambiental. Os problemas nos dados de qualidade da água disponíveis e as deficiências das redes de monitoramento têm levado muitos pesquisadores à reavaliarem os procedimentos comumente utilizados e a pensarem no estabelecimento de métodos úteis, eficazes e confiáveis que em conjunto com os métodos já existentes, potencializem os dados referentes ao real estado dos recursos hídricos sob avaliação. Enquanto os países desenvolvidos trabalham no aprimoramento de suas redes de monitoramento, criando novas ferramentas de avaliação e monitoramento ambiental dos seus recursos hídricos, os países em desenvolvimento começam a perceber a necessidade de implantação, melhoria e ampliação dos métodos utilizados para monitorar e avaliar as condições ambientais dos seus corpos d'água. A busca consiste na criação de ferramentas que avaliem o ecossistema de forma global, que não subestimem a verdadeira magnitude dos danos que estão sendo causados aos ambientes aquáticos.

Com o intuito de atingir os objetivos definidos neste trabalho foram utilizados métodos próprios que aliados à estratégias de ação pré-definidas foram essenciais e imprescindíveis na realização do mesmo. Para isso, conforme demonstrado na *Figura 3.1*, foram estabelecidas 6 etapas divididas em trabalhos de gabinete e de campo, que intercaladas ou realizadas em série, permitiram a realização de todos os requisitos necessários para o desenvolvimento do presente trabalho.

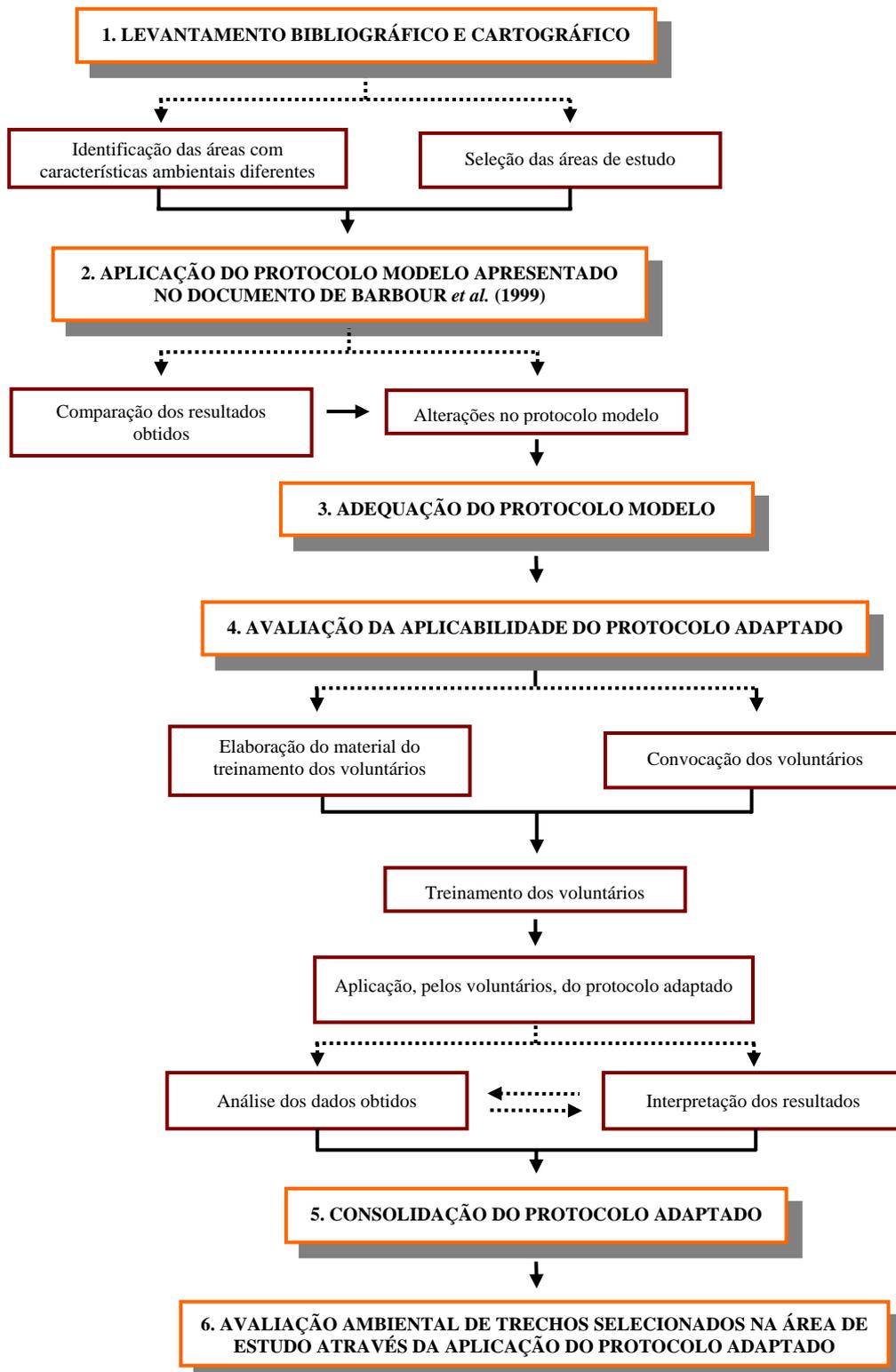


Figura 3.1 - Fluxograma referente às etapas pré-definidas para a realização do presente trabalho.

Os trabalhos de gabinete incorporaram além do levantamento bibliográfico e cartográfico, a análise dos dados coletados em campo e o exame das informações obtidas do grupo de voluntários envolvido neste estudo bem como a análise conjunta de todas as informações adquiridas durante o processo de execução deste trabalho.

Já os trabalhos de campo, envolveram a averiguação das informações coletadas por fontes bibliográficas e cartográficas, de modo a identificar a fidelidade das mesmas assim como a prática das estratégias de ação propostas inicialmente no estudo. Desta forma, as aplicações dos protocolos (modelo e adaptado), se incluem nos trabalhos realizados em campo, bem como a avaliação ambiental de trechos selecionados na região estudada.

### **3.1 – LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DA ÁREA DE ESTUDO**

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica das informações, de variada natureza, sobre a área de estudo em questão, destacando as seguintes características estudadas: tipos de cobertura vegetal (natural ou modificada), condições hídricas, rede de drenagem, mananciais, linhas de nascentes, unidades morfoedológicas, unidades geológicas e litológicas, ocupação agrícola e/ou urbana, vias de circulação, áreas sob impacto de usos inadequados e processos erosivos. Todas estas informações foram obtidas através de consultas ao acervo das bibliotecas da UFOP incluindo periódicos CAPES, estendendo-se às páginas da *internet*, e a contatos com outros pesquisadores que desenvolviam projetos na mesma área de estudo.

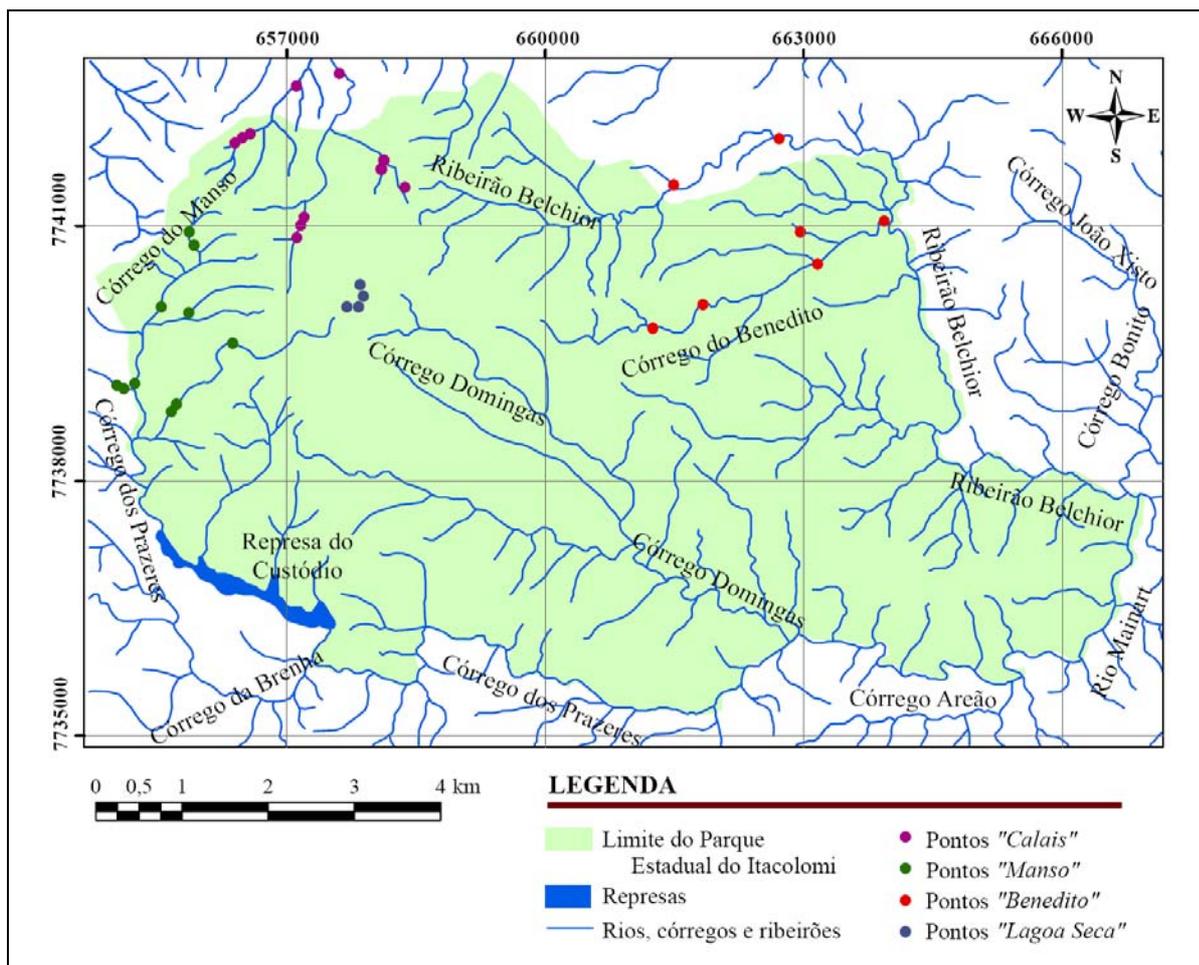
Com relação aos aspectos abordados pela análise cartográfica freqüentemente utilizados em estudos de natureza geomorfológica e ecomorfológica, sabe-se que todo relevo da Terra, qualquer que seja sua dimensão, tem a influência da estrutura que lhe impõe um comportamento morfoestrutural e também a influência do ambiente pretérito e atual que determina o padrão morfoescultural. Assim, Mescerjakov (1968) estabeleceu uma hierarquização para a classificação do relevo, criando uma abordagem metodológica para a geomorfologia e diversas pesquisas que se apóiam nas características geomorfológicas de determinadas regiões. Essa concepção, fundamentada na delimitação do relevo através dos conceitos de geotextura, morfologia e morfoescultura para posterior análise geomorfológica, passa, obrigatoriamente, pelas análises cartográficas. Seguindo esta concepção, fica evidente a importância da realização do levantamento cartográfico anterior a um trabalho que abrange, ao mesmo tempo, diversas características do ecossistema em estudo. Assim, o presente trabalho contou com uma análise cartográfica baseada em fotografias aéreas na escala de 1:25.000 obtidas do acervo cartográfico da UFOP. Também foram analisados mapas (geográfico, geológico, hipsométrico, litológico, de declividade, de vegetação e hidrológico) obtidos do plano de manejo do PEIT (ainda não publicado). Esta análise cartográfica além de ter auxiliado na avaliação das posições geográficas e dos

aspectos geomorfológicos e ecomorfológicos das bacias de drenagem e de seus cursos d'água, teve papel adjuvante na identificação e seleção dos pontos estudados.

### 3.1.1 - Identificação e seleção dos trechos de cursos d'água na área de estudo

A etapa de identificação dos trechos de cursos d'água teve suporte nas visitas de campo realizadas no período de março a junho de 2006 e na análise dos documentos obtidos no período compreendido pela pesquisa bibliográfica e cartográfica descrita no item anterior.

Os critérios utilizados para seleção dos trechos analisados foram baseados nas características ecomorfológicas dos cursos d'água, as quais incluem geologia local, vegetação, relevo e gradiente dos cursos d'água, bem como nas condições ambientais apresentadas pelos mesmos. Além disso, a facilidade de acesso aos trechos foi um critério determinante para a escolha dos locais nos quais foram aplicados os protocolos. A *Figura 3.2* mostra a distribuição geográfica dos 32 pontos escolhidos na região estudada, a qual inclui o PEIT e seus arredores.



**Figura 3.2** - Mapa de localização dos pontos utilizados na execução dos objetivos deste trabalho. Modificado de IBGE (2006).

É importante ressaltar que, os pontos escolhidos foram convencionalmente agrupados em 4 conjuntos de acordo com a sua localização geográfica, a saber: “Calais”, “Manso”, “Benedito” e “Lagoa Seca”. Desta forma, todos os conjuntos foram visitados e os protocolos – modelo e adaptado – foram aplicados. A aplicação dos protocolos pelos voluntários durante a oficina de monitoramento ambiental foi realizada em trechos dos conjuntos “Calais” e “Manso”.

### 3.2 – APLICAÇÃO DO PROTOCOLO MODELO

Com o propósito de adequar um PAR para os trechos de rios de alto<sup>3</sup> e baixo<sup>4</sup> curso para a área estudada, o protocolo apresentado por Barbour *et al.* (1999) foi utilizado como modelo. Para isto, várias visitas a campo foram realizadas entre os meses de abril de 2006 e março de 2007 (Figura 3.3). Todos os pontos escolhidos foram visitados e submetidos a avaliação das condições dos corpos d’água através da observação, *in situ*, de uma lista de parâmetros físicos e biológicos definidos no protocolo modelo, o qual é apresentado no Anexo I.



**Figura 3.3** - Aplicação do protocolo modelo de Barbour *et al.* (1999) em dois diferentes trechos no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG.

No protocolo modelo de Barbour *et al.* (1999), assim como no PAR desenvolvido por Callisto *et al.* (2002) e mais recentemente por Minatti-Ferreira & Beaumord (2006), os parâmetros analisados abrangem fatores que interagem no domínio da bacia de drenagem e cobrem uma ampla gama de características do rio analisado. No protocolo modelo, para cada um dos parâmetros avaliados é

<sup>3</sup> **Rios de alto curso:** estão relacionados à paisagens de elevada declividade. Naturalmente, possuem grandes desníveis entre as nascentes e as barragens, e possuem grande potencial hidráulico. Além disso, têm por características intrínsecas serem encaixados, possuem fluxo d’água com alta velocidade e apresentarem baixo grau de sinuosidade.

<sup>4</sup> **Rios de baixo curso:** estão relacionados à paisagens de baixa declividade. Via de regra, possuem um perfil longitudinal de baixo gradiente, isto é, com pequeno desnível entre as nascentes e a barragem. Possuem poucas corredeiras e cachoeiras de modo que a velocidade do escoamento é basicamente em função de seu volume, e, portanto, da dimensão da bacia de captação e do regime pluviométrico regional.

atribuído um valor correspondente à situação verificada no local da avaliação, variando de uma situação “pobre” (pontuação de 0 a 5), “razoável” (pontuação de 6 a 10), “sub-ótima” (pontuação de 11 a 15) até uma situação “ótima” (pontuação de 16 a 20).

É importante ressaltar que as aplicações do protocolo modelo foram realizadas a fim de definir a composição do gradiente de estresse ambiental e os componentes ecomorfológicos a serem utilizados na avaliação, possibilitando uma adequação dos parâmetros propostos no mesmo às especificidades ambientais encontradas na área de estudo. Várias visitas a campo foram realizadas em busca de locais que serviram de “referência” para a composição do gradiente de estresse ambiental relacionados aos componentes físicos dos *habitats* utilizados na avaliação e para a definição da hierarquização associada à pontuação. Os parâmetros avaliados nos trechos de rios de alto e baixo curso, adaptados para os cursos d’água inseridos em campos rupestres, são apresentadas detalhadamente no Capítulo IV – *Desenvolvimento do Protocolo*.

### **3.3 – AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DO PROTOCOLO ADEQUADO**

#### **3.3.1 - A participação dos voluntários**

O debate sobre a participação da sociedade tem ganhado forças nos últimos anos, principalmente diante das grandes dificuldades enfrentadas pelos gestores do meio ambiente, sobretudo problemas envolvendo políticas públicas e conflitos sócio-ambientais. As políticas participativas têm sido vistas como uma alternativa para obter a adesão da população local à proposta de conservação, bem como para a manutenção e monitoramento da integridade ambiental em longo prazo.

A idéia de inserção da sociedade no processo de monitoramento ambiental dos recursos hídricos através dos protocolos considera os aspectos políticos participativos no envolvimento da comunidade na sua aplicação. Através deste método, diferentes segmentos sociais estão aptos a utilizá-lo de maneira *funcional e interativa*<sup>5</sup> promovendo uma real participação nos processos de monitoramento e conseqüentemente de gerenciamento do meio ambiente (Pimbert & Pretty 2000). Neste sentido, os atores participantes deixam de ser vistos como meros agentes inertes envolvidos em projetos e passam a assumir uma posição de relevante importância nas tomadas de decisões acerca do ambiente que os cerca.

Com relação ao uso do voluntariado no monitoramento das águas, a EPA (2002) resalta que os dados coletados por grupos de voluntários podem ser usados como complemento às informações

---

<sup>5</sup> De acordo com Pimbert & Pretty (2000), na participação funcional são formados grupos compatíveis com objetivos pré-determinados por um projeto, o que pode envolver organizações já existentes ou provocar o surgimento de outras. A participação tende a não acontecer no início do planejamento e sim, quando determinadas decisões já foram tomadas. Já na participação interativa há participação em análises conjuntas, o que possibilita o controle das decisões locais pelas pessoas envolvidas.

coletadas pelas agências responsáveis pelo monitoramento dos recursos hídricos. Estas agências podem utilizar os dados obtidos dos voluntários para: (i) identificar potenciais problemas de integridade ambiental no intuito de promover esforços voltados à restauração; (ii) estabelecer condições de “referência” para locais não-monitorados em períodos anteriores às alterações em suas características naturais e (iii) avaliar o sucesso das práticas de gerenciamento designadas a mitigar os problemas ambientais. A EPA afirma também que, em geral, os programas de monitoramento que envolvem voluntários devem trabalhar corporativamente com as agências no desenvolvimento de programas de monitoramento ambiental.

Assim, com o objetivo de apresentar à comunidade local o PAR adaptado para os cursos d’água da área de estudo, promover a inserção de um segmento social específico no monitoramento dos recursos hídricos e, utilizar os dados gerados por este segmento na avaliação da aplicabilidade do protocolo adaptado, foi oferecida neste trabalho uma oficina de monitoramento ambiental, cuja temática envolveu o uso do método. Além disso, os resultados da oficina serviram para calibrar os parâmetros propostos no protocolo adaptado.

### 3.3.2 - Oficina de monitoramento ambiental: convocação e treinamento dos voluntários

A oficina de monitoramento ambiental foi realizada em duas etapas, compreendidas entre os dias 26 e 29 de julho de 2007, nas dependências do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – ICEB/UFOP e do PEIT. A oficina contou com a participação de 42 voluntários.

Na primeira etapa, realizada nos dias 26 e 27 de julho de 2007, adotou-se uma abordagem teórica que apresentou aos voluntários os objetivos e justificativas deste trabalho, a relevância do método utilizado, definições de indicadores ambientais e índices de integridade ambiental, o histórico dos protocolos, bem como suas vantagens e características, além dos parâmetros a serem analisados em campo na etapa prática da oficina (Figura 3.4).



**Figura 3.4** - Parte teórica da oficina de monitoramento ambiental oferecida aos voluntários.

O material de apoio didático da oficina contou com um roteiro, em forma de apostila, o qual continha informações sobre o uso dos protocolos, instruções sobre a aplicação do PAR adaptado e um guia visual composto por fotografias e exemplos de diferentes situações ambientais. Para facilitar a utilização do protocolo pelos voluntários, para cada parâmetro apresentado, havia uma breve descrição do mesmo. A criação do roteiro deu-se em função da diversidade das áreas de conhecimento dos voluntários envolvidos na oficina.

Já na segunda etapa realizada nos dias 28 e 29 de julho de 2007 no PEIT, os voluntários que participaram do treinamento teórico foram a campo aplicar – em dois pontos distintos –, o protocolo adaptado. Cada avaliador realizou a aplicação do protocolo individualmente. Metade dos avaliadores aplicou, em um ponto, a versão do protocolo adaptado para trechos de rios de alto curso e, a outra metade a versão adaptada para trechos de rios de baixo curso (Figura 3.5). Ao final desta atividade os voluntários responderam um questionário no qual uma série de informações importantes para consolidação do PAR foram obtidas (Anexo II). Os detalhes relativos aos resultados da oficina de monitoramento ambiental são apresentados no Capítulo V – *Consolidação do Protocolo*.



**Figura 3.5** - Aplicação do protocolo adaptado em dois diferentes trechos do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG. (A) aplicação em trecho de rio de alto curso, (B) trecho de baixo curso.

### 3.4 – CONSOLIDAÇÃO DO PROTOCOLO

Segundo Minatti-Ferreira & Beaumord (2006), o grande obstáculo para uma avaliação mais realista das condições da integridade biótica de ecossistemas aquáticos é justamente a ausência de índices adequados para avaliação de condições biológicas e físicas de *habitats*. Segundo os autores, o estabelecimento de indicadores de qualidade ambiental, mais especificamente aqueles relativos aos aspectos físicos, já que estes afetam diretamente a biota aquática, contribuiria em muito para complementar o elenco de ferramentas que poderiam ser utilizadas na definição da qualidade ambiental do ecossistema.

A ferramenta trabalhada neste estudo tem justamente a característica de agregar indicadores de qualidade ambiental referentes aos aspectos físicos do *habitat*. Desta forma, para a consolidação do protocolo adequado para os cursos d'água da área de estudo foi realizada uma análise e interpretação do padrão de respostas obtido com a realização da oficina de monitoramento ambiental.

### **3.4.1 - Análise estatística**

Freqüentemente, cientistas se preocupam em detectar diferenças entre médias de vários níveis de um fator, ou entre grupos diferentes de dados. Desenvolvido pelo inglês R. A. Fisher (1980 – 1962) e utilizado inicialmente para tratar dados de agricultura, o teste ANOVA (Análise de variância), que detecta estas diferenças, tem sido aplicado em várias outras áreas para análise de dados. Assim, considerando que os dados a serem testados pelo ANOVA devam seguir distribuição normal, como proposto por Hogg & Ledolter (1987), os dados obtidos da oficina de monitoramento ambiental foram submetidos a diferentes testes de normalidade (Anderson-Darling, Ryan-Joiner e Kolmogorov-Smirnov). Após a constatação positiva de que os dados seguem distribuição normal, o presente trabalho contou com uma análise e interpretação do padrão de respostas dos voluntários fundamentada e baseada neste teste de variância em que o *software* estatístico *Minitab*<sup>®</sup> foi utilizado (Minitab 2003). Para tal, foram consideradas variações estatisticamente significativas entre as médias das respostas dos avaliadores, valores de  $P$  menores que 0,05 ( $P < 0,05$ ).

## **3.5 – AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE TRECHOS SELECIONADOS NA ÁREA DE ESTUDO**

Para a realização da avaliação ambiental de trechos de rios selecionados na área de estudo, visitas a campo foram realizadas após a calibração do protocolo adequado e 7 pontos com diferentes níveis de impacto ambiental foram avaliados por 2 avaliadores instruídos, com exceção dos trechos 6 e 7, nos quais apenas 1 avaliador aplicou o protocolo adequado. Ao final do procedimento os resultados obtidos foram totalizados, analisados e comparados a uma condição “referência” a qual apresentaria os melhores aspectos do *habitat* relacionados no protocolo adaptado.



## CAPÍTULO IV

### DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO

---

---

A avaliação dos recursos hídricos tem sido considerada um importante instrumento de gestão ambiental que consiste no manejo de um conjunto de ações capazes de envolver diversos agentes sociais, econômicos e culturais tendo como objetivos compatibilizar os diversos usos da água, bem como disciplinar as ações antrópicas que se inserem nas políticas estabelecidas para atingir o almejado desenvolvimento sustentável. No entanto, o Brasil, apesar de representado na primeira reunião da Sociedade Internacional de Limnologia realizada em 1922, na cidade de Kiel - Alemanha, de acordo com Buss (2003), definitivamente não seguiu as tendências mundiais de avaliação e conservação dos sistemas fluviais. Este fato aumenta a necessidade e a responsabilidade, por parte das instituições de ensino e pesquisa e dos órgãos governamentais, de incentivar e implementar estudos que visam promover uma avaliação de caráter global dos ecossistemas lóticos do país, que enquanto recurso sócio-ambiental, apresenta relevante valor econômico e social, que constitui objeto de disputas e conflitos politicamente significativos.

O descaso com essa metodologia de avaliação ambiental fica evidente quando se analisa o documento *Programa Monitore* do Ministério do Meio Ambiente (MMA 1998), onde dos 65 projetos de monitoramento da qualidade das águas no Brasil apresentados, 59 são de águas doces, dos quais 42 de rios. Deste montante, 26 (61,9%) compreendem apenas análises físico-químicas e/ou bacteriológicas da água. Dos 16 programas de monitoramento restantes, que apresentam análises químicas e algum componente biológico, apenas 4 ainda estavam em funcionamento naquela data. No estudo de Buss (2003), o autor ressalta que isso representa menos de 10% dos projetos de qualidade da água em rios, dos quais apenas 2 apresentam a vaga descrição “*monitoramento de corpos d’água sem data prevista para finalização*”.

Este capítulo apresenta, inicialmente, uma breve descrição do protocolo modelo utilizado e os resultados referentes à aplicação deste protocolo na área de estudo. Em seguida são apresentados os resultados obtidos referentes à etapa de desenvolvimento e adequação do PAR para os corpos d’água da área estudada e por fim uma análise comparativa entre os diferentes protocolos existentes e o protocolo proposto no presente trabalho. Vale ressaltar que estes resultados se incluem dentro do elenco de questões científicas acordadas na literatura sobre a avaliação da integridade ambiental dos sistemas lóticos, que buscam alternativas ou a implantação de medidas complementares para o monitoramento dos recursos hídricos, especialmente os rios.

#### 4.1 – O PROTOCOLO MODELO DE BARBOUR *et al.* (1999)

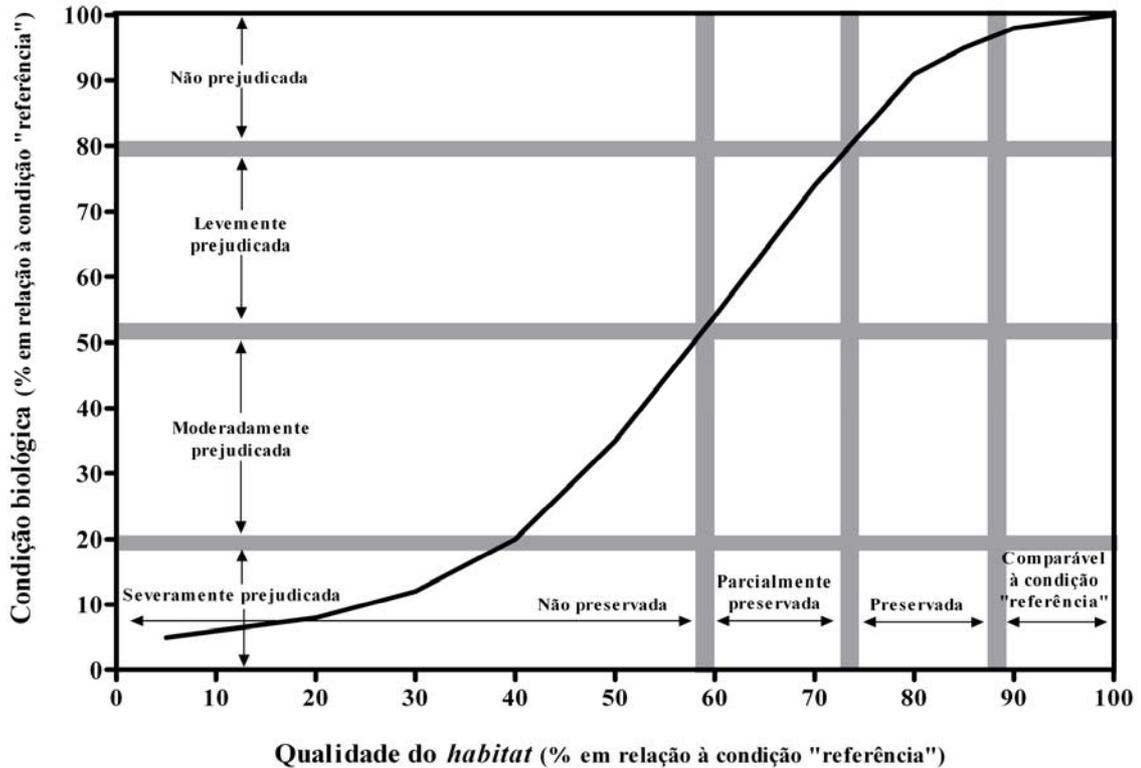
Durante a etapa de levantamento bibliográfico, foi possível através de uma pesquisa na literatura, encontrar o documento desenvolvido por Barbour *et al.* publicado em 1999, qualificado por uma compilação de vários métodos de avaliação rápida de rios existentes utilizados em todo território dos Estados Unidos por várias agências ambientais estaduais, (Agência de Proteção Ambiental de Ohio, Departamento de Proteção Ambiental da Flórida, Departamento de Recursos Naturais e Controle Ambiental de Delaware, Departamento de Proteção Ambiental de Massachusetts, Departamento de Proteção Ambiental de Kentucky e Departamento de Qualidade Ambiental de Montana). Neste documento é possível encontrar protocolos de avaliação rápida de comunidades aquáticas de macroinvertebrados bentônicos e de peixes, bem como de aspectos físicos do meio. De acordo com os autores, a escolha de um protocolo particular depende principalmente da proposta de monitoramento a ser seguida. Dentre as finalidades destes protocolos destacam-se (i) o uso pelas agências que ainda não possuem um método de avaliação estabelecido; (ii) o emprego como métodos alternativos ou ainda (iii) como complemento de programas de monitoramento já existentes (Barbour *et al.* 1999).

De acordo com Southwood (1977), o potencial biológico de um rio é limitado pela qualidade do meio físico no qual é formado um conjunto dentro do qual as comunidades biológicas se desenvolvem. Assim, a avaliação do meio físico de um sistema lótico, é definida como a avaliação da estrutura do *habitat* físico que influencia a qualidade da água e a condição das comunidades aquáticas que ali residem (Barbour *et al.* 1996). Variações nas condições ambientais afetam diretamente o padrão de vida, população e a distribuição micro ou macro-geográfica de organismos aquáticos (Smith 1974, Price 1975, Cooper 1984). A avaliação do meio físico permite entender a relação entre a qualidade do *habitat* e as condições biológicas do meio e, além disso, podem, por exemplo, identificar alterações óbvias nos sítios avaliados e provê informações básicas que auxiliam na interpretação de resultados biológicos (Barbour & Stribling 1991).

Barbour & Stribling (1991), assumindo que a qualidade da água deve permanecer constante, propõem uma relação previsível entre a qualidade do *habitat* e as condições biológicas de um ecossistema lótico. De acordo com os autores, esta relação pode ser facilmente observada através de uma representação gráfica, na qual uma curva sigmóide prevê o quão a qualidade do meio físico está relacionada com as condições biológicas do meio ou o quanto pode afetar as comunidades aquáticas.

No *eixo x* da curva, é representada a variação da qualidade do *habitat* que pode variar de “péssima” à “ótima”, de acordo com uma condição “referência” previamente estabelecida, e no *eixo y* é representada a variação da condição biológica correspondente à qualidade do *habitat* verificada. Assim, tanto a qualidade do *habitat* quanto a condição biológica, podem variar de 0 a 100% em

relação à condição “referência”, podendo ser categorizadas em diferentes níveis de integridade ambiental, conforme mostrado na *Figura 4.1*.



**Figura 4.1** - Relação entre a qualidade física do *habitat* e a condição biológica de um ecossistema aquático. Adaptada de Barbour & Stribling (1991).

De acordo com Barbour & Stribling (1991), a curva é dividida em 3 partes. A primeira, que se refere à parte superior da curva, reflete uma situação em que a qualidade física do *habitat* e a condição biológica do trecho avaliado são tidas como “ótimas” comparáveis à condição “referência” e não prejudicada. Como se observa, pequenas variações podem ocorrer na qualidade do *habitat* sem que, no entanto, a condição biológica do trecho sofra redução significativa. Na segunda parte, a porção mediana da curva, é possível observar que a diminuição da condição biológica é proporcional à diminuição da qualidade do *habitat*, ou seja, à medida que este diminui, a condição biológica responde com uma concomitante redução. Já na parte inferior da curva, a qualidade do *habitat* é considerada “péssima”, e a degradação ambiental nos trechos avaliados, afeta drasticamente a condição biológica do trecho. As comunidades biológicas encontradas nestas situações são consideradas tolerantes, oportunistas e podem resistir a condições altamente variáveis.

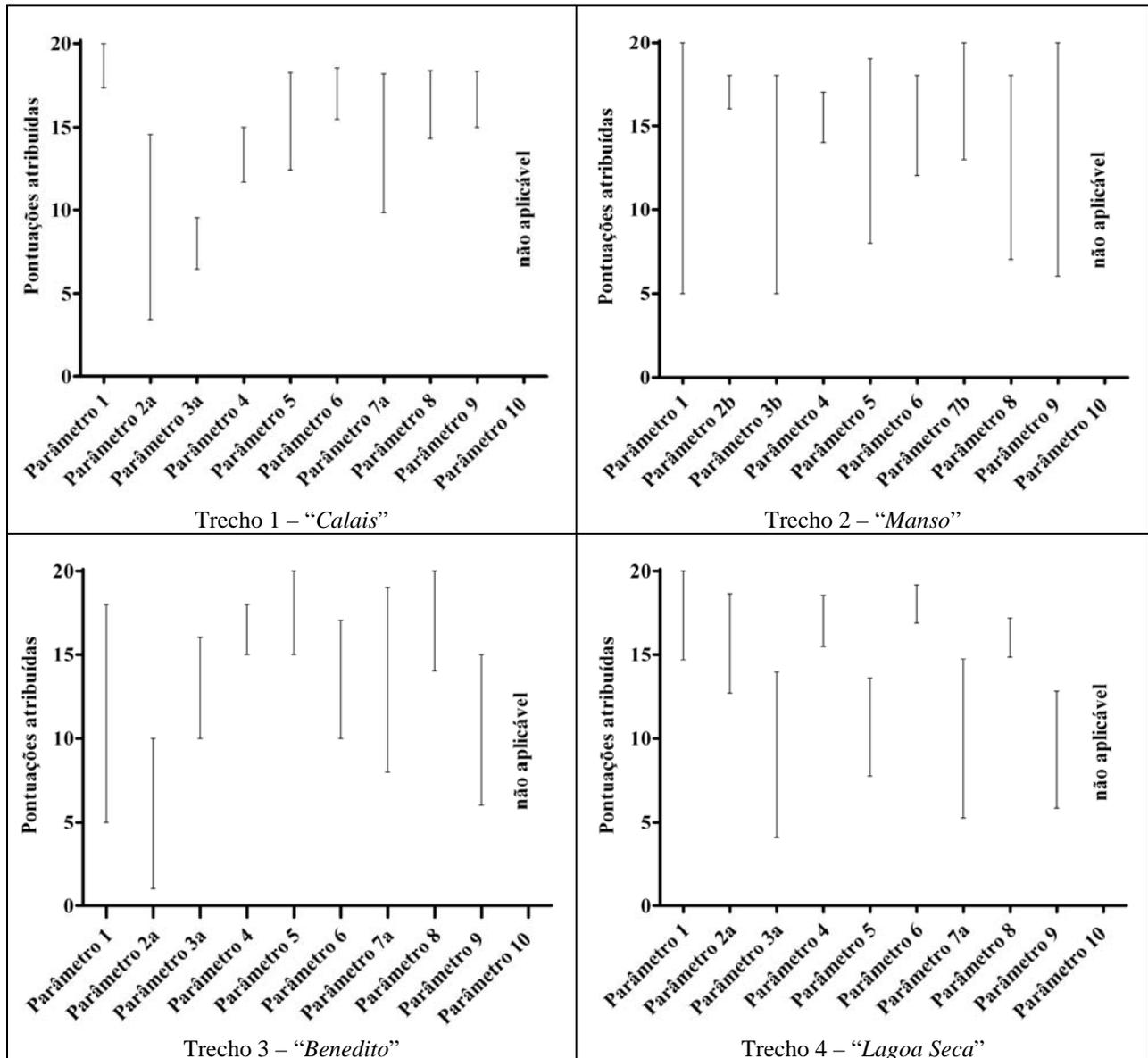
## 4.2 – RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PROTOCOLO MODELO

Conforme descrito no item 3.1.1 do Capítulo III – *Métodos e Estratégias de Ação*, 32 trechos de rios localizados na área do PEIT foram selecionados e visitados para aplicação e adaptação do protocolo modelo de Barbour *et al.* (1999). Os parâmetros considerados neste protocolo estão sumarizados na *Tabela 4.1*. Aqueles cuja numeração é acompanhada pela letra “a” referem-se aos parâmetros aplicáveis em trechos de alto curso, e aqueles cuja numeração é seguida pela letra “b”, referem-se aos aplicáveis a trechos de baixo curso. Já os parâmetros cuja numeração não é acompanhada por letras, são aplicáveis a trechos tanto de alto quanto de baixo curso.

**Tabela 4.1** - Relação dos parâmetros propostos na avaliação global do *habitat* no protocolo modelo de Barbour *et al.* (1999)

| Parâmetros                               |
|--|
| 1. Cobertura de substrato disponível     |
| 2a. Soterramento                         |
| 2b. Substrato em poços                   |
| 3a. Regimes de velocidade/profundidade   |
| 3b. Variabilidade dos poços              |
| 4. Deposição de sedimentos               |
| 5. Condições de escoamento do canal      |
| 6. Alteração do canal                    |
| 7a. Frequência de corredeiras            |
| 7b. Sinuosidade do canal                 |
| 8. Estabilidade das margens              |
| 9. Proteção das margens pela vegetação   |
| 10. Largura da zona de vegetação ripária |

Em todos os trechos selecionados foram realizadas de 3 a 5 aplicações do protocolo modelo por mais de um avaliador e, para a representação dos resultados referentes a essas aplicações, foram selecionados os dados obtidos da avaliação de um trecho aleatório de cada conjunto de pontos definidos (“*Calais*”, “*Manso*”, “*Benedito*” e “*Lagoa Seca*”). Assim, a *Figura 4.2* apresenta a variação das pontuações atribuídas aos parâmetros analisados nos diferentes trechos selecionados.



**Figura 4.2** - Variação das pontuações atribuídas aos parâmetros analisados nos diferentes trechos selecionados. Os trechos 1, 3 e 4 são de alto curso e o trecho 2 de baixo curso. Foram realizadas de 3 a 5 avaliações, por mais de um avaliador, em cada um dos trechos.

De um modo geral, é possível observar nos resultados acima, uma grande variação das pontuações atribuídas a cada parâmetro, explicada pela incoerência entre a descrição das categorias estabelecidas no PAR modelo e as características verificadas nos trechos, o que dificultou a associação da situação real verificada a uma categoria de avaliação específica (“ótima”, “sub-ótima”, “razoável” e “pobre”). De acordo com Tejerina-Garro *et al.* (2005), para se avaliar os reais danos causados aos ambientes aquáticos, são necessárias adaptações em atributos já utilizados ou a elaboração de novos parâmetros, de acordo com as características fisiográficas da região e da biota local.

É importante salientar que o protocolo utilizado como modelo, foi desenvolvido para a avaliação rápida de rios localizados em regiões temperadas dos Estados Unidos e não para rios tropicais, como é o caso dos trechos avaliados no presente trabalho. O padrão de respostas verificado na *Figura 4.2* demonstra esta incoerência e reforça a necessidade de adaptações para a aplicação do método na região estudada.

O método de avaliação rápida torna-se aplicável a partir das adequações às características regionais e locais que se pretende avaliar e quando desrespeitada esta necessidade os resultados obtidos podem mascarar a real situação do local. O presente trabalho propôs uma série de adaptações aos parâmetros analisados no protocolo modelo. Os detalhes relativos às categorias de condições ambientais estabelecidas, bem como as adequações propostas para cada parâmetro são apresentadas no item que se segue.

### **4.3 – ADEQUAÇÃO DO PROTOCOLO MODELO À REGIÃO DE ESTUDO**

Entender as características e o funcionamento dos corpos hídricos é fundamental para a preservação e manutenção dos ecossistemas aquáticos, principalmente quando se parte do pressuposto de que as condições biológicas de um rio estão relacionadas com os aspectos físicos do *habitat*. Portanto, informações técnico-científicas geradas por universidades e instituições de pesquisa representam importante subsídio e embasamento para a incorporação da abordagem global e sistêmica da avaliação física do *habitat* de um ecossistema lótico, nos métodos tradicionalmente utilizados.

De acordo com Callisto & Moreno (2006), os debates sobre as ferramentas a serem utilizadas em programas de monitoramento dos sistemas hídricos se intensificam na medida em que as bacias hidrográficas são consideradas unidades espaciais de estudo para o planejamento, gerenciamento e desenvolvimento humano na paisagem.

Portanto, tendo em vista a importância ecológica, econômica e social dos ambientes aquáticos continentais, bem como a necessidade da inclusão de fatores abrangentes e interativos na avaliação dos mesmos, que visam cobrir uma ampla gama de características do rio analisado, este trabalho propõe a avaliação de um conjunto de parâmetros de caráter geomorfológico, sedimentológico, ecológico e biológico, a ser utilizado como instrumento de monitoramento ambiental. A *Tabela 4.2*, sumariza os parâmetros considerados no presente trabalho.

**Tabela 4.2** - Relação dos parâmetros propostos na avaliação global do *habitat* de rios de alto ou baixo curso para a área de estudo.

| Parâmetros  | Proporções relativas (unidade de avaliação) |
|---|---|
| 1. Substratos e/ou <i>habitats</i> disponíveis <sup>A, B</sup>    | (%)   |
| 2. Substratos em poços <sup>B</sup>                               | -   |
| 3. Soterramento <sup>A</sup>                                      | (%)   |
| 4. Regimes de velocidade/profundidade <sup>A, B</sup>             | -   |
| 5. Diversidade dos poços <sup>B</sup>                             | -   |
| 6. Deposição de sedimentos <sup>A, B</sup>                        | (%)   |
| 7. Condições de escoamento do canal <sup>A, B</sup>               | (%)   |
| 8. Alterações no canal <sup>A, B</sup>                            | -   |
| 9. Sinuosidade do canal <sup>B</sup>                              | -   |
| 10. Frequência de corredeiras <sup>A</sup>                        | -   |
| 11. Estabilidade das margens <sup>A, B</sup>                      | (%)   |
| 12. Proteção das margens pela vegetação <sup>A, B</sup>           | (%)   |
| 13. Estado de conservação da vegetação do entorno <sup>A, B</sup> | -   |

Observação: <sup>A</sup> parâmetros avaliados em trechos de rios de alto curso e <sup>B</sup> baixo curso.

Para cada parâmetro uma pontuação, entre 0 e 20 pontos, correspondente à categoria de sua condição ambiental, é atribuída. Os valores são distribuídos de acordo com o gradiente de estresse ambiental verificado no local da avaliação, podendo variar desde uma condição considerada “ótima”, até uma condição “péssima”, passando por situações intermediárias “boa” e “regular”, conforme apresentado na *Tabela 4.3*.

**Tabela 4.3** - Categorização das condições ambientais consideradas no protocolo adaptado<sup>1</sup>

| Categorias das condições | Pontuações |
|--------------------------|------------|
| <i>Ótima</i>             | 16 a 20    |
| <i>Boa</i>               | 11 a 15    |
| <i>Regular</i>           | 6 a 10     |
| <i>Péssima</i>           | 0 a 5      |

<sup>1</sup>Para a avaliação do parâmetro “*Regimes de velocidade/profundidade*”, em trechos de rios de alto curso, considerar-se-á apenas as condições “ótima”, “boa” e “regular” e para o parâmetro “*Condições de escoamento do canal*”, avaliado no período de estiagem, considerar-se-á apenas as condições “ótima”, “boa” e “péssima”.

A pontuação aumenta na mesma proporção da qualidade do *habitat*, e pode variar de acordo com o local das observações. Para os parâmetros cuja avaliação envolve as margens do canal (esquerda e direita), como nos parâmetros 11, 12 e 13 (apresentados na *Tabela 4.2*), a pontuação é atribuída a cada margem separadamente. Nestes casos, as margens poderão apresentar diferentes condições ambientais e a avaliação do trecho com relação a estes parâmetros, é obtida através do somatório das pontuações verificadas em cada uma das margens.

O resultado final do protocolo é obtido a partir do somatório dos valores atribuídos a cada parâmetro proposto. As pontuações finais refletem o nível de integridade ambiental encontrada nos trechos de bacias estudados. Com isto, os valores correspondentes às situações verificadas nos trechos a serem avaliados são apresentados na *Tabela 4.4*.

**Tabela 4.4** - Valores totais correspondentes às diferentes categorias de condições ambientais, para trechos de rios de alto e baixo curso.

| Categorias das condições | Pontuações  |            |
|--------------------------|-------------|------------|
|                          | Baixo curso | Alto curso |
| <i>Ótima</i>             | 166 a 220   | 151 a 200  |
| <i>Boa</i>               | 111 a 165   | 101 a 150  |
| <i>Regular</i>           | 56 a 110    | 51 a 100   |
| <i>Péssima</i>           | 0 a 55      | 0 a 50     |

O protocolo adequado para avaliação ambiental dos cursos d'água da área de estudo é apresentado no *Anexo III* e os parâmetros adaptados e propostos são descritos detalhadamente a seguir.

#### 4.3.1 - Parâmetro 1: Substratos e/ou habitats disponíveis

O primeiro parâmetro a ser analisado, aplicável em trechos de rios de alto e baixo curso, diz respeito aos “*Substratos e/ou habitats disponíveis*”. De acordo com Barbour *et al.* (1999), este parâmetro inclui a quantidade e a variedade relativa de estruturas naturais no rio, tais como: seixos, rochas grandes, troncos e galhos de árvores caídos, além de margens escavadas disponíveis para a biota aquática como refúgio, alimento e local de desova. Berkman & Rabeni (1987) afirmam que a perda de *habitats* aquáticos pode ser resultante de processos de assoreamento, já que o rio torna-se cada vez mais raso, estreito e canalizado. Como consequência deste processo, as espécies que vivem sobre o fundo do rio, são privadas das condições adequadas de alimentação e reprodução, contribuindo diretamente para o declínio da biodiversidade do sistema.

De acordo com Allan (1995), a diversidade e abundância das comunidades aquáticas estão estritamente relacionadas com a maior estabilidade dos substratos e com a presença de matéria orgânica no leito dos rios. Diversos estudos que tratam da relação “substrato-organismo” entendem que o substrato é um aspecto fundamental do ambiente físico sendo importante para a manutenção do ecossistema aquático e sua biota local (Cummins 1962, Hynes 1970, Minshall 1984). Portanto, devido à complexa influência deste parâmetro no funcionamento do ecossistema lótico, o mesmo foi incluído no protocolo proposto para a área de estudo.

A adequação deste parâmetro baseou-se nas características observadas em campo, em trechos selecionados no interior do PEIT, considerados locais “referência” por apresentarem condições de integridade ambiental, conforme pode ser observado na *Figura 4.3*. As alterações que possibilitaram a adequação deste parâmetro para torná-lo aplicável à área de estudo consistiram na modificação das

proporções relativas estabelecidas para cada situação verificada no protocolo modelo de Barbour *et al.* (1999).



**Figura 4.3** - Condições “referência” encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG, em um trecho de rio de alto curso (A) e em um trecho de baixo curso (B). Em ambos é possível observar a presença de vários tipos e tamanhos de substratos, mistura de folhas, galhos e troncos submersos, o que caracteriza a situação dos trechos como “ótima”.

Assim uma situação “ótima” (nota 16 a 20) deve ser atribuída a trechos que apresentam, em mais de 70% de sua extensão (para trechos de rios de alto curso) ou 50% (para trechos de rios de baixo curso), substratos favoráveis à colonização da epifauna e abrigo para insetos aquáticos, anfíbios ou peixes, e ainda quando há uma mistura de galhos, margens escavadas, seixos ou outros *habitats* disponíveis. Quando, no trecho avaliado, essas proporções encontram-se entre 50 e 70% (alto curso) e entre 31 e 50% (baixo curso) considera-se a situação como “boa” (nota 11 a 15). Para proporções entre 21 e 50% (alto curso) e entre 21 e 30% (baixo curso) considera-se a situação como “regular” (nota 6 a 10). Por fim, ao observar uma situação muito diferente da condição “referência”, onde a falta de *habitats* é óbvia, ou mais de 80% da extensão do trecho avaliado (alto e baixo curso) apresenta *habitats* monótonos, ou com pouca diversificação, considera-se a situação como “péssima” (nota 0 a 5). (Quadros 4.1a e 4.1b).

**Quadro 4.1a** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Substratos e/ou habitats disponíveis*” para trechos de rios de alto curso da área de estudo.

| ÓTIMA   |    |    |    |    | BOA   |    |    |    |    | REGULAR   |   |   |   |   | PÉSSIMA  |   |   |   |   |   |
|---|----|----|----|----|---|----|----|----|----|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|
| Mais de 70% do trecho avaliado apresenta substratos favoráveis à colonização da epifauna e abrigo para insetos aquáticos, anfíbios ou peixes. Observa-se também uma mistura de galhos, margens escavadas, seixos ou outros <i>habitats</i> disponíveis. |    |    |    |    | De 50 a 70% do trecho avaliado apresenta substratos apropriados à colonização e manutenção da epifauna. Existem substratos adicionais aptos à colonização, como por exemplo, troncos ou galhos inclinados sobre o curso da água, mas que ainda não fazem parte do substrato do rio. |    |    |    |    | Entre 21 e 50% do trecho avaliado apresenta <i>habitats</i> estáveis mesclados, apropriados à colonização de espécies aquáticas. Pode haver trechos em que a velocidade da água não permite a estabilização dos substratos que podem ser algumas vezes removidos. |   |   |   |   | A falta de <i>habitats</i> é óbvia, ou mais de 80% do trecho avaliado apresenta <i>habitats</i> monótonos ou com pouca diversificação. Não há presença de cascalhos, seixos rolados ou vegetação aquática. |   |   |   |   |   |
| 20  | 19 | 18 | 17 | 16 | 15  | 14 | 13 | 12 | 11 | 10  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5  | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

**Quadro 4.1b** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Substratos e/ou habitats disponíveis*” para trechos de rios de baixo curso da área de estudo.

| ÓTIMA   |    |    |    |    | BOA  |    |    |    |    | REGULAR  |   |   |   |   | PÉSSIMA   |   |   |   |   |   |
|---|----|----|----|----|--|----|----|----|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mais de 50% do trecho avaliado apresenta vários tipos e tamanhos de substratos favoráveis à colonização da epifauna e abrigo para insetos aquáticos, anfíbios ou peixes. Observa-se também uma mistura de folhas, galhos e troncos submersos, margens escavadas, seixos ou outros <i>habitats</i> estáveis. |    |    |    |    | De 31 a 50% do trecho avaliado apresenta substratos apropriados à colonização e manutenção da epifauna. Existência de alguns <i>habitats</i> em potencial como, por exemplo, troncos e galhos inclinados sobre o curso da água, mas que ainda não fazem parte do substrato do rio. |    |    |    |    | Entre 21 e 30% do trecho avaliado apresenta <i>habitats</i> estáveis mesclados apropriados à colonização. Em alguns trechos a velocidade da água não permite a estabilização dos substratos que são algumas vezes removidos. |   |   |   |   | Mais de 80% do trecho avaliado apresenta <i>habitats</i> monótonos ou com pouca diversificação. Não há presença de galhos, cascalhos, seixos rolados ou vegetação aquática. |   |   |   |   |   |
| 20  | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

### 4.3.2 - Parâmetro 2: Substratos em poços

O parâmetro “*substrato em poços*”, aplicado apenas em trechos de rios de baixo curso, avalia o tipo e a condição do substrato do fundo que ocorre nos poços. De acordo com Beschta & Platts (1986), substratos firmes e com plantas aquáticas enraizadas suportam uma variedade mais ampla de organismos que os substratos com predomínio de argila ou fundo rochoso e sem plantas.

Allan (1995) afirma que a grande variedade de substratos com composição mineral, forma, tamanho, área da superfície, textura e espaços intersticiais, têm influência direta na distribuição e abundância dos organismos. Os detritos orgânicos, em associação com as partículas inorgânicas e com material clástico, ofertam substratos variados para fixação e colonização de plantas e invertebrados, criando *habitats* favoráveis à reprodução, abrigo e refúgio para a biota aquática (Gore & Shields 1995).

A análise deste atributo pelo protocolo adequado considera que em locais onde são encontrados poços contendo tipos e tamanhos variados de substratos, com predominância de cascalho e areia, sendo comum a presença de raízes entrelaçadas e vegetação submersa, a situação é considerada “ótima” (nota 16 a 20). Uma situação “boa” é considerada em trechos nos quais predominam uma mistura de areia não compactada e argila no fundo dos poços, estando presentes algumas raízes entrelaçadas e pouca vegetação submersa (nota 11 a 15). Quando o fundo dos poços está preenchido por lodo e com pouca areia e argila a situação é considerada “regular” (nota 6 a 10). Neste caso poucas raízes entrelaçadas são observadas não havendo vegetação submersa no trecho sob avaliação. Por fim, quando os poços apresentam fundo rochoso ou argiloso e tanto as raízes entrelaçadas quanto a vegetação submersa estão ausentes, a condição é considerada “péssima” (nota 0 a 5) (Quadro 4.2).

**Quadro 4.2** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Substratos em poços*” para trechos de rios de baixo curso da área de estudo.

| ÓTIMA  |    |    |    |    | BOA  |    |    |    |    | REGULAR   |   |   |   |   | PÉSSIMA   |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|--|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Poços com vários tipos e tamanhos de substratos, há predominância de cascalho e areia. Comum a presença de raízes entrelaçadas e vegetação submersa. |    |    |    |    | No fundo há uma mistura de areia não compactada e argila. Algumas raízes entrelaçadas e pouca vegetação submersa podem ser observadas. |    |    |    |    | Fundo dos poços com predomínio de lodo e com pouca areia e argila. Poucas raízes entrelaçadas e ausência de vegetação submersa. |   |   |   |   | Poços com fundo rochoso ou argiloso. Ausência de raízes entrelaçadas e de vegetação submersa. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Vale ressaltar que baseado na análise dos resultados obtidos durante a aplicação do protocolo modelo (Figura 4.2), nenhuma modificação foi necessária para adequar este parâmetro à área de estudo, podendo o mesmo ser aplicado conforme proposto no protocolo de Barbour *et al.* (1999). Duas diferentes situações, observadas em dois trechos do interior do PEIT, são ilustradas na *Figura 4.4*.



**Figura 4.4** - Diferentes situações, relativas ao parâmetro “*substratos nos poços*”, observadas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG. Em (A) observa-se uma condição “ótima” onde é evidente a presença de raízes entrelaçadas e detritos orgânicos no fundo de um pequeno poço. Em (B), onde é possível observar, no fundo de um pequeno poço, uma mistura de areia não compactada e argila com algumas raízes entrelaçadas, a condição é considerada “boa”.

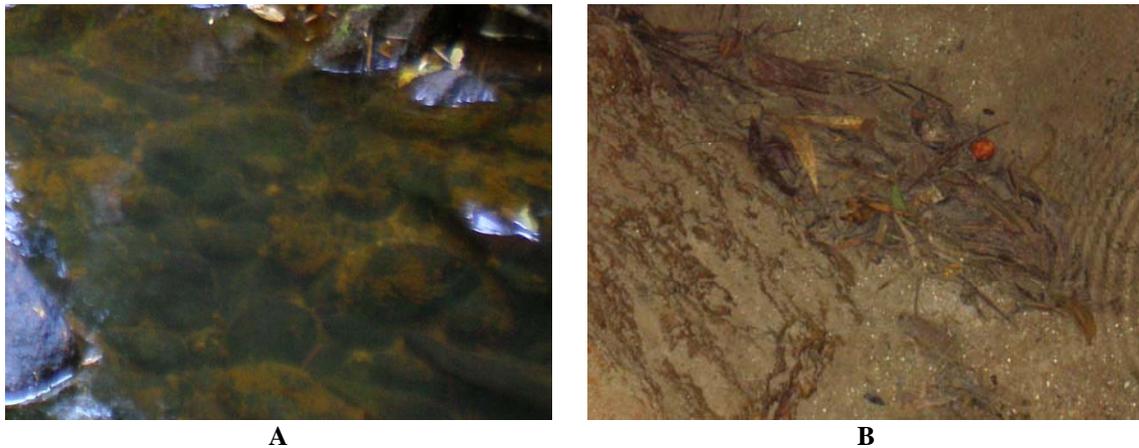
### 4.3.3 - Parâmetro 3: Soterramento

O conceito de “*soterramento*” foi introduzido originalmente por Klamt (1976) e Kelley & Dettman (1980) e, posteriormente, autores como Platts *et al.* (1983), Fitzpatrick *et al.* (1998) e MacDonald *et al.* (1991) o aprimoraram. Desta forma, soterramento refere-se à extensão na qual a rocha, cascalho, seixos, partículas de clastos e galhos estão cobertos ou mergulhados no fundo do rio dentro da fração areia, silte ou argila, o que reduz a área de superfície disponível para a biota aquática.

É possível encontrar na literatura várias formas de se avaliar o soterramento, contudo apesar de ser um parâmetro mensurável, Sylte & Fischenich (2002) afirmam que sua avaliação visual fornece informações úteis de acordo com a proposta de monitoramento. De acordo com os autores, a medida do soterramento pode ser utilizada para avaliar os *habitats* disponíveis para macroinvertebrados e para a procriação de peixes, podendo ainda ser usada como uma medida da qualidade da água. Altos níveis

de soterramento estão correlacionados com uma baixa produtividade biótica (Barbour & Stribling 1991).

Para tornar mais condizente a avaliação deste parâmetro às características ambientais da área de estudo e diminuir a grande divergência das pontuações verificadas na aplicação do protocolo modelo (Figura 4.2), as modificações consistiram na alteração das proporções relativas estimadas para cada condição, as quais caracterizam o gradiente de estresse ambiental. Aplicável apenas em trechos de alto curso, o soterramento deve ser estimado preferencialmente à montante das corredeiras, e em áreas onde o substrato é pedregoso como mostrado na *Figura 4.5*.



**Figura 4.5** - Diferentes situações, relativas ao parâmetro “soterramento”, observadas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG. Em (A) observa-se uma condição “ótima” e em (B) uma situação “péssima”, com presença de sedimento fino cobrindo os cascalhos, seixos e partículas de clastos, diminuindo significativamente a disponibilidade de *habitats* para a biota local.

Em locais onde cascalhos, seixos, partículas de clastos e galhos têm menos de 20% de suas áreas superficiais cobertas por sedimento fino, a condição é considerada “ótima” (nota 16 a 20). Em uma situação como esta os seixos mergulhados fornecem uma grande diversidade de nichos ecológicos. Uma situação “boa” é considerada quando esta porcentagem está entre 20 e 40%, e neste caso a nota pode variar de 11 a 15. Quando esta proporção relativa se encontra entre 60 e 80% a situação é tida como “regular” (nota 6 a 10) e, a situação é considerada “péssima” (nota 0 a 5) quando mais de 80% da área superficial dos cascalhos, seixos, partículas de clastos e galhos está coberta por sedimento fino (Quadro 4.3).

**Quadro 4.3** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Soterramento*” para trechos de rios de alto curso da área de estudo.

| ÓTIMA  |    |    |    |    | BOA   |    |    |    |    | REGULAR   |   |   |   |   | PÉSSIMA   |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|---|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cascalhos, seixos, partículas de clastos e galhos têm menos de 20% de suas superfícies cobertas por sedimento fino. Os seixos mergulhados fornecem grande diversidade de nichos. |    |    |    |    | Cascalhos, seixos, partículas de clastos e galhos têm de 20 a 40% de suas áreas superficiais cobertas por sedimento fino. |    |    |    |    | Cascalhos, seixos, partículas de clastos e galhos têm de 60 a 80% de suas áreas superficiais cobertas por sedimento fino. |   |   |   |   | Cascalhos, seixos, partículas de clastos e galhos têm mais de 80% de suas áreas superficiais cobertas por sedimento fino. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15  | 14 | 13 | 12 | 11 | 10  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

#### 4.3.4 - Parâmetro 4: Regimes de velocidade/profundidade

O quarto parâmetro avaliado, “*regimes de velocidade/profundidade*” mede a presença de diferentes regimes nos rios. Os cursos d’água que se caracterizam como os de melhores condições, em termos deste parâmetro, são os que apresentam uma mistura dos padrões (1) rápido/raso, (2) lento/raso, (3) rápido/profundo e (4) lento/profundo (Barbour *et al.* 1999). Além disto, a ocorrência dos quatro padrões traduz a capacidade do ecossistema aquático de fornecer e manter um ambiente aquático estável.

Este parâmetro é avaliado em trechos de rios de alto e baixo curso e como definição dos quatro tipos de regime são considerados as seguintes variáveis: o regime será considerado rápido caso a velocidade da água pelo canal seja superior a 0,3m/s e, profundo caso a altura da lâmina d’água no canal seja maior que 0,5m. No protocolo modelo de Barbour *et al.* (1999), em ambos os gradientes, o parâmetro é avaliado da mesma forma, dividido em 4 categorias de acordo com o número de regimes encontrados no trecho sob avaliação, ou seja, “ótima”, “sub-ótima”, “razoável” e “péssima”. Entretanto, baseado nas condições “referência” encontradas em rios de alto curso da área de estudo, considerou-se para estes, a existência de 3 categorias (“ótima”, “boa” e “regular”). Desta forma, para este gradiente a avaliação considera que a presença de pelo menos 2 regimes, com presença obrigatória do regime rápido/raso, reflete uma situação considerada “ótima” (nota 16 a 20). A situação é considerada “boa” quando é observada no trecho a presença de 2 regimes com ausência do regime rápido/raso (nota 11 a 15). E por fim, a situação é considerada “regular” quando há predominância de apenas 1 regime, e se houver a prevalência de um regime do tipo lento, a pontuação deve ser menor (nota 0 a 10) (Quadro 4.4a).

**Quadro 4.4a** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Regimes de velocidade/profundidade*” para trechos de rios de alto curso da área de estudo.

| ÓTIMA   |    |    |    |    | BOA  |    |    |    |    | REGULAR  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|----|----|----|----|--|----|----|----|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Presença de pelo menos 2 regimes, com presença obrigatória do regime RÁPIDO/RASO. |    |    |    |    | Presença de 2 regimes, com ausência do regime RÁPIDO/RASO. |    |    |    |    | Dominância de apenas 1 dos regimes existentes. Se prevalecer o regime do tipo LENTO, a pontuação deve ser menor. |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 20  | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Para trechos de rios de baixo curso, a divisão das categorias que determinam o gradiente de estresse ambiental proposta no protocolo de Barbour *et al.* (1999) foi mantida. Assim, quando no trecho sob investigação é observada a presença dos 4 tipos de regimes, a situação é considerada “ótima” (nota 16 a 20). Quando no trecho avaliado é observada a presença de 3 regimes, sendo obrigatório o tipo rápido/raso, a situação é considerada “boa” (nota 11 a 15). Quando se observa a presença de 2 tipos de regimes (quaisquer que sejam) a condição é considerada “regular” (nota 6 a 10). Neste caso se o regime rápido/raso ou lento/profundo estiver ausente a pontuação atribuída deverá ser menor. Por fim, a condição é dita “péssima” quanto se observa a prevalência de apenas 1 tipo de regime, geralmente lento/profundo (nota 0 a 5) (Quadro 4.4b).

**Quadro 4.4b** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “Regimes de velocidade/profundidade” para trechos de rios de baixo curso da área de estudo.

| ÓTIMA                            |    |    |    |    | BOA  |    |    |    |    | REGULAR  |   |   |   |   | PÉSSIMA   |   |   |   |   |   |
|----------------------------------|----|----|----|----|--|----|----|----|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Presença dos 4 tipos de regimes. |    |    |    |    | Presença de 3 regimes, sendo obrigatória a presença do regime do tipo rápido/raso. |    |    |    |    | Presença de 2 tipos de regimes; se o regime rápido/raso ou lento/profundo estiver ausente a pontuação é menor. |   |   |   |   | Prevalência de apenas 1 tipo de regime, geralmente, lento/profundo. |   |   |   |   |   |
| 20                               | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

#### 4.3.5 - Parâmetro 5: Diversidade dos poços

Este parâmetro é avaliado apenas em trechos de rios de baixo curso, pois os cursos d’água de cabeceira são, em geral, rasos e apresentam fundos arenosos ou pedregosos devido a correnteza imposta pela declividade. À medida que os rios avançam para terrenos menos íngremes ou se aproximam de níveis de base locais, a velocidade da água diminui e os mesmos começam a apresentar características como sinuosidade, profundidade e volume. De acordo com Minshall (1984), os poços são formações determinantes na qualidade do substrato disponível para as comunidades aquáticas, e conseqüentemente, determinam a estrutura da composição destas comunidades.

O parâmetro “diversidade dos poços” estima a variabilidade de tipos de poços que ocorrem ao longo do curso d’água avaliado, com relação ao tamanho e profundidade dos mesmos. A adequação deste parâmetro consistiu em uma pequena mudança na forma como estimar a quantidade de poços, visando diminuir a grande divergência verificada na aplicação do protocolo modelo e torná-lo mais condizente com as características ambientais da área de estudo. Enquanto o protocolo de Barbour *et al.* (1999) considera como poço profundo aqueles com profundidade igual ou maior que 1m, para os cursos d’água existentes na área de estudo considerou-se que um poço de profundidade maior ou igual a 70cm já pode ser considerado profundo. Com relação ao tamanho dos poços, as medidas foram mantidas e assim como no protocolo modelo considerou-se que quando a largura ou comprimento do poço for superior a metade da largura do curso d’água, o poço deverá ser considerado grande. Desta forma, podem existir basicamente 4 tipos de poços sendo (1) grande/raso, (2) grande/profundo, (3)

pequeno/raso e (4) pequeno/profundo, como mostrado na *Figura 4.6*. De acordo com Barbour *et al.* (1999), uma maior variedade de tipos de poços suportará uma variedade mais ampla de espécies e rios com baixa sinuosidade e poços monótonos suportarão, conseqüentemente, uma menor biodiversidade.



**Figura 4.6** - Diversidade de poços encontrada em um trecho do interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG considerada “ótima”. Em (A) é possível observar um poço grande/profundo, em (B) um poço pequeno/raso, em (C) um poço grande/raso e em (D) um poço pequeno/raso.

A análise deste atributo considera que quando trechos apresentam proporções semelhantes entre os 4 tipos de poços a situação é considerada “ótima” (nota 16 a 20). Quando há um predomínio de poços grandes/profundos em relação aos demais e, poucos poços rasos aparecem, a situação é considerada “boa” (nota 11 a 15); porém, se os poços rasos ocorrem com mais freqüência que os poços profundos a situação é “regular” (nota 6 a 10). O predomínio de apenas um tipo de poço, em geral pequenos/rasos, ou ausência de poços caracteriza a situação como “péssima” (nota 0 a 5).

**Quadro 4.5** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Diversidade de poços*” para trechos de rios de baixo curso da área de estudo.

| ÓTIMA  |    |    |    |    | BOA   |    |    |    |    | REGULAR  |   |   |   |   | PÉSSIMA   |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|---|----|----|----|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proporções semelhantes entre os quatro tipos de poços. |    |    |    |    | Predomínio de poços grandes e profundos. Poucos poços rasos são observados. |    |    |    |    | Em geral há mais poços rasos do que profundos. |   |   |   |   | Ausência de poços ou predomínio de apenas um tipo de poço, em geral poços pequenos e rasos. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15  | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

#### 4.3.6 - Parâmetro 6: Deposição de sedimentos

Os sedimentos, de acordo com Esteves (1998), são um resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um sistema lótico. Do ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia, os sedimentos são um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais. Algumas pesquisas têm sido desenvolvidas enfocando a influência do sedimento sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, e todas têm considerado que a composição granulométrica é um dos principais fatores responsáveis pela estrutura e distribuição das comunidades biológicas em ecossistemas aquáticos (Ward 1992, Callisto & Esteves 1996, Gonçalves *et al.* 1998). Segundo Callisto & Esteves (1996), a composição e distribuição dos sedimentos são fatores importantes na determinação dos padrões de distribuição de organismos e estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos. França *et al.* (2006) afirmam que o sedimento de ecossistemas aquáticos é formado por uma grande variedade de materiais orgânicos e inorgânicos de origem autóctone e alóctone, exercendo um importante papel na estruturação dos ecossistemas lóticos, sendo o substrato responsável pela disponibilidade de *habitats*, alimentação e proteção da biota local. A *Figura 4.7* mostra duas diferentes situações encontradas no interior do PEIT relativas ao referido parâmetro.



**Figura 4.7** - Duas situações relativas à “*deposição de sedimentos*” em trechos no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG. Em (A) uma situação considerada “péssima”, onde se observa que a deposição de sedimentos finos começa a obstruir o leito e a prejudicar o curso natural da água. Já em (B), o curso da água é normal, não havendo indícios de erosão nas margens ou deposição de sedimentos finos na calha do rio.

De acordo com Suguio (2003), os sedimentos mais grosseiros, de tipo predominantemente arenoso ou cascalhoso, são movimentados rio abaixo por *rolamento*, *arrastamento* e eventual *saltação*, ao longo da porção basal móvel do leito habitual do rio, constituindo a carga de fundo. Enquanto os sedimentos finos, argilosos ou parcialmente sílticos, por serem suficientemente leves, caminham na massa das águas por *suspensão*.

Assim, o parâmetro “*deposição de sedimentos*” aplicado em trechos de rios de alto e baixo curso, mede a quantidade de sedimentos que se acumulam nos poços e as mudanças ocorridas no

fundo do curso d'água, como resultado da deposição. Baseado nos resultados da aplicação do protocolo modelo (Figura 4.2) nenhuma modificação foi necessária para adequação deste parâmetro à área de estudo, podendo o mesmo ser aplicado conforme proposto no protocolo de Barbour *et al.* (1999).

Quando há ausência ou pequeno alargamento de ilhas ou barras de pontal e menos de 5% do leito no alto curso (ou menos de 20% no baixo curso) está afetado pela deposição de sedimentos, a situação é considerada “ótima” (nota 16 a 20). Quando existem acréscimos recentes na formação de barras e, cascalho, areia ou sedimento fino predominam e o leito é fracamente afetado pela deposição – 5 a 30% alto curso ou 20 a 50% baixo curso – a condição é considerada “boa” (nota 11 a 15). A situação é considerada “regular” quando a deposição de cascalhos novos é moderada e existem barras recentes com acréscimos de areia e sedimentos finos, ou ainda quando de 30 a 50% (alto curso) ou 50 a 80% (baixo curso) do fundo está afetado pela deposição (nota 6 a 11). Neste caso, a deposição obstrui o leito e nos poços há um predomínio da deposição. Uma condição em que a deposição de material fino é elevada e o desenvolvimento de barras é nítido e mais de 50% (alto curso) ou mais de 80% (baixo curso) do fundo está afetado pela deposição, provocando a extinção dos poços, a situação é considerada “péssima” (nota 0 a 5), (Quadros 4.6a e 4.6b).

**Quadro 4.6a** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Deposição de sedimentos*” para trechos de rios de alto curso da área de estudo.

| ÓTIMA  |    |    |    |    | BOA   |    |    |    |    | REGULAR   |   |   |   |   | PÉSSIMA  |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|---|----|----|----|----|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|
| Ausência ou pequeno alargamento de ilhas ou barras de pontal. Menos de 5% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos. |    |    |    |    | Alguns acréscimos recentes na formação de barras, predomínio de cascalho, areia ou sedimento fino. De 5 a 30% do fundo é afetado pela deposição, e nos poços a deposição é fraca. |    |    |    |    | Deposição moderada de cascalhos novos, areia ou sedimento fino em barras recentes e antigas. De 30 a 50% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos. Nos poços a deposição é moderada. |   |   |   |   | Elevada deposição de material fino e aumento no desenvolvimento de barras. Mais de 50% do fundo é afetado pela deposição, não sendo possível observar quase nenhum poço devido á substancial deposição nos mesmos. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15  | 14 | 13 | 12 | 11 | 10  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5  | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

**Quadro 4.6b** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Deposição de sedimentos*” para trechos de rios de baixo curso da área de estudo.

| ÓTIMA   |    |    |    |    | BOA  |    |    |    |    | REGULAR   |   |   |   |   | PÉSSIMA   |   |   |   |   |   |
|---|----|----|----|----|--|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Presença de pequenas barras de pontal ou ilhas, não afetando o curso normal do rio. Menos de 20% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos. |    |    |    |    | Presença de cascalho, areia ou sedimentos finos nas barras recentemente formadas. Nos poços a deposição de sedimentos é pequena. O fundo é afetado de 20 a 50% pela deposição de sedimentos. |    |    |    |    | Deposição moderada de cascalhos, areia ou sedimento fino em barras já existentes ou em formação. Nos poços a deposição é moderada e, de 50 a 80% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos. |   |   |   |   | Evidente desenvolvimento de barras ocasionado pela elevada deposição de material fino. Os poços são praticamente ausentes devido a grande quantidade de material depositado. Mais de 80% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos. |   |   |   |   |   |
| 20  | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

#### 4.3.7 - Parâmetro 7: Condições de escoamento do canal

O preenchimento do canal pela água determina as condições de escoamento do curso d'água, produzindo locais com mais ou menos substratos expostos e, por conseguinte determinando a quantidade destes que estão disponíveis para a biota aquática. Quando a água não é suficiente para cobrir o assoalho do rio, as comunidades locais são prejudicadas, uma vez que a quantidade de substratos propícios à sobrevivência dos organismos torna-se limitada (Hicks *et al.* 1991, MacDonald *et al.* 1991). O fluxo presente no canal é especialmente útil na interpretação das condições biológicas em situações de fluxo muito baixo ou irregular (Barbour *et al.* 1999). Os resultados da avaliação deste parâmetro passam a ter uma relevância ainda maior quando as avaliações são realizadas em períodos diferentes ou quando os resultados obtidos nestes períodos são comparados.

Para a adequação deste parâmetro à área de estudo considerou-se primeiramente que existe uma diferença no preenchimento do canal pela água durante o período chuvoso e o de estiagem. No protocolo adaptado, a descrição das categorias foi mantida conforme proposta no protocolo de Barbour *et al.* (1999). Contudo, o protocolo utilizado como modelo não faz distinção entre os períodos – chuva e estiagem – durante a avaliação deste parâmetro e, no presente trabalho considerou-se importante esta diferenciação, uma vez que no período de estiagem é comum que o volume de água diminua e que uma considerável parcela de substratos fique exposta. Portanto, essas condições quando encontradas neste período não caracterizam uma condição “ruim” para o trecho avaliado. Para a área de estudo o período entre outubro e março compreende o período de chuvas da região, enquanto que o período de estiagem é compreendido entre os meses de abril e setembro.

Desta forma, em períodos de chuva, a análise deste parâmetro pelo protocolo adequado considera que uma condição na qual a água atinge a base inferior de ambas as margens e a quantidade de substratos expostos é mínima, a situação é considerada “ótima” (nota 16 a 20). Ainda em períodos chuvosos, quando a água preenche mais de 75% do canal e 25% dos substratos presentes estão expostos, a condição é considerada “boa” (nota 11 a 15) (Quadro 4.7a). Vale ressaltar que ambas as condições (“ótima” e “boa”) descritas anteriormente, quando encontradas em períodos de estiagem são consideradas “ótimas” e a nota qualquer que seja a situação encontrada, é igual a 20 (Quadro 4.7b).

**Quadro 4.7a** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “Condições de escoamento do canal” para trechos de rios de alto e baixo curso da área de estudo no período de chuvas.

| PERÍODO DE CHUVA – COMPREENDIDO ENTRE OS MESES DE OUTUBRO A MARÇO                                    |    |    |    |   |    |    |    |  |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|---|----|----|----|--|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ÓTIMA  |    |    |    | BOA   |    |    |    | REGULAR  |    |    |   | PÉSSIMA   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A água atinge a base inferior de ambas as margens e há uma quantidade mínima de substratos expostos. |    |    |    | A água preenche mais de 75% do canal e menos de 25% de substratos estão expostos. |    |    |    | A água preenche entre 25 e 75% do canal, e/ou a maioria dos substratos das corredeiras estão expostos. |    |    |   | Pouquíssima água no canal, sendo a maioria de água parada em poços. |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16  | 15 | 14 | 13 | 12   | 11 | 10 | 9 | 8   | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Para o período de chuvas quando a água preenche entre 25 e 75% do canal e a maioria dos substratos encontra-se expostos, principalmente nas corredeiras, a situação é considerada “regular” (nota 6 a 10). A situação deverá ser considerada “péssima” se pouquíssima água for encontrada, sendo a maioria parada em poços (nota 0 a 5). As duas últimas situações descritas, quando encontradas durante uma avaliação realizada no período de estiagem podem ser consideradas “boa” e as notas neste caso poderão variar entre 10 e 19, de acordo com a quantidade de água encontrada no canal. No período de estiagem ainda que o volume de água seja pequeno não é necessário considerar a situação como “péssima” visto que esta é uma condição natural do período. Uma condição “péssima” para este período pode ser atribuída caso o canal esteja completamente seco, o que pode ocorrer em períodos de estiagem muito prolongados (nota 0), conforme apresentado no *Quadro 4.7b*.

**Quadro 4.7b** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Condições de escoamento do canal*” para rios de alto e baixo curso da área de estudo no período de estiagem.

| PERÍODO DE ESTIAGEM – COMPREENDIDO ENTRE OS MESES DE ABRIL A SETEMBRO                                |   |  |    |    |   |    |    |   |    |    |    |   |
|--|---|--|----|----|---|----|----|---|----|----|----|---|
| ÓTIMA  |   | BOA  |    |    |   |    |    | PÉSSIMA                                 |    |    |    |   |
| A água atinge a base inferior de ambas as margens e há uma quantidade mínima de substratos expostos. | A água preenche mais de 75% do canal e menos de 25% de substratos estão expostos. | A água preenche entre 25 e 75% do canal, e/ou maioria dos substratos das corredeiras estão expostos. |    |    | Pouquíssima água no canal, sendo a maioria de água parada em poços. |    |    | O canal encontra-se completamente seco. |    |    |    |   |
| 20   |   | 19   | 18 | 17 | 16  | 15 | 14 | 13                                      | 12 | 11 | 10 | 0 |

A figura a seguir mostra 2 trechos localizados no interior do PEIT nos quais a condição de escoamento do canal são comparáveis à condição “referência”.



**Figura 4.8** - Situações encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG ambas em período chuvoso. Em (A) um trecho de alto curso - março/2006, e em (B) um trecho de baixo curso - março/2006, ambos em uma situação “ótima”, no que se refere à avaliação do parâmetro “*Condições de escoamento do canal*”.

#### 4.3.8 - Parâmetro 8: Alterações no canal

Qualquer ação que provoque uma mudança no curso natural da água pode acarretar prejuízos para as comunidades locais. Hannaford *et al.* (1997), afirmam que a biota aquática, na maioria das vezes, possui requerimentos específicos de *habitats*, podendo ser sensíveis a pequenas alterações na vazão ou ainda a um pequeno aumento na carga sedimentar causado por alterações antropogênicas. Desta forma, a avaliação da qualidade de *habitats* e suas alterações é uma etapa de fundamental importância em qualquer programa de monitoramento da qualidade das águas (Callisto & Moreno 2006).

As mudanças antropogênicas podem ser evidenciadas pela presença de diques, aterros, terraplanagens, barragens, enrocamentos ou outras formas de estabilização artificial das margens. A retificação de rios, as canalizações ou impermeabilizações causadas pelas obras de engenharia têm como consequência direta a redução da área de drenagem das bacias hidrográficas o que ocasiona uma redução drástica na densidade e diversidade de espécies aquáticas. Em áreas onde predominam atividades agrícolas ou onde o crescimento populacional é mal planejado, a integridade ambiental também é prejudicada (Palmer *et al.* 2005). De acordo com Callisto & Moreno (2006), o lançamento de efluentes domésticos e industriais, e flutuações do nível de água em épocas de chuva levam a sérios problemas de erosão, podendo provocar o carreamento de sedimentos e consequente assoreamento de cursos d'água. O resultado de todas as interferências antrópicas nos cursos d'água são, de acordo com Bernhardt *et al.* (2005), a elevação da temperatura da água, a retirada da vegetação ripária, redução do canal e a destruturação dos *habitats* para a biota aquática. Além disso, os autores afirmam que todas essas mudanças reduzem principalmente as interações entre os rios e sua bacia hidrográfica. A figura que se segue, mostra duas diferentes situações encontradas em trechos de rios da área de estudo.



**Figura 4.9** - Diferentes alterações no canal de 2 trechos de rios. Em (A) observa-se uma situação encontrada no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG – nota-se a presença de manilha para vazão sob a estrada. Em (B) observa-se a retificação de um curso d'água na zona urbana de Ouro Preto - MG, onde nota-se a presença de gabiões nas laterais das margens (indicados pelas setas).

Na análise deste parâmetro pelo protocolo adaptado considera-se que em locais completamente preservados ou onde a presença de canalizações e dragagens é mínima, não alterando o padrão normal do curso d'água, a condição é considerada "ótima" (nota 16 a 20). Se existem algumas construções, em geral para apoio de pontes ou se as construções existentes são antigas, considerar-se-á a situação como "boa" (nota 11 a 15). Quando a canalização for extensiva havendo presença de diques, barragens, aterros e outras obras que modificam o curso natural do rio, ou ainda quando em ambas as margens observa-se a presença de estruturas de escoramentos, a situação é considerada "regular" (nota 6 a 10). Nesta categoria também se encaixam trechos que apresentam de 40 a 60% de sua extensão canalizada. Observa-se uma situação "péssima" em locais onde as margens estão revestidas de cimento ou sustentadas por gabiões, ou ainda em locais onde mais de 80% da extensão do curso está canalizado e com presença de rupturas (nota 0 a 5).

**Quadro 4.8** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro "*Alterações no canal*" para trechos de rios de alto e baixo curso da área de estudo.

| ÓTIMA  |    |    |    |    | BOA  |    |    |    |    | REGULAR  |   |   |   |   | PÉSSIMA   |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|--|----|----|----|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ausência ou mínima presença de pequenas canalizações e dragagens. O curso d'água segue com padrão natural. |    |    |    |    | Presença de alguma canalização, em geral em área para apoio de pontes ou evidência de canalizações antigas e de dragagem, mas com ausência de canalizações recentes. |    |    |    |    | Presença de diques, terraplanagens, aterros, barragens, enrocamentos ou estruturas de escoramentos em ambas as margens. De 40 a 60% do canal se encontra canalizado ou com rupturas. |   |   |   |   | Margens revestidas com gabiões ou cimento e cerca de 80% do curso d'água encontra-se canalizado e com rupturas. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

#### 4.3.9 - Parâmetro 9: Sinuosidade do canal

O parâmetro "*sinuosidade do canal*", avaliado apenas em rios de baixo curso, mede os meandros e a ocorrência de curvas ao longo dos cursos d'água. Segundo Barbour *et al.* (1999), um alto grau de sinuosidade fornece *habitats* e fauna variada e o curso d'água melhora sua capacidade de controlar o movimento das ondas quando a corrente flutua durante as fortes chuvas, consistindo num importante parâmetro na avaliação do meio físico. A absorção de energia pelas curvas protege o curso d'água de excessivas erosões e enchentes, e fornece refúgio para a biota durante os eventos de tempestade (Gordon *et al.* 1992).

De acordo com Lana *et al.* (2001), este parâmetro pode ser também utilizado na análise morfométrica de uma bacia hidrográfica, sendo esta influenciada diretamente pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais.

No protocolo modelo de Barbour *et al.* (1999), quando as curvas presentes no trecho aumentam a largura do curso d'água 3 a 4 vezes mais que o comprimento, caso fosse uma linha reta, a situação é considerada "ótima". Neste caso, conforme este número decresce, diminui a condição atribuída ao do trecho. Quando o trecho apresenta-se retilíneo a condição é considerada "péssima". Todavia, para uma

medida detalhada da sinuosidade, é necessário um exame mais acurado, no qual mapas topográficos, por exemplo, facilitam a observação mais ampla desta característica no trecho sob avaliação. Por considerar que o protocolo tem por objetivo realizar uma avaliação rápida, e que este atributo é importante na definição da qualidade do ecossistema lótico, optou-se por avaliar este parâmetro de uma forma diferente, baseada apenas no que é possível avaliar visualmente (em campo).

Desta forma, o protocolo adaptado considera que quando a ocorrência de curvas é evidente ao longo do trecho avaliado, proporcionando um aumento na diversidade de *habitats*, a situação é considerada “ótima” (nota 16 a 20). Quando a sinuosidade do canal não é tão evidente, podendo ser observadas curvas distantes e uma diversificação de *habitats* para a biota local, a situação é considerada “boa” (nota 11 a 15). Se o trecho apresenta poucas curvas e os *habitats* ocorrentes são monótonos, havendo poucos locais disponíveis para refúgio e reprodução da biota local, a situação é considerada “regular” (nota 6 a 11). Uma condição “péssima” é considerada quando o canal encontra-se retilíneo (nota 0 a 5) e, neste caso, se a canalização for oriunda de uma ação antrópica deve-se atribuir uma pontuação menor (Quadro 4.9).

**Quadro 4.9** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Sinuosidade do canal*” para rios de baixo curso da área de estudo.

| ÓTIMA  |    |    |    |    | BOA  |    |    |    |    | REGULAR   |   |   |   |   | PÉSSIMA  |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|--|----|----|----|----|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|
| A ocorrência de curvas é evidente no trecho avaliado, propiciando um aumento na diversidade de <i>habitats</i> para a biota local. |    |    |    |    | A sinuosidade do canal não é tão evidente, podendo ser observadas curvas distantes e uma diversificação de <i>habitats</i> para a biota local. |    |    |    |    | O trecho apresenta poucas curvas e os <i>habitats</i> ocorrentes são monótonos, havendo poucos locais disponíveis para refúgio e reprodução da biota local. |   |   |   |   | O trecho apresenta-se retilíneo. Caso a canalização for oriunda de uma ação humana atribuir uma pontuação menor. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5  | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Duas diferentes situações, referentes a este parâmetro, podem ser observadas na *Figura 4.10*.



**A**



**B**

**Figura 4.10** - Diferentes condições referentes ao parâmetro “*sinuosidade do canal*”, em trechos de baixo curso, observados na área de estudo. Em (A) observa-se um trecho no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto – MG, no qual é nítida a presença de curvas que o caracteriza como sinuoso. Em (B) é observado um trecho na zona urbana de Ouro Preto - MG, o qual foi retificado pela ação antrópica.

#### 4.3.10 - Parâmetro 10: Frequência de corredeiras

As corredeiras são indicativas de alta qualidade do *habitat* e da diversidade faunística e, por conseguinte o aumento em sua frequência acentua, em muito, a diversidade das comunidades aquáticas (Barbour *et al.* 1999). Nas cabeceiras, as corredeiras são usualmente contínuas e a presença de cachoeiras ou seixos rolados proporcionam a baixa sinuosidade do canal e realçam a estrutura do curso d'água, sendo mensurável apenas em rios de alto curso. Gordon *et al.* (1992) afirmam que um canal estável não exhibe mudanças progressivas na declividade, contorno ou dimensões, embora possa sofrer pequenas variações em períodos de cheia.

O parâmetro “*frequência de corredeiras*” mede a seqüência de corredeiras que ocorre ao longo do trecho sob avaliação e avalia a heterogeneidade de *habitats* que ocorre no curso d'água (Barbour *et al.* 1999). A adequação deste parâmetro para a área de estudo consistiu na mudança da forma como medir este atributo. O protocolo modelo avalia a frequência das corredeiras medindo a distância entre as mesmas e dividindo este resultado pela medida da largura do canal. Nesta perspectiva o protocolo considera, por exemplo, que quando esta taxa é maior do que 25 a condição é considerada “péssima”. Contudo, optou-se por avaliar este atributo de outra maneira por considerar que a forma de avaliação proposta no protocolo modelo pode não ser eficaz para todos os tipos de rios, uma vez que estes têm características diferenciadas de acordo com o contexto ambiental em que se encontram inseridos.

Desta forma, quando no trecho avaliado é observada uma situação na qual a ocorrência de corredeiras é freqüente, e entre essas há formação de pequenos remansos ou poços, a situação é considerada “ótima”, uma vez que a quantidade de *habitats* disponíveis para a biota aquática aumenta (nota 16 a 20). Se não há formação de locais favoráveis a colonização de espécies aquáticas, ou seja, se os *habitats* apresentam-se monótonos, mas se as corredeiras ocorrem freqüentemente, ainda sim a situação pode ser considerada “boa” devido ao padrão de ocorrência das mesmas (nota 11 a 15). Se a superfície da água está plana ou com corredeiras rasas e a pobreza de *habitats* é óbvia, a condição deve ser considerada “regular” (nota 6 a 10). E, por fim, quando a presença de corredeiras é rara e na maior parte do trecho a água encontra-se parada em poços a condição do trecho é considerada “péssima” (nota 0 a 5), conforme apresentado no *Quadro 4.10*.

**Quadro 4.10** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Frequência de corredeiras*” para trechos de rios de alto curso da área de estudo.

| ÓTIMA   |    |    |    |    | BOA  |    |    |    |    | REGULAR  |   |   |   |   | PÉSSIMA  |   |   |   |   |   |
|---|----|----|----|----|--|----|----|----|----|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|
| Ocorrência freqüente de corredeiras. Entre as corredeiras há formação de pequenos remansos ou poços, com aumento significativo da quantidade de <i>habitats</i> . |    |    |    |    | As corredeiras são freqüentes, porém não há condições favoráveis à presença da <i>habitats</i> diversificados. |    |    |    |    | Em geral toda a superfície da água é plana ou com corredeiras rasas; pobreza de <i>habitat</i> . |   |   |   |   | Rara presença de corredeiras. Na maior parte do trecho a água encontra-se parada em poços. |   |   |   |   |   |
| 20  | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5  | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

A Figura 4.11 mostra situações ambientais consideradas ótimas observadas em 2 diferentes trechos do PEIT.



**Figura 4.11** - Situações ambientais relativas à “*freqüência de corredeiras*” encontradas em trechos do interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG. Tanto em (A) quando em (B) observa-se um trecho no qual é nítida a presença de corredeiras, com presença de remansos entre elas o que contribui significativamente com a disponibilidade de *habitats* para a biota local. As setas indicam as corredeiras nos trechos sob avaliação.

#### 4.3.11 - Parâmetro 11: Estabilidade das margens

O parâmetro “*estabilidade das margens*” aplicado em rios de alto e baixo curso é avaliado separadamente nas margens esquerda e direita e mede a erodibilidade das margens (ou o potencial à erosão) (Barbour *et al.* 1999). Margens mais íngremes são mais susceptíveis à queda e erosão (Minatti-Ferreira & Beaumord 2006). De acordo com Barrella *et al.* (2001), este parâmetro está relacionado à presença de vegetação nas margens. A retirada da vegetação proporciona condições favoráveis ao assoreamento causado pela erosão do solo adjacente aumentando também as concentrações de sólidos em suspensão no corpo receptor.

Para Minatti-Ferreira & Beaumord (2006) o desmatamento nas cabeceiras contribui para o aumento e aceleração de processos erosivos, a retirada da vegetação associada à declividade do terreno exerce influência na infiltração da água da chuva e na velocidade do escoamento superficial, e conseqüentemente provoca um aumento na carga sedimentar recebida pelo corpo d’água. Sinais de erosão podem incluir margens desnudas ou sem vegetação, desmoronamentos, raízes e solos expostos.

Seguindo o mesmo gradiente de estresse ambiental proposto no protocolo de Barbour *et al.*(1999), a pontuação para parâmetro é atribuída para cada margem separadamente, e ao final, somam-se as notas da margem direita (MD) e esquerda (ME). Assim, trechos com margens estáveis com ausência ou mínima evidência de processos erosivos e apresentando menos de 5% de suas extensões degradadas, a situação é classificada como “ótima” (nota 9 a 10, para cada margem). Para margens moderadamente estáveis ou com pequenas áreas onde é possível observar cicatrizes de

erosões, e quando de 5 a 30% de suas extensões apresentam sinais de erosão ativa, a situação é considerada “boa” (nota 6 a 7, para cada margem). Quando as margens encontram-se em um quadro de instabilidade moderada, ou seja, de 30 a 60% de suas extensões apresentam áreas erodidas ou ainda quando o potencial à erosão é alto durante as cheias, a situação é considerada “regular” (nota 3 a 5, para cada margem). A situação é dada como “péssima” (nota 0 a 3, para cada margem) quando as margens se encontram instáveis, muitas áreas erodidas são encontradas (de 60 a 100% de suas extensões) e os processos de erosão estão ativos. (Quadro 4.10).

**Quadro 4.11** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “*Estabilidade das margens*”, para trechos de rios de alto e baixo curso da área de estudo.

| ÓTIMA  |    | BOA   |   |   | REGULAR  |   |   | PÉSSIMA  |   |   |   |
|--|----|---|---|---|--|---|---|--|---|---|---|
| Margens estáveis, ausência ou mínima evidência de erosão ou falhas nas margens; pouco potencial para problemas futuros. Menos de 5% da extensão das margens encontram-se afetadas. |    | Margens moderadamente estáveis, com presença de áreas com erosões cicatrizadas e de 5 a 30% da extensão das margens apresentam-se erodidas. |   |   | Margens moderadamente instáveis. De 30 a 60% da extensão das margens apresenta-se erodida e o potencial à erosão é alto durante as cheias. |   |   | Margens instáveis e muitas áreas erodidas. A erosão é frequente ao longo da seção reta e nas curvas. Em termos relativos, de 60 a 100% da extensão das margens apresenta-se erodida. |   |   |   |
| ME   | 10 | 9   | 8 | 7 | 6  | 5 | 4 | 3  | 2 | 1 | 0 |
| MD   | 10 | 9   | 8 | 7 | 6  | 5 | 4 | 3  | 2 | 1 | 0 |

A Figura 4.12 mostra diferentes situações encontradas no interior do PEIT.



**Figura 4.12** - Diferentes situações ambientais relativas à “*estabilidade das margens*” encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG. Em (A), observa-se um trecho de alto curso onde ambas as margens encontram-se estáveis, não sendo observados processos erosivos ou potencial para problemas futuros (condição considerada “ótima”). Em (B), observa-se um trecho de baixo curso onde a margem direita apresenta processo de erosão ativa.

#### 4.3.12 - Parâmetro 12: Proteção das margens pela vegetação

O parâmetro “*proteção das margens pela vegetação*” estima a quantidade de vegetação disponível ao longo das margens. Lima (1989) afirma que o desmatamento favorece a perda da zona tampão entre os sistemas aquático e terrestre adjacentes. De acordo com Ferraz (2001), a zona ripária tem importante papel na proteção das nascentes e cursos d’água formadores de rios. Margens com

crescimento abundante de vegetação natural ofertam melhores condições à biota que aquelas desprovidas de vegetação ou escoradas com concreto ou enrocamentos.

De acordo com Barbour & Stribling (1991, 1994), os resultados da avaliação deste parâmetro fornecem informações importantes sobre a capacidade da margem em resistir aos processos erosivos, podendo ainda revelar informações sobre a tomada de nutrientes pelas plantas, o controle de correnteza de montante e sobre o sombreamento.

Desta forma, a análise deste parâmetro através do protocolo adaptado é também realizada a partir da soma dos resultados obtidos das notas atribuídas à cada uma das margens. Quando as margens e a imediata zona ripária apresentam 90%, ou mais, de sua extensão coberta por vegetação nativa não existindo áreas de cultivo nas proximidades, a situação deve ser considerada “ótima” (nota 9 a 10, para cada margem). Uma situação em que, de 70 a 90% da extensão da margem está coberta por vegetação nativa e, é notada uma mínima evidência de campos de cultivo ou áreas de pastagens, a condição é considerada “boa” (nota 6 a 10, para cada margem). Uma situação considerada “regular” (nota 3 a 5, para cada margem) é atribuída à uma condição na qual, de 50 a 70% da superfície da margem está coberta por vegetação, e há uma mistura de locais onde o solo está coberto e locais onde não há presença de vegetação, existindo ainda, áreas de agricultura ou pastagens. Em locais onde menos de 50% da superfície das margens apresentam-se cobertas por vegetação, a situação é considerada “péssima” (nota 0 a 2, para cada margem). Nesta condição a vegetação do entorno pode apresentar grandes discontinuidades ou ser praticamente inexistente (Quadro 4.12).

**Quadro 4.12** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “Proteção das margens pela vegetação” para trechos de rios de alto e baixo curso da área de estudo.

| <b>ÓTIMA</b>   |           |          | <b>BOA</b>   |          |          | <b>REGULAR</b>  |          |          | <b>PÉSSIMA</b>   |          |          |
|--|-----------|----------|--|----------|----------|---|----------|----------|--|----------|----------|
| Mais de 90% da superfície das margens e imediata zona ripária é coberta por vegetação nativa. Ausência de áreas de cultivo (agricultura) ou áreas de pastagens. A maioria das plantas pode crescer naturalmente. |           |          | De 70 a 90% da superfície marginal é coberta por vegetação nativa; não sendo observadas grandes discontinuidades. Mínima evidência de campos de cultivo ou áreas de pastagens é observada. |          |          | De 50 a 70% da superfície das margens está coberta pela vegetação, havendo uma mistura de locais onde o solo está coberto e locais onde não há presença de vegetação. Locais de agricultura ou pastagens são observados |          |          | Menos de 50% da superfície das margens está coberta por vegetação. É evidente a discontinuidade da vegetação do entorno sendo esta praticamente inexistente. |          |          |
| <i>ME</i>  | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>   | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>  | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>   | <i>1</i> | <i>0</i> |
| <i>MD</i>  | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>   | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>  | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>   | <i>1</i> | <i>0</i> |

A *Figura 4.13* mostra condições ambientais consideradas “ótimas” em 2 trechos de rios encontrados no interior do PEIT.



**Figura 4.13** - Condições encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG, em trechos de alto (A) e baixo curso (B), ambas consideradas “ótimas”, com relação ao parâmetro “*proteção das margens pela vegetação*”. Observa-se nos trechos, margens com mais de 90% de suas superfícies cobertas por vegetação preservada. Não são observadas descontinuidades da vegetação nem áreas de cultivo ou pastagens no entorno do trecho avaliado.

#### 4.3.13 - Parâmetro 13: Estado de conservação da vegetação do entorno

As matas ocorrentes ao longo dos cursos d’água e no entorno das nascentes, como amplamente discutido na literatura, têm características vegetacionais definidas por uma complexa interação entre os fatores dependentes das condições ambientais locais. Segundo Rodrigues & Shepherd (2004), o ambiente do entorno de um sistema lótico reflete as características geológicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas e hidrográficas que atuam como elementos definidores da paisagem e, portanto das condições ecológicas locais.

Autores como Steinblums *et al.* (1984), Platts *et al.* (1987), Elmore & Beschta (1987), Magette *et al.* (1989), Gregory *et al.* (1992) e Bren (1993) têm demonstrado que a vegetação do entorno, por ora também chamada de zona ripária, possui importantes funções hidrológicas. Tem sido demonstrado, por exemplo, que a recuperação da vegetação do entorno contribui significativamente para o aumento da capacidade de armazenamento da água nas microbacias ao longo da zona ripária, o que contribui para o aumento da vazão na estação seca do ano (Elmore & Beschta 1987). A vegetação do entorno, isolando estrategicamente o curso d’água dos terrenos mais elevados das microbacias, desempenha uma ação eficaz de filtragem superficial de sedimentos (Magette *et al.* 1989) e desta forma atua diretamente na ciclagem de nutrientes (Lima & Zakia 2004). Além disto, estabelece uma interação direta com o ecossistema aquático, principalmente por apresentar aspectos relacionados aos processos geomórficos e hidráulicos do canal.

No protocolo de Barbour *et al.* (1999), sob a ótica da hidrologia florestal, os autores propõem avaliar a largura da zona de vegetação ripária, como uma medida refletora do estado de conservação da vegetação do entorno. Avaliando tanto a margem direita quanto a esquerda, os autores definem como uma situação “ótima” margens que apresentam uma largura da zona ripária superior a 18m com

ausência de impactos antrópicos. Contudo, há de se ressaltar que os limites da vegetação do entorno, do ponto de vista ecomorfológico não são facilmente delimitados, podendo variar muito ao longo de um curso d'água e principalmente entre diferentes microbacias, em função das diferenças de clima, geologia e solos. E sob o ponto de vista ecológico, não é fácil delimitar a extensão da vegetação do entorno em função dos corredores de fluxo gênico ao longo da paisagem, que definem o bom estado de conservação do curso d'água avaliado.

Este trabalho considera que as formações ribeirinhas não consistem em tipos vegetacionais únicos, apresentando fisionomias distintas, condições ecológicas heterogêneas e composições florísticas diversas tendo em comum apenas o fato de ocorrerem na margem de um curso d'água. Portanto, contrariando as descrições observadas no protocolo de Barbour *et al.* (1999), as quais, conforme observado na *Figura 4.2*, não foram observados nos trechos visitados, este trabalho propõe avaliar o estado de conservação da vegetação do entorno de maneira global ao invés de propor um limite definitivo para o estabelecimento da largura mínima da zona ripária que possibilite uma avaliação do seu real estado.

Aplicado em trechos de rios de alto e baixo curso a pontuação para este parâmetro é atribuída a cada margem separadamente e a pontuação final é o somatório das pontuações de ambas as margens. Quando na margem avaliada (direita ou esquerda) é observada uma situação na qual a vegetação do entorno é composta por espécies nativas em bom estado de conservação, não apresentando sinais de degradação causada por atividades antrópicas, é atribuída uma condição “ótima” (nota 9 a 10, para cada margem). Quando a vegetação é composta não só por espécies nativas, mas também por espécies exóticas<sup>6</sup>, contudo apresentando bom estado de conservação com mínima evidência de impactos antrópicos, é atribuída ao trecho uma condição “boa” (nota 6 a 8, para cada margem). Trechos onde é nítida a presença de espécies exóticas e pouco resquício de vegetação nativa associado à presença de impactos antrópicos a condição é dita “regular”, com notas variando de 3 a 5, para cada margem avaliada. Por fim, quando a vegetação do entorno é praticamente inexistente devido, principalmente, a retirada da vegetação nativa para a construção de prédios, casas, praças ou devido à queimadas e desmatamentos, a condição é classificada como “péssima” (notas 0 a 2, para cada margem). (Quadro 4.13).

---

<sup>6</sup> Considera-se, para a área de estudo, como espécies exóticas eucaliptos (espécies do gênero: *Eucalyptus*), samambaias (*Pteridophyta*) e capim-gordura (espécie: *Melinis minutiflora*), facilmente distinguidas, na área de estudo, por não especialistas no assunto.

**Quadro 4.13** - Gradiente de estresse ambiental estabelecido para o parâmetro “Estado de conservação da vegetação do entorno” para rios de alto e baixo curso da área de estudo.

| ÓTIMA   |    |   | BOA   |   |   | REGULAR   |   |   | PÉSSIMA   |   |   |
|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A vegetação do entorno é composta por espécies nativas em bom estado de conservação; não apresenta sinais de degradação causada por atividades humanas. |    |   | A vegetação é composta não só por espécies nativas, mas também por exóticas, contudo está bem preservada. Mínima evidência de impactos causados por atividades humanas. |   |   | A vegetação presente é constituída por espécies exóticas e há pouca vegetação nativa. É possível perceber impactos de atividades humanas. |   |   | A vegetação do entorno é praticamente inexistente e o solo está exposto às intempéries naturais. Atividades humanas como queimadas e desmatamentos são evidentes. |   |   |
| ME  | 10 | 9 | 8   | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2   | 1 | 0 |
| MD  | 10 | 9 | 8   | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2   | 1 | 0 |

A Figura 4.14 ilustra uma situação “boa” e uma “péssima” encontradas no interior do PEIT.



**Figura 4.14** - Condições encontradas no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG, em trechos de baixo curso, onde é avaliado o “estado de conservação da vegetação do entorno”. Em (A) é possível observar a presença de uma vegetação composta não apenas por espécies nativas, mas também por espécies exóticas (Eucaliptos, indicados pela seta), contudo em um bom estado de conservação (condição “boa”). Em (B) a vegetação nativa do entorno é praticamente inexistente e o solo está exposto às intempéries naturais devido à ação antrópica (condição “péssima”).

#### 4.4 – ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS DIFERENTES PROTOCOLOS EXISTENTES E O PROTOCOLO PROPOSTO NO PRESENTE TRABALHO

Os protocolos são instrumentos de monitoramento ambiental viáveis e eficazes que podem ser adotados no gerenciamento ambiental, principalmente pelos órgãos públicos, uma vez que é sabido que os recursos financeiros destinados ao monitoramento e avaliação ambiental são escassos. Vários estudos no Brasil, (Minatti-Ferreira & Beaumord 2006, Upgren 2004, Callisto *et al.* 2002) e nos Estados Unidos (Barbour & Stribling 1991, Barbour *et al.* 1999), desenvolveram o método de avaliação rápida de rios adaptando e aplicando protocolos em diferentes rios. Conforme o protocolo apresentado no presente trabalho, todos os protocolos, desenvolvidos pelos autores acima mencionados, avaliam uma lista de parâmetros que englobam os aspectos físicos do *habitat* desenvolvidos para cursos d’água inseridos em diferentes biomas.

Enquanto no estudo de Upgren (2004) a autora desenvolveu um PAR para monitorar os efeitos da agropecuária e das práticas de conservação dos solos na qualidade da água de rios inseridos no bioma cerrado, Minatti-Ferreira & Beaumord (2006) e Callisto *et al.* (2002), adequaram protocolos para rios inseridos nos domínios da mata atlântica. Além disso, Callisto *et al.* (2002) aplicaram o PAR desenvolvido em trechos d'água inseridos também no bioma cerrado. Barbour & Stribling (1991), propõem um PAR baseado nos aspectos físicos do meio, a ser aplicado em rios inseridos em diferentes biomas dos Estados Unidos (floresta de conífera, pradarias, floresta decídua) (Tabela 4.5). Na ocasião, além de apresentarem o PAR os autores o aplicaram em trechos dos rios *Trinity* (Texas), *Rock Creek* (Idaho), *Little Mill Creek* (Kansas) e *North Nashua* (Massachusetts), com o intuito de investigar a integridade ambiental dos mesmos, obtendo diferentes resultados de acordo com a condição ambiental verificada nos trechos estudados. Já o PAR proposto no presente trabalho foi adequado para a avaliação ambiental de rios localizados no bioma cerrado, especificamente nos campos rupestres, conforme já mencionado no Capítulo I – *Considerações Iniciais*.

Diferentes categorias para classificar a condição ambiental do trecho, com relação a cada parâmetro avaliado, são utilizadas, nos trabalhos apresentados na *Tabela 4.5*. O que os diferencia é a distribuição das pontuações referentes às categorias estabelecidas para cada parâmetro. Barbour & Stribling (1991), propõem 4 categorias de classificação – “ótima”, “sub-ótima”, “razoável” e “pobre” – nas quais a distribuição dos pontos varia de acordo com o parâmetro avaliado (Tabela 4.5). Por exemplo, no parâmetro “*alteração do canal*” a situação do trecho é considerada “ótima” quando uma pontuação de 12 a 15 é atribuída; uma situação “sub-ótima” quando a pontuação varia de 8 a 11, “razoável” de 4 a 7 e “pobre” de 0 a 3 pontos. Já no parâmetro “*variabilidade dos poços*”, aplicada somente em trechos de baixo curso, a situação é considerada “ótima” quando uma pontuação de 16 a 20 é atribuída; uma situação “sub-ótima” quando a pontuação varia de 11 a 15, “razoável” de 6 a 10 e “pobre” de 0 a 5 pontos (dados não apresentados na *Tabela 4.5*).

No protocolo proposto por Minatti-Ferreira & Beaumord (2006), adequado a partir dos protocolos desenvolvidos por Barbour & Stribling (1991, 1994), os autores também optaram por estabelecer 4 categorias de classificação correspondentes à situação verificada no local da avaliação. Contudo, para cada categoria é atribuída uma única nota, independente do parâmetro sob avaliação, ou seja, para uma situação “ótima” atribui-se nota 20, para uma situação “boa” nota 15, para “razoável” nota 10 e nota 5 para uma situação “ruim”. Já no estudo de Callisto *et al.* (2002), 22 parâmetros são avaliados de maneira distinta. Enquanto na pontuação dos 10 primeiros as notas 4, 2 e 0 correspondem respectivamente à uma “situação natural”, “levemente alterada” e “severamente alterada”, na pontuação dos 12 restantes as notas relativas a cada categoria são diferentes, ou seja, nota 5 para uma “situação natural” e 3, 2 e 0 para “situações leve ou severamente alteradas” (Tabela 4.5).

Da mesma forma como proposto no protocolo modelo (Barbour *et al.* 1999), a distribuição da pontuação de cada parâmetro, relativa a cada categoria de classificação, foi mantida no PAR apresentado no presente trabalho, conforme já mencionado no item 4.2 deste capítulo – situação “ótima” (nota 16 a 20), “boa” (nota 11 a 15), “regular” (nota 6 a 10) e “péssima” (nota 0 a 5).

No protocolo proposto por Upgren (2004), as 5 categorias de classificação estabelecidas – “excelente”, “boa”, “regular”, “fraca” e “muito fraca” – referem-se à condição global do trecho obtida ao final da aplicação do PAR. Diferentemente dos demais trabalhos apresentados, as pontuações referentes a cada parâmetro não são relativas às diferentes categorias estabelecidas, sendo estas obtidas através da média aritmética verificada no final da avaliação. Além disso, o PAR proposto não apresenta subdivisões para trechos de rios de alto e baixo curso e quando se verifica que um determinado parâmetro não é aplicado ao local sob avaliação, o mesmo não é considerado na pontuação final. Desta forma, média maior que 9 reflete uma situação “excelente”, de 7,5 a 8,9 uma situação “boa”, de 6,1 a 7,4 uma situação “regular”, de 4 a 6 uma situação “fraca” e menor que 4 uma situação “muito fraca” (Tabela 4.5).

**Tabela 4.5** - Análise comparativa entre os protocolos existentes e o protocolo proposto no presente trabalho.

|                                       | <b>Referências</b>  |  |  |  |   |   |
|---------------------------------------|---|--|--|--|---|---|
|                                       | <b>Barbour &amp; Stribling (1991)</b>   | <b>Barbour <i>et al.</i> (1999)</b>  | <b>Callisto <i>et al.</i> (2002)</b>   | <b>Upgren (2004)</b>   | <b>Minatti-Ferreira &amp; Beaumord (2006)</b>         | <b>Protocolo adaptado neste trabalho</b>                                  |
| <b>Vínculo Institucional</b>          | <i>E.A. Engineering, Science, and Technology, Inc. Sparks, Maryland, Estados Unidos</i> | Agência Ambiental dos Estados Unidos   | Universidade Federal de Minas Gerais - MG, Brasil                                  | Universidade de Duke, Estados Unidos   | Universidade Vale do Itajaí, Brusque - SC, Brasil     | Universidade Federal de Ouro Preto - MG, Brasil                           |
| <b>Bioma da área de estudo</b>        | Floresta de coníferas, pradarias, floresta decídua                                      | Não define   | Mata Atlântica (Serra da Bocaina) e Cerrado (Serra do Cipó)                        | Cerrado (Parque Nacional das Emas)   | Mata Atlântica  | Cerrado (campo sujo e campo limpo)  |
| <b>Categorias para cada parâmetro</b> | Ótima, sub-ótima, razoável e pobre. As pontuações variam de acordo com cada parâmetro   | Ótima (16 a 20 pontos), sub-ótima (11 a 15), razoável (6 a 10) e pobre (0 a 5) | Condições naturais (5 pontos) e condições leve ou severamente alteradas (3, 2 e 0) | Excelente (>9 pontos), boa (7,5 – 8,9), regular (6,1 – 7,4), fraca (4 – 6) e muito fraca (< 4) | Ótimo (20 pontos), bom (15), razoável (10) e ruim (5) | Ótima (16 a 20 pontos), boa (11 a 15), regular (6 a 10) e péssima (0 a 5) |

Com relação aos parâmetros considerados nos protocolos, que perfazem o conjunto de parâmetros a ser considerado na avaliação da saúde de um ecossistema aquático, são apresentados na *Tabela 4.6* apenas os parâmetros utilizados no PAR proposto no presente trabalho. Entretanto, considera-se a existência de outros parâmetros utilizados na avaliação ambiental proposta nos estudos citados, tais como: “oleosidade da água”, “transparência da água”, “odor da água” (Callisto *et al.* 2002), “complexidade do habitat” (Minatti-Ferreira & Beaumord 2006), e “aspecto da água”, “barreiras ao movimento de peixes” e “presença de nutrientes” (Upgren 2004), os quais não foram considerados na análise comparativa sumarizada na *Tabela 4.6*.

**Tabela 4.6** - Comparação entre os parâmetros propostos no protocolo adequado apresentado no presente trabalho e nos protocolos existentes.

| Referências                                    |   |                                    |                                    |                                    |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|
|  | Barbour & Stribling (1991)  | Barbour <i>et al.</i> (1999)       | Callisto <i>et al.</i> (2002)      | Upgren (2004)                      | Minatti-Ferreira & Beaumord (2006)  | Protocolo adaptado neste trabalho  |
| <b>Parâmetros utilizados na avaliação</b>      | <b>Fatores considerados na avaliação</b>  |                                    |                                    |                                    |   |                                    |
| 1. Substratos e/ou <i>habitats</i> disponíveis | Presença ou ausência de substratos, quantidade ou variedade relativa de estruturas naturais no rio. | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Tipo, composição do substrato e presença ou ausência de material de diâmetros diferentes. | Análogo Barbour & Stribling (1991) |
| 2. Substratos em poços                         | Variedade e tamanho das estruturas naturais presentes no fundo dos poços.                           | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Não avalia                         | Não avalia                         | Não avalia  | Análogo Barbour & Stribling (1991) |
| 3. Soterramento                                | Proporção relativa (%) das superfícies de cascalhos, seixos e galhos cobertas por sedimentos finos. | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Não avalia                         | Não avalia                         | Não avalia  | Análogo Barbour & Stribling (1991) |
| 4. Regimes de velocidade/profundidade          | Presença ou ausência de diferentes tipos de regimes de velocidade/profundidade.                     | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Não avalia                         | Não avalia                         | Não avalia  | Análogo Barbour & Stribling (1991) |

Tabela 4.6 - (Continuação)

|                                     |  | Referências   |                                      |                                    |  |   |                                   |
|-------------------------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|--|---|-----------------------------------|
|                                     |  | Barbour & Stribling (1991)  | Barbour <i>et al.</i> (1999)         | Callisto <i>et al.</i> (2002)      | Uppgren (2004)   | Minatti-Ferreira & Beaumord (2006)  | Protocolo adaptado neste trabalho |
| Parâmetros utilizados na avaliação  | Fatores considerados na avaliação  |   |                                      |                                    |  |   |                                   |
| 5. Diversidade dos poços            | Presença ou ausência de diferentes tipos de poços (tamanho e profundidade) existentes no curso d'água.                 | Análogo Barbour & Stribling (1991)  | Não avalia                           | Não avalia                         | Profundidade dos poços e largura dos mesmos com relação à largura média do curso d'água sob avaliação. | Análogo Barbour & Stribling (1991)  |                                   |
| 6. Deposição de sedimentos          | Quantidade de sedimentos que se acumulam nos poços e as proporções relativas do fundo dos poços coberto por sedimento. | Análogo Barbour & Stribling (1991)  | Análogo Barbour & Stribling (1991)   | Não avalia                         | Não avalia   | Análogo Barbour & Stribling (1991)  |                                   |
| 7. Condições de escoamento do canal | Não avalia   | Fluxo de água presente no canal sem considerar os períodos de chuvas e seca da região estudada. | Análogo Barbour <i>et al.</i> (1999) | Não avalia                         | Não avalia   | Fluxo de água presente no canal nos períodos de chuvas e seca da região estudada. |                                   |
| 8. Alterações no canal              | Presença ou ausência de atividades antrópicas que podem alterar o canal  | Análogo Barbour & Stribling (1991)  | Análogo Barbour & Stribling (1991)   | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Não avalia   | Análogo Barbour & Stribling (1991)  |                                   |
| 9. Sinuosidade do canal             | Quantidade de vezes que as curvas aumentam a largura do curso, caso fosse uma linha reta.                              | Análogo Barbour & Stribling (1991)  | Não avalia                           | Não avalia                         | Não avalia   | Presença ou ausência de curvas ao longo do curso d'água.                          |                                   |

Tabela 4.6 - (Continuação)

| Referências                                       |  |                                    |                                    |                                    |   |   |
|---|--|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|---|
|   | Barbour & Stribling (1991)   | Barbour <i>et al.</i> (1999)       | Callisto <i>et al.</i> (2002)      | Uppgren (2004)                     | Minatti-Ferreira & Beaumord (2006)  | Protocolo adaptado neste trabalho   |
| <b>Parâmetros utilizados na avaliação</b>         | <b>Fatores considerados na avaliação</b>   |                                    |                                    |                                    |   |   |
| Não avalia  | Presença ou ausência de corredeiras e a relação entre a distância entre as corredeiras presentes e largura do curso d'água.          | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Não avalia                         | Não avalia  | Presença ou ausência de corredeiras e condições favoráveis à presença da <i>habitats</i> diversificados entre as corredeiras. |
| 11. Estabilidade das margens                      | Presença ou ausências de margens com falhas ou erodidas e as proporções relativas das margens afetadas                               | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Proporções relativas das margens cobertas pela vegetação.   | Análogo Barbour & Stribling (1991)  |
| 12. Proteção das margens pela vegetação           | Presença ou ausência de vegetação ripária e presença ou ausência de atividades antrópicas que podem alterar a vegetação das margens. | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Não avalia                         | Não avalia                         | Presença ou ausência de vegetação ripária e proporções relativas da superfície das margens coberta por diferentes estruturas, como lajes de pedras. | Análogo Barbour & Stribling (1991)  |
| 13. Estado de conservação da vegetação do entorno | Extensão da vegetação ripária (metros)   | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Análogo Barbour & Stribling (1991) | Não avalia  | Presença ou ausência de vegetação nativa e presença ou ausência de sinais de degradação antropogênica.                        |

# **CAPÍTULO V**

## **CONSOLIDAÇÃO DO PROTOCOLO**

---

---

O protocolo adequado, apresentado no capítulo anterior, é um instrumento útil na avaliação e monitoramento ambiental dos recursos hídricos, principalmente por levar em consideração a análise integrada da qualidade do ecossistema fluvial. Abrange a utilização de uma metodologia fácil de ser praticada por pessoas que não precisam ser necessariamente especialistas no assunto e, além disso, pode preencher lacunas existentes na literatura específica que restringem a avaliação dos ecossistemas aquáticos às condições físico-químicas e bacteriológicas da água.

Fruto do somatório de conceitos e idéias obtidos da literatura consultada e dos resultados obtidos em campo, que possibilitaram a adequação de um PAR para os cursos d'água inseridos em campos rupestres do bioma cerrado, o protocolo apresentado não deve ser considerado um documento inflexível e universal. Enquanto documento definido por uma lista de parâmetros a serem avaliados e cuja sua construção é caracterizada por um processo contínuo de ajustes e aprimoramentos, é necessário que este seja testado e avaliado quanto à sua aplicabilidade, clareza, lacunas e eventuais inadequações dos parâmetros propostos para o monitoramento e/ou avaliação da natureza que os constitui.

Neste contexto é que se inserem os objetivos da oficina de monitoramento ambiental realizada durante os trabalhos de estruturação do PAR proposto neste trabalho. Englobando desde os objetivos específicos – como a análise do padrão de respostas obtido dos voluntários participantes – até a questão do envolvimento da participação social no contexto da conservação ambiental, todos foram considerados na etapa de consolidação do PAR.

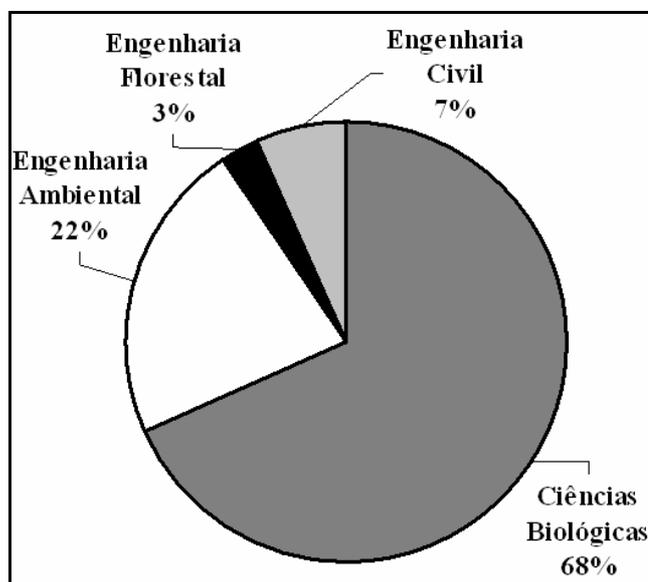
Assim, o presente capítulo apresenta inicialmente os resultados obtidos da oficina, os quais incluem o perfil dos voluntários envolvidos na pesquisa bem como a análise do padrão de respostas obtido na sua etapa prática. Posteriormente são apresentados e discutidos os resultados da avaliação ambiental realizada através da aplicação do PAR adaptado, em diferentes trechos de rios selecionados na área de estudo.

### **5.1 – OFICINA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL**

A idéia da incorporação da oficina de monitoramento ambiental no delineamento da pesquisa desenvolvida neste trabalho fundamentou-se nos diversos trabalhos encontrados na literatura, os quais tiveram por objetivo promover a integração da sociedade nas ações que visam monitorar os recursos

hídricos. Nos Estados Unidos, por exemplo, a EPA dá suporte para diversos movimentos voluntários de monitoramento (EPA 2002). Na Austrália, ações participativas no monitoramento dos recursos hídricos têm sido desenvolvidas com o apoio do governo a partir de um programa denominado *Waterwatch Australia* (Parsons *et al.* 2002) e, no Brasil os trabalhos da Embrapa Meio Ambiente têm se destacado como os que visam à incorporação da comunidade no monitoramento da qualidade da água (Hermes *et al.* 2004).

Além disso, considerou-se a oficina uma ferramenta neutra de avaliação do instrumento adequado aliada a uma proposta de caráter sócio-ambiental. Contou com a participação de 42 estudantes universitários, com idade entre 18 e 30 anos (58% do sexo feminino e 42% do sexo masculino), de diversos cursos de graduação, conforme apresentado na *Figura 5.1*.



**Figura 5.1** - Distribuição dos 42 participantes da oficina de monitoramento ambiental em relação aos cursos de graduação dos mesmos.

## 5.2 – RESULTADOS OBTIDOS NA ETAPA PRÁTICA DA OFICINA

### 5.2.1 - Aplicação do PAR em um trecho de rio de alto curso

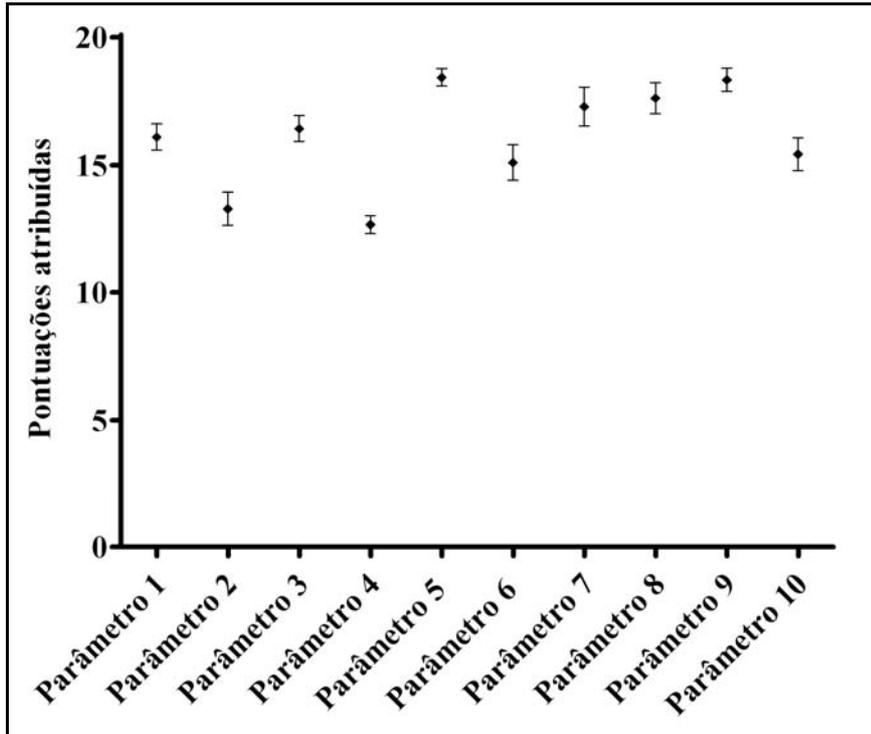
Conforme descrito no Capítulo III – *Metodologia e Estratégias de Ação*, 21 dos 42 avaliadores realizaram a aplicação do protocolo adequado em um trecho de rio de alto curso selecionado na área estudada. A escolha do trecho para a aplicação do PAR, pelos voluntários, baseou-se nas suas características ambientais bem como na acessibilidade do mesmo pela equipe de avaliadores (Figura 5.2).



**Figura 5.2** - Aplicação do PAR, pelos voluntários, no trecho de rio de alto curso no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG.

A avaliação ambiental do trecho selecionado consistiu na aplicação da versão do PAR específica para trechos de rios de alto curso na qual 10 parâmetros foram avaliados. Para cada parâmetro uma pontuação foi atribuída de acordo com a condição ambiental verificada no local e a variação das pontuações atribuídas aos mesmos pode ser observada na *Figura 5.3*.

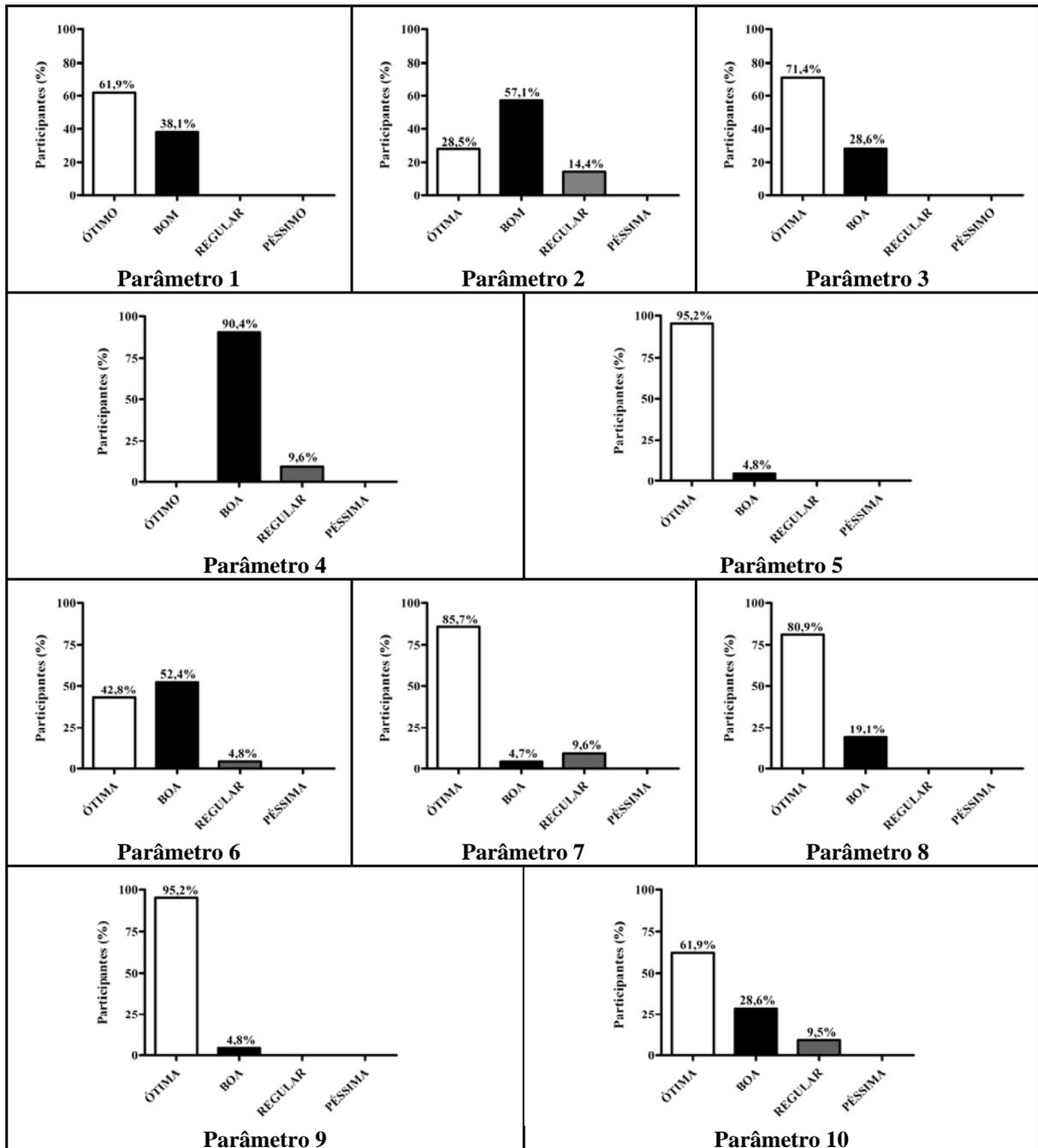
Com relação ao tempo gasto pelos voluntários na aplicação do protocolo, 35% gastaram menos de 20 minutos e 65% gastaram entre 20 e 40 minutos, demonstrando com isso, que o protocolo apresenta um caráter prático e rápido enquanto instrumento de avaliação ambiental. A aplicação do PAR no trecho selecionado ocorreu no período de estiagem, especificamente em 28 de julho de 2007, e as condições climáticas no dia da avaliação apresentavam tempo nublado/chuvoso e temperatura em torno de 18°C.



**Figura 5.3** - Variação da pontuação atribuída aos parâmetros analisados pelos voluntários em um trecho de rio de alto curso, no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG\*.

\*Os pontos no gráfico representam a média +/- desvio padrão das pontuações atribuídas, pelos 21 voluntários, a cada parâmetro do PAR.

Analisando a figura acima, é possível verificar que poucas vezes os resultados obtidos apresentaram distorções entre os avaliadores, ao contrário do observado nos resultados da aplicação do protocolo modelo de Barbour *et al.* (1999) (ver item 4.1, Capítulo IV – “Desenvolvimento do protocolo”, Figura 4.2). Apenas os parâmetros (2) “Soterramento”, (6) “Alteração do canal” e (10) “Estado de conservação da vegetação do entorno”, apresentaram uma maior variação na distribuição das pontuações em relação aos demais, que pode ser observada tanto na figura acima quanto na Figura 5.4, a qual apresenta a porcentagem de ocorrência das condições ambientais atribuídas a cada parâmetro pelos participantes.



**Figura 5.4** - Condições ambientais atribuídas pelos 21 voluntários referentes aos parâmetros (1) “Substratos e/ou habitats disponíveis”, (2) “Soterramento”, (3) “Regime de velocidade/profundidade”, (4) “Deposição de sedimentos”, (5) “Condição de escoamento do canal”, (6) “Alteração do canal”, (7) “Frequência das corredeiras”, (8) “Estabilidade das margens”, (9) “Proteção das margens pela vegetação” e (10) “Estado de conservação da vegetação do entorno”.

No que se refere ao parâmetro (2), a dispersão das respostas pode ser explicada pela dificuldade dos voluntários em associar a descrição deste parâmetro às características observadas no trecho avaliado. A análise do questionário, aplicado logo após a oficina, confirma esta hipótese, uma vez que 85% dos participantes apresentaram dificuldade em classificar este parâmetro quanto à condição ambiental observada. Há de se ressaltar que as instruções sobre os parâmetros foram

oferecidas aos voluntários apenas durante a parte teórica da oficina. Durante a parte prática, propositalmente, a aplicação do PAR não foi interrompida para explicações sobre os parâmetros, com o objetivo de não influenciar os resultados e conseqüentemente não prejudicar a avaliação da aplicabilidade dos mesmos.

Com relação ao parâmetro (6), a variação da pontuação atribuída pode ser explicada pelo fato de haver no local uma construção antiga para vazão de água que pode não ter sido considerada por alguns dos avaliadores. Assim, conforme observado na *Figura 5.4*, pouco mais da metade dos avaliadores (52,4%) consideraram o trecho em uma situação “boa”, com relação a este parâmetro, e 42,8% em uma situação “ótima”.

Para o parâmetro (10), as pontuações atribuídas classificaram o trecho em 3 situações ambientais distintas: “regular”, “boa” e “ótima” (*Figura 5.4*) Dentre as possíveis explicações desta dispersão destaca-se a o fato dos participantes não terem levado em consideração o bioma no qual o trecho avaliado se insere. Seja por falta de conhecimento dos participantes ou por falhas nas instruções a vegetação típica encontrada nos campos rupestres da área de estudo pode não ter sido considerada. A ausência de uma formação vegetacional composta por indivíduos de grande porte, pode ter sido fator determinante na avaliação do trecho pelos voluntários já que o trecho avaliado apresenta uma vegetação no entorno composta por indivíduos subarbustivos, arbustivos e, eventualmente, indivíduos arbóreos com até 3m de altura.

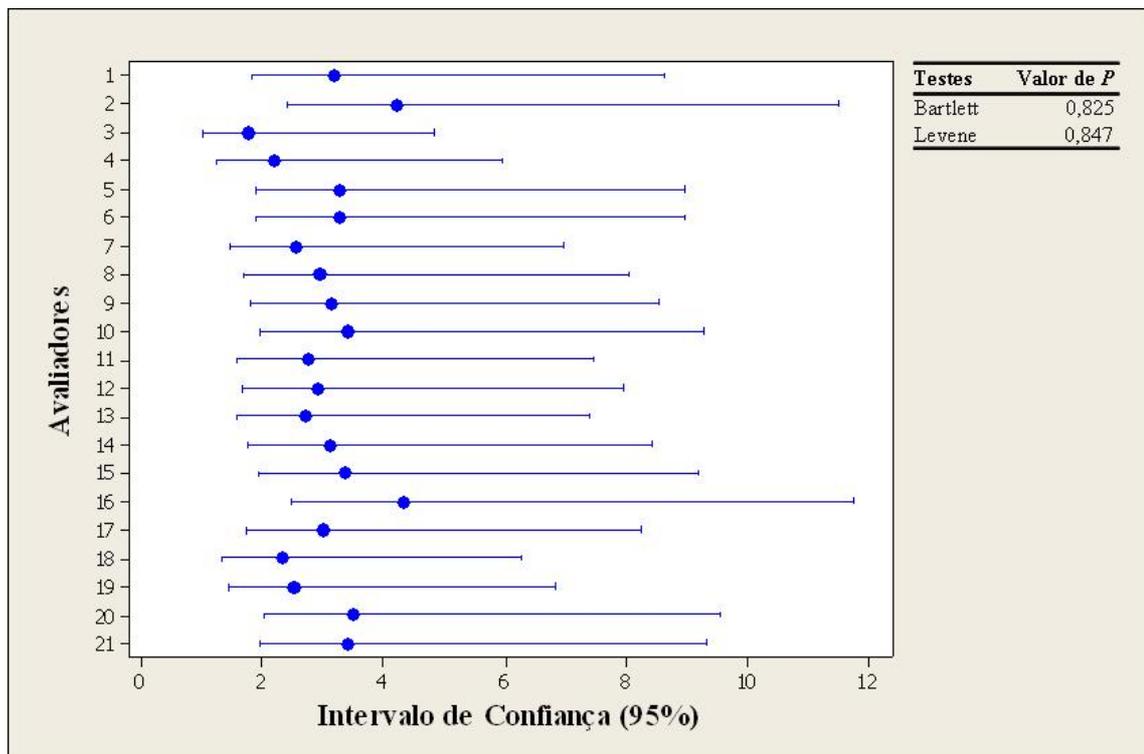
Deste modo, baseado nos resultados obtidos, o protocolo utilizado pelos voluntários durante a avaliação ambiental do trecho selecionado foi calibrado na medida em que pequenas alterações, referentes à descrição dos parâmetros que apresentaram maior dispersão entre as pontuações, foram realizadas. Estas correções foram realizadas a fim de que em futuras aplicações do protocolo as respostas não apresentem variações como as observadas nos resultados da aplicação do protocolo modelo.

Na *Tabela 5.1* são apresentados os valores das médias das pontuações atribuídas pelos voluntários, os valores dos desvios padrão correspondentes às respostas de todos os parâmetros avaliados bem como a condição ambiental de cada parâmetro referente à média das pontuações obtidas.

**Tabela 5.1** - Valores das médias e desvios padrão das pontuações obtidas e condição ambiental referente a cada parâmetro avaliado no trecho de rio de alto curso selecionado.

| Parâmetros analisados                                | Médias das pontuações obtidas | Desvio padrão | Condição ambiental |
|--|-------------------------------|---------------|--------------------|
| (1) “Substratos e/ou habitats disponíveis”           | 16                            | 2,34          | ótima              |
| (2) “Soterramento”                                   | 13                            | 2,97          | boa                |
| (3) “Regimes de velocidade/profundidade”             | 16                            | 2,31          | ótima              |
| (4) “Deposição de sedimentos”                        | 13                            | 1,59          | boa                |
| (5) “Condições do escoamento do canal”               | 18                            | 1,53          | ótima              |
| (6) “Alterações no canal”                            | 15                            | 3,19          | boa                |
| (7) “Frequência das corredeiras”                     | 17                            | 3,51          | ótima              |
| (8) “Estabilidade das margens”                       | 18                            | 2,76          | ótima              |
| (9) “Proteção das margens pela vegetação”            | 18                            | 2,08          | ótima              |
| (10) “Estado de conservação da vegetação do entorno” | 15                            | 2,96          | boa                |

Na Figura 5.5 são expressos os resultados do teste estatístico aplicado nos dados referentes ao padrão de respostas dos voluntários, justamente para averiguar se as diferenças observadas neste padrão de respostas foram significativas ou não.

**Figura 5.5** - Teste de variância dos dados obtidos da aplicação do PAR pelos 21 voluntários em um trecho de alto curso no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Os resultados são expressos sob um intervalo de confiança de 95% e a análise estatística foi feita através do teste ANOVA, pelo *software* estatístico Minitab® (Minitab 2003). Valores de  $P < 0,05$  indicam diferenças estatisticamente significativas entre as médias apresentadas, e valores de  $P > 0,05$  indicam que não houve diferença estatisticamente significativa.

Após a aplicação do teste estatístico foi possível verificar que nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada ( $P=0,825$  e  $P=0,847$  – Figura 5.5), o que possibilita inferir que a versão do proposto para a avaliação ambiental de trechos de rios de alto curso apresenta a confiabilidade necessária para aplicações deste tipo.

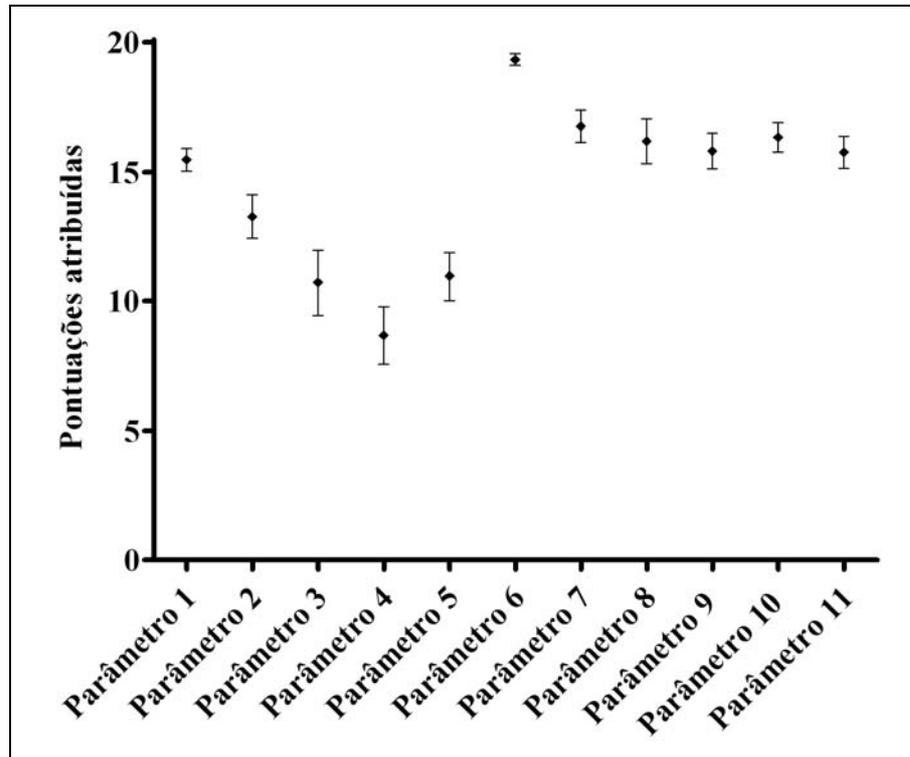
### 5.2.2 - Aplicação do PAR em um trecho de rio de baixo curso

Do mesmo modo como realizado no trecho de rio de alto curso, 21 voluntários participantes da oficina de monitoramento ambiental aplicaram a versão do PAR adaptado para trechos de rios de baixo curso, em um trecho selecionado na área de estudo (Figura 5.6). A escolha do trecho obedeceu aos mesmos critérios utilizados na seleção do trecho de rio de alto curso.



**Figura 5.6** - Aplicação do PAR, pelos voluntários, no trecho de rio de baixo curso no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG.

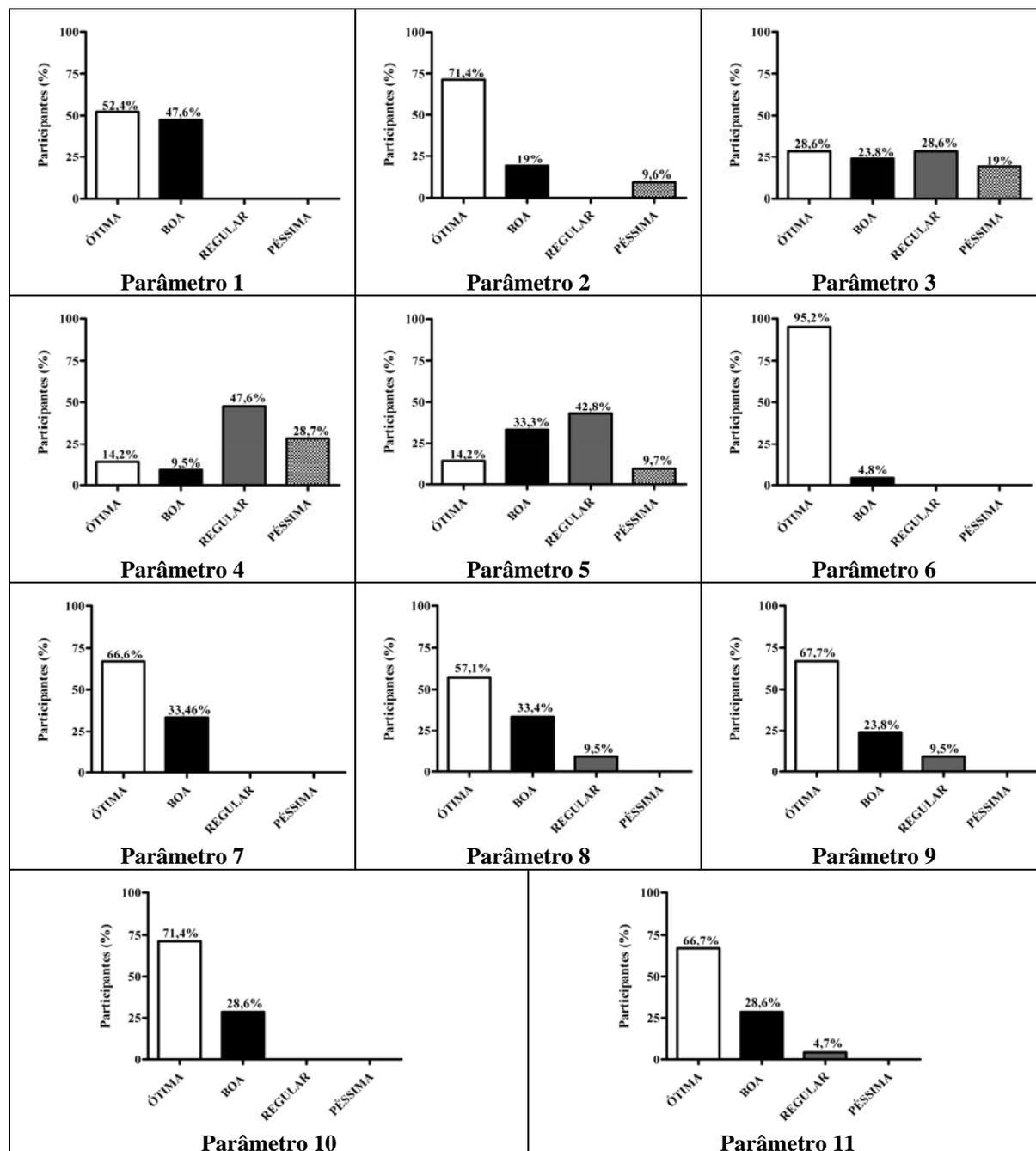
Neste caso, 11 parâmetros foram avaliados e a variação da pontuação atribuída a cada parâmetro pode ser observada na *Figura 5.7*. Com relação ao tempo gasto pelos voluntários na aplicação do protocolo neste trecho, 90% dos participantes gastaram entre 20 e 40 minutos, e 10% entre 40 minutos e 1 hora, demonstrando a praticidade e a rapidez da aplicação do protocolo como instrumento de avaliação ambiental.



**Figura 5.7** - Variação da pontuação atribuída aos parâmetros analisados pelos 21 voluntários, em um trecho de baixo curso, no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG\*.

\*Os pontos no gráfico representam a média +/- desvio padrão das pontuações atribuídas, pelos 21 voluntários, a cada parâmetro do PAR.

Assim, foi possível observar que poucas vezes os resultados obtidos no trecho de rio de baixo curso apresentaram divergências entre os avaliadores, diferentemente dos resultados obtidos da aplicação do protocolo modelo (ver item 4.1, Capítulo IV – “*Desenvolvimento do protocolo*”, *Figura 4.2*). Após a análise dos resultados expressos acima é possível verificar que apenas os parâmetros (3) “*Regime de velocidade/profundidade*”, (4) “*Diversidade de poços*” e (5) “*Deposição de sedimentos*” apresentaram uma maior variação quanto à classificação destes parâmetros no trecho avaliado. A *Figura 5.8* apresenta a porcentagem de ocorrência das condições ambientais atribuídas a cada parâmetro pelos participantes.



**Figura 5.8** - Condições ambientais atribuídas pelos 21 voluntários referentes aos parâmetros (1) “*Substratos e/ou habitats disponíveis*”, (2) “*Substratos em poços*”, (3) “*Regimes de velocidade/profundidade*”, (4) “*Diversidade de poços*”, (5) “*Deposição de sedimentos*”, (6) “*Condições de escoamento do canal*”, (7) “*Alterações do canal*”, (8) “*Sinuosidade do canal*”, (9) “*Estabilidade das margens*”, (10) “*Proteção das margens pela vegetação*” e (11) “*Estado de conservação da vegetação do entorno*”.

Com relação aos parâmetros (3) e (4), as dispersões verificadas podem ser explicadas pela dificuldade dos voluntários em definir ou distinguir os diferentes tipos de regime de velocidade/profundidade e os tipos de poços existente no trecho sob avaliação, respectivamente. Neste caso, nenhuma alteração na descrição destes parâmetros foi realizada e sugere-se apenas que para a minimização de distorções como estas, instruções mais específicas, referentes a estes atributos sejam oferecidas aos avaliadores antes de futuras aplicações do protocolo em outros trechos.

No que se refere ao parâmetro (5), a dispersão das respostas pode ser explicada pela dificuldade dos voluntários em associar a descrição do parâmetro às características observadas no referido trecho. Do mesmo modo, sugere-se que as instruções prévias sejam mais específicas com relação a este parâmetro, e para que conseqüentemente promova maior convergência entre as respostas.

Na *Tabela 5.2* são apresentados os valores das médias e desvios padrão, bem como a condição ambiental de cada parâmetro referente à média das pontuações obtidas.

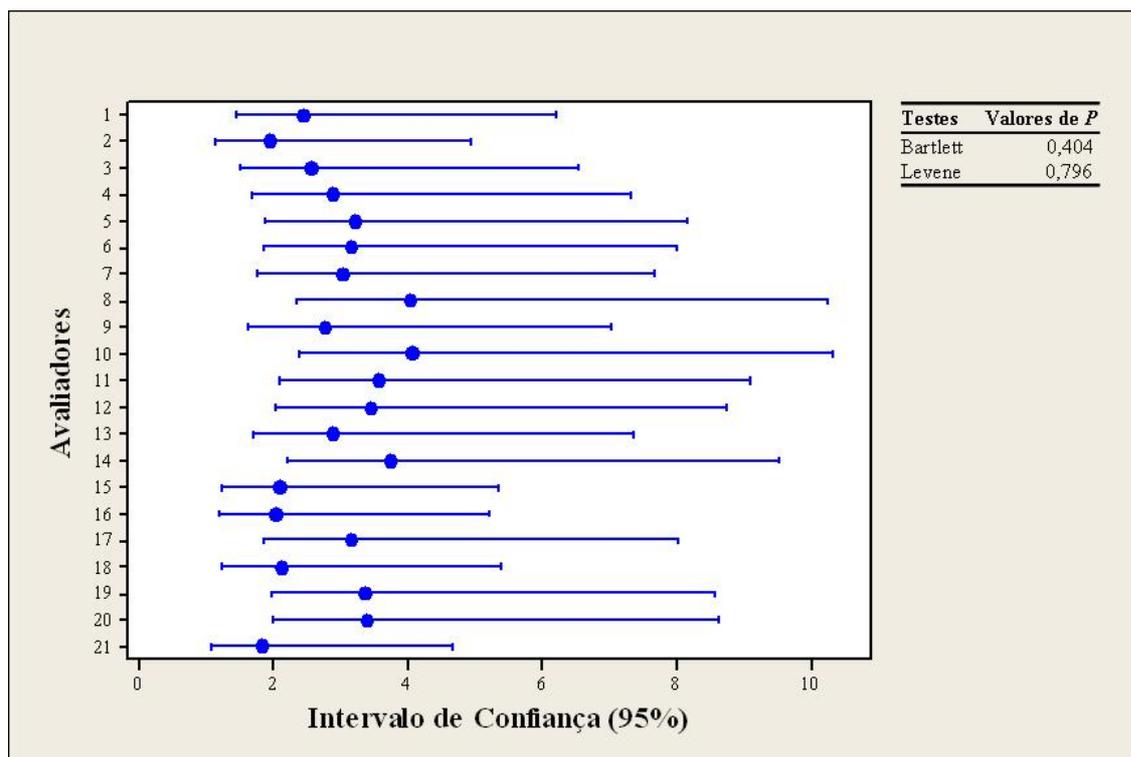
**Tabela 5.2** - Valores das médias e desvios padrão das pontuações obtidas e condição ambiental referente a cada parâmetro avaliado no trecho de rio de baixo curso selecionado.

| <b>Parâmetros analisados</b>                                  | <b>Médias das pontuações obtidas</b> | <b>Desvio padrão</b> | <b>Condição ambiental</b> |
|---|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|
| (1) “ <i>Substratos e/ou habitats disponíveis</i> ”           | 15                                   | 2,01                 | boa                       |
| (2) “ <i>Substratos em poços</i> ”                            | 13                                   | 3,83                 | boa                       |
| (3) “ <i>Regimes de velocidade/profundidade</i> ”             | 11                                   | 5,87                 | boa                       |
| (4) “ <i>Diversidade de poços</i> ”                           | 9                                    | 5,08                 | regular                   |
| (5) “ <i>Deposição de sedimentos</i> ”                        | 10                                   | 4,34                 | regular                   |
| (6) “ <i>Condições de escoamento do canal</i> ”               | 19                                   | 1,06                 | ótima                     |
| (7) “ <i>Alterações do canal</i> ”                            | 16                                   | 2,84                 | ótima                     |
| (8) “ <i>Sinuosidade do canal</i> ”                           | 16                                   | 3,94                 | ótima                     |
| (9) “ <i>Estabilidade das margens</i> ”                       | 16                                   | 3,14                 | ótima                     |
| (10) “ <i>Proteção das margens pela vegetação</i> ”           | 16                                   | 2,61                 | ótima                     |
| (11) “ <i>Estado de conservação da vegetação do entorno</i> ” | 15                                   | 2,80                 | boa                       |

Os resultados referentes à análise de variância realizada a partir dos resultados da aplicação do protocolo, são expressos na *Figura 5.9*.

Assim, a análise do padrão de respostas obtido, sugere que apesar da constatação de valores maiores de desvio padrão para as respostas em alguns parâmetros avaliados, os resultados não apresentaram distorções ou divergências significativas entre os avaliadores ( $P=0,404$  e  $P=0,796$  – *Figura 5.9*), validando desta forma, a aplicabilidade do protocolo em cursos d’água de baixo curso inseridos em campos rupestres do bioma cerrado.

Vale ressaltar que as variações observadas no padrão de respostas, em ambos os trechos de rios avaliados (alto e baixo curso), podem ser minimizadas à medida que o tempo de treinamento e/ou instruções acerca dos parâmetros aumenta, o que proporciona uma percepção mais acurada das condições ambientais presentes nos trechos sob avaliação.



**Figura 5.9** - Teste de variância dos dados obtidos da aplicação do PAR pelos 21 voluntários em um trecho de rio de baixo curso no interior do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto - MG<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Os resultados são expressos sob um intervalo de confiança de 95% e a análise estatística foi feita através do teste ANOVA, pelo *software* estatístico Minitab<sup>®</sup> (Minitab 2003). Valores de  $P < 0,05$  indicam diferenças estatisticamente significativas entre as médias apresentadas, e valores de  $P > 0,05$  indicam que não houve diferença estatisticamente significativa.

### 5.3 – ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELOS VOLUNTÁRIOS

A inserção de segmentos sociais no processo de monitoramento e/ou conservação dos recursos hídricos possibilita avanços na relação entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental, enfatiza aspectos formais e encontra inúmeros obstáculos. Apesar dos limites existentes na estrutura governamental, mudanças e novas práticas de gestão ambiental começam a surgir, e os protocolos se inserem neste contexto.

No presente trabalho foi desenvolvido um PAR a ser aplicado por quaisquer que sejam os segmentos da sociedade. Se por um lado, os voluntários foram utilizados como avaliadores da consistência do protocolo adequado, por outro, os agentes envolvidos conheceram uma abordagem diferenciada de avaliação ambiental de cursos d'água – de caráter holístico – não antes aplicado na área de estudo. Mais do que nunca, a gestão ambiental ganha forças quando a sociedade torna-se participante dos processos de monitoramento, ficando clara a importância da integração da comunidade com o ecossistema.

Conforme descrito no Capítulo III – *Métodos e Estratégias de Ação*, especificamente no *Item 3.3.2*, o qual se refere à convocação e treinamento dos participantes da oficina de monitoramento ambiental, todos os voluntários responderam um questionário no qual informações importantes foram obtidas.

Assim, após a análise das respostas obtidas, foi possível constatar que 90,7% dos participantes nunca haviam participado de atividades que envolvessem o monitoramento ambiental dos recursos hídricos. Embora tenham sido desenvolvidos trabalhos com o intuito de integrar a comunidade em programa de monitoramento ambiental em países como os Estados Unidos (EPA 2003) e Austrália (Parsons *et al.* 2002), no Brasil a participação voluntária em tais programas, ainda que existente, é pequena, e dados como este comprovam esta situação.

É imprescindível que informações como estas sejam levadas em consideração, principalmente quando se analisa o quadro panorâmico sobre a coleta de dados hidrológicos no Brasil. Essencialmente concentrada em entidades federais com atribuições que envolvem um território muito extenso (Buss 1990), a falta de informações aumenta a incerteza das decisões sobre os usos preponderantes e a avaliação de impacto ambiental. À medida que a comunidade se torna participativa e atuante nos programas de monitoramento ambiental, os problemas relacionados à coleta de dados hidrológicos podem ser reduzidos e o número de dados disponíveis aumentado. Um exemplo disto é a experiência norte-americana. No relatório 305(b) da EPA (2000) verifica-se que 27 Estados contam com dados coletados por grupos de voluntários, embora existam grupos organizados em 45 Estados e no Distrito de Columbia. O uso dos dados coletados por voluntários é fundamental para que os tomadores de decisão estaduais identifiquem quais corpos d'água estão contaminados ou em maior risco de contaminação. A EPA e o Congresso Nacional dos Estados Unidos se baseiam em relatórios como este para definir as políticas públicas nacionais norte-americanas.

Na maioria das vezes as bacias de pequeno porte, essenciais para o gerenciamento de demandas como abastecimento de água, irrigação, conservação ambiental, etc., praticamente não são monitoradas e quando são, nota-se que a participação da comunidade é mínima ou inexistente (Tucci *et al.* 2003).

A inclusão da participação da população no processo de tomada de decisão é apontada como um fator importante uma vez que, i) reduz os constrangimentos resultantes da escassez de informações e as incertezas inerentes aos sistemas, e ii) gera cumplicidade entre as diferentes partes envolvidas possibilitando debates mais participativos sobre as questões ambientais (Kass *et al.* 2001).

Quando perguntados se o PAR aplicado pode ser considerado um instrumento capaz de promover a integração da sociedade na avaliação da “saúde” de um rio, 76,3% responderam que o protocolo engloba este propósito e 76,5% disseram que se sentiram como agentes colaboradores na

defesa do meio ambiente. Estes dados revelam o caráter de integração sócio-ambiental do protocolo proposto, indo de encontro ao modelo de gestão dos recursos hídricos baseado no fortalecimento das relações entre o poder público e a sociedade, disposto no capítulo I, art 1º, inciso VI, da Lei das Águas – “a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades” (Brasil 1997). É imprescindível que a comunidade envolvida na aplicação do PAR acredite que a ferramenta proposta seja capaz de proporcionar a inserção da mesma no processo de gerenciamento dos recursos hídricos locais e, além disso, é necessário que todos os envolvidos se sintam verdadeiros colaboradores deste processo. O processo participativo depende, dentre outros fatores, da idéia clara da informação que se pretende obter através da participação e, sobretudo de meios que demonstrem a importância da influência do processo participativo nas tomadas de decisão (Kass *et al.* 2001).

Com relação à pretensão de ser uma ferramenta de fácil utilização e compreensão, foi possível verificar que 68% dos participantes não tiveram nenhuma dificuldade na realização da avaliação, demonstrando que o PAR adequado contempla o propósito de ser claro, prático e de fácil entendimento por parte dos agentes envolvidos no processo. Já com relação aos benefícios das instruções prévias, 95% dos voluntários responderam que a etapa teórica da oficina facilitou o entendimento dos parâmetros analisados no PAR e 84% acreditam que uma pessoa treinada é capaz de avaliar a integridade ambiental de um rio através de um PAR. Contudo, é importante considerar que o grau de instrução prévio dos voluntários (estudantes universitários) contribuiu para o entendimento do método e que em grupos de voluntários que não possuem o mesmo nível de escolaridade dos participantes da oficina o grau de instrução esperado deve ser menor, exigindo que o treinamento acerca da utilização do método seja mais aprofundado.

A importância dos protocolos reside não somente no fato de serem ferramentas úteis e complementares no monitoramento dos recursos hídricos, mas também no fato de serem instrumentos que podem ser utilizados por pessoas minimamente instruídas e não envolvidas diretamente no processo de gestão ambiental. A transferência de conhecimento entre os gerenciadores e a comunidade local só é possível ocorrer quando ambas as partes entendem e compreendem o propósito da ferramenta utilizada e, em regiões com poucos recursos financeiros e com grandes problemas envolvendo a qualidade dos sistemas fluviais, o uso de ferramentas simples e de fácil entendimento, com participação direta das comunidades, pode ser uma medida interessante a ser adotada pelos órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos.

## 5.4 – AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE TRECHOS DE RIOS SELECIONADOS NA ÁREA ESTUDADA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO PROTOCOLO ADEQUADO

É imprescindível a existência de métodos que disponibilizem indicadores de aspectos globais do meio que vêm contribuir para a complementação do elenco de ferramentas utilizadas no estabelecimento de instrumentos confiáveis na avaliação de um sistema lótico. Foi pensando nisto, que Minatti-Ferreira & Beaumord (2006), por exemplo, adaptaram um PAR de integridade ambiental, envolvendo aspectos físicos do *habitat*, e o utilizaram para avaliar as condições ambientais de 5 microbacias do rio Itajaí-Mirim, Brusque - SC. De acordo com os autores, esta metodologia incipiente no Brasil, é um instrumento útil na realização de diagnósticos rápidos de ambientes fluviais.

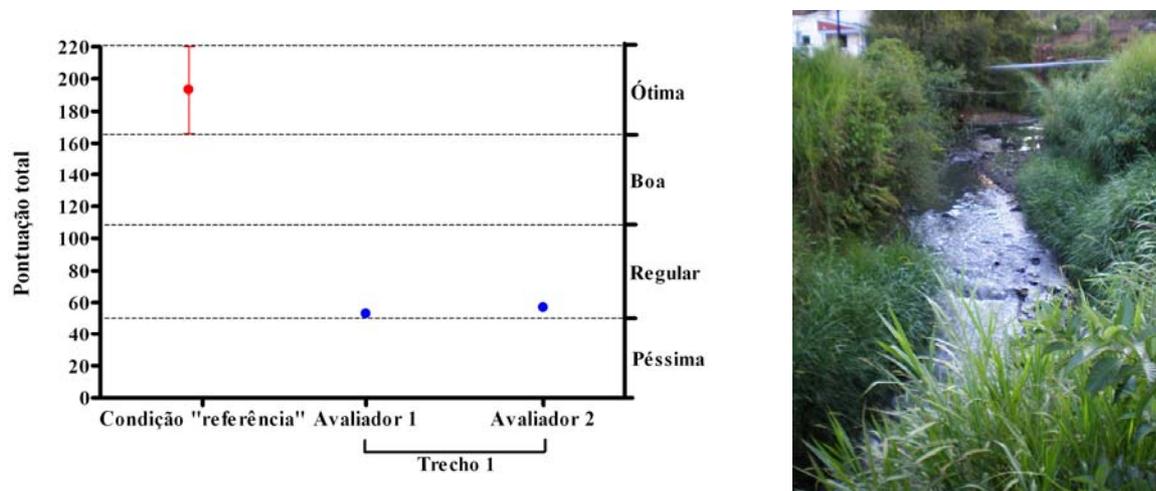
Assim, a partir dos resultados da oficina de monitoramento ambiental, o protocolo adequado foi calibrado e utilizado como instrumento de avaliação ambiental aplicado em diferentes trechos de rios selecionados na área de estudo. Como já mencionado no item 3.6 do Capítulo III – *Métodos e estratégias de ação*, esta avaliação foi realizada através da aplicação do PAR por 2 avaliadores previamente instruídos e treinados, em diferentes trechos de rios com níveis variados de impacto ambiental, com exceção dos trechos 6 e 7, nos quais apenas 1 avaliador aplicou o PAR adequado. Contudo, é importante salientar que os resultados da avaliação ambiental consistem na visitação de apenas alguns trechos de rios, não sendo suficientes para predizer a qualidade ou a integridade ambiental de todo o rio, uma vez que, para este propósito seria necessária a aplicação do PAR não apenas em um único trecho, mas sim em vários ao longo do rio em questão. Além disto, outros métodos como os utilizados tradicionalmente no monitoramento da qualidade da água potencializam a avaliação ambiental, sendo possível avaliar mais amplamente a integridade ambiental dos rios. Vale lembrar que as aplicações do protocolo em todos os trechos selecionados foram realizadas durante os meses de novembro e dezembro de 2007.

### 5.4.1 - Avaliações dos trechos localizados em área urbana

As avaliações em dois diferentes trechos do Ribeirão do Funil – baixo curso (trechos 1 e 2) – apontou significativas alterações de suas condições ambientais, embora em um dos trechos as alterações se apresentem mais severas. Localizados na área urbana do município de Ouro Preto – MG é possível observar que toda mata ciliar nativa foi retirada e, além disso, é visível o lançamento de esgoto doméstico por inúmeras tubulações que fazem seus despejos diretamente ao longo dos trechos avaliados.

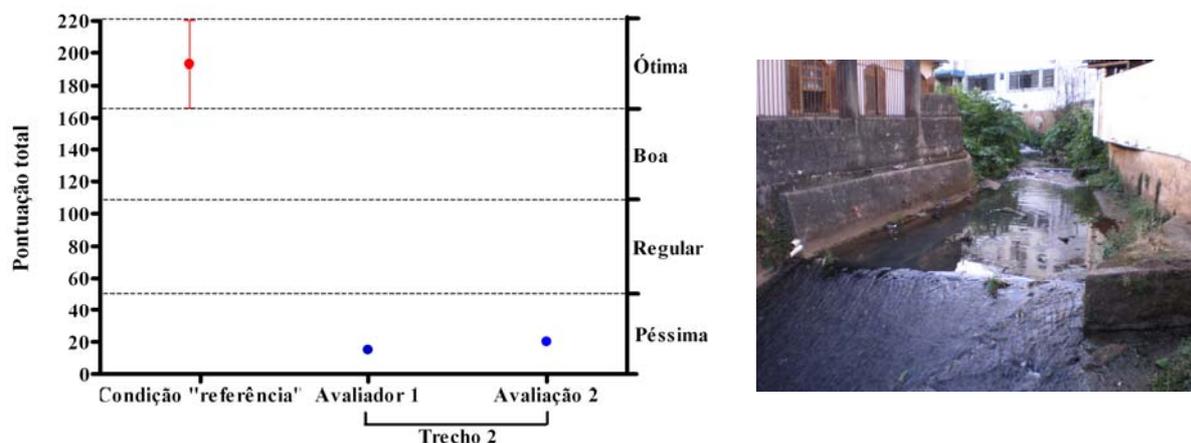
A avaliação do trecho 1 apontou que os parâmetros que apresentaram piores condições ambientais foram: “*Substratos e/ou habitat disponíveis*”, “*Substratos em poços*”, “*Alterações do canal*”, “*Sinuosidade do canal*”, “*Estabilidade das margens*” e “*Estado de conservação da vegetação*”.

do entorno”, o que contribuiu para a classificação global do trecho como “regular” (média: 55 pontos), quando comparado a uma condição “referência”, conforme observado na *Figura 5.10*.



**Figura 5.10** - Resultado da aplicação do PAR no trecho 1: Ribeirão do Funil.

Já com relação à avaliação realizada no trecho 2, após a análise do somatório das pontuações referentes aos parâmetros avaliados, conclui-se que este trecho é o que apresenta a pior qualidade dos elementos físicos propostos no PAR e, conforme observado na *Figura 5.11*, uma condição “péssima”, decorrente das diversas alterações presentes no trecho, foi atribuída ao mesmo pelos avaliadores (média: 20 pontos).



**Figura 5.11** - Resultado da aplicação do PAR no trecho 2: Ribeirão do Funil

É notório que a ocupação urbana gera alterações drásticas nas condições ambientais dos sistemas fluviais e que as condições verificadas nos trechos 1 e 2 comprovam isto. De acordo com Tucci (2002), devido à desordenada e descontrolada concentração urbana vários conflitos e problemas têm sido gerados 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

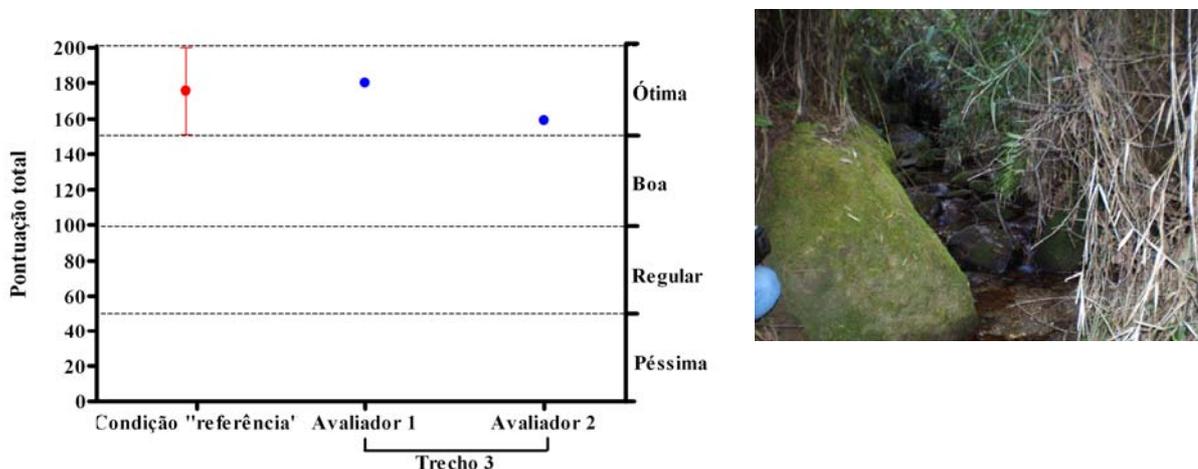
doméstico, industrial e pluvial; (iv) enchente urbana gerada pela ocupação imprópria do espaço e pelo gerenciamento inadequado da drenagem urbana e (v) falta de coleta e disposição do lixo urbano.

A preservação e manutenção da qualidade dos recursos hídricos constituem um grande desafio para a sociedade brasileira, especialmente para os órgãos responsáveis pelas tomadas de decisão, uma vez que a causa principal destes problemas geralmente se encontra nos aspectos institucionais relacionados com o gerenciamento dos sistemas fluviais e do meio ambiente urbano.

Em muitos casos, os municípios não possuem capacidade institucional e econômica para administrar o problema, o que dificulta implementar uma solução gerencial adequada. Os resultados como os obtidos nas avaliações realizadas nos trechos 1 e 2 (Figuras 5.10 e 5.11) deixam óbvios os prejuízos proporcionados pela ocupação urbana não planejada no ecossistema lótico. Nestes casos, é necessário a capacitação dos profissionais responsáveis pela gestão ambiental dos municípios para melhor gerenciar os problemas existentes, criação de programas de apoio estaduais e federais para melhor atender às necessidades dos municípios no assessoramento e incentivo de programas de planejamento preventivos e desenvolvimento de projetos voltados para o financiamento de sistemas sanitários e de controle da degradação ambiental dos recursos hídricos.

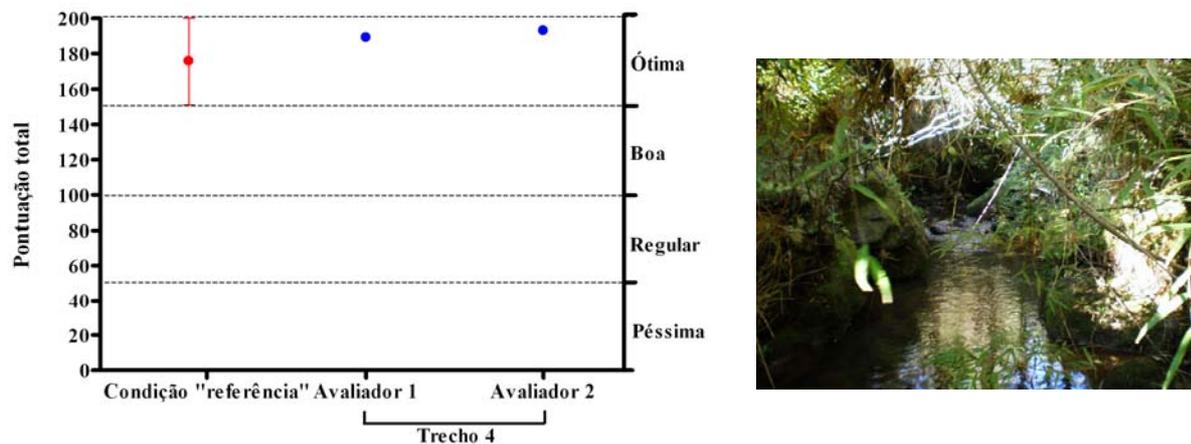
#### 5.4.2 - Avaliações dos trechos localizados no interior do PEIT

Nos trechos 3 (Calais – alto curso) e 4 (Córrego do Baú – alto curso), ambos localizados no interior do PEIT, as avaliações indicaram “ótimas” condições ambientais para os mesmos. Embora no trecho 3 haja a presença de uma alteração no seu canal (construção para vazão de água) o mesmo se encontra em “ótimo” estado de conservação ambiental e nenhuma outra alteração de sua condição natural foi observada, quando comparada à condição “referência” (média: 169,5 pontos). Conforme mostrado na *Figura 5.12*, ambos os avaliadores atribuíram uma condição “ótima” ao trecho avaliado.



**Figura 5.12** - Resultado da aplicação do PAR no trecho 3: Calais.

Da mesma forma, no trecho 4, Córrego do Baú, a aplicação do PAR pelos avaliadores revelou que o mesmo encontra-se em “ótimo” estado de conservação ambiental não sendo constatada nenhuma modificação nas suas características naturais. Neste caso, considera-se que a situação observada é semelhante à condição “referência”. Ambos os avaliadores, conforme mostrado na *Figura 5.13*, atribuíram uma condição “ótima” ao trecho avaliado (média: 191 pontos).



**Figura 5.13** - Resultado da aplicação do PAR no trecho 4: Córrego do Baú.

Assim, estes dados constataam a existência de condições ambientais preservadas no interior do PEIT, localizado em uma área de transição entre a mata atlântica e o cerrado. Além disto, demonstram que a implantação desta unidade de conservação contribui para a preservação da qualidade ambiental dos recursos naturais disponíveis, principalmente quando verificado que dos biomas brasileiros, a mata atlântica com cerca de 93% de sua área destruída, e o cerrado que conta apenas com 20% de sua cobertura original, são os mais ameaçados do país.

Há que se ressaltar que as unidades de conservação não podem ser vistas e pensadas como “ilhas de preservação” do meio natural, isoladas do seu contexto regional e nacional (Fernandez 1997) nem tampouco do contexto global. Mesmo refletindo “ótimo” estado de preservação nos trechos avaliados, é necessário objetivar o gerenciamento em visão integrada que busque a consorciação do desenvolvimento com alternativas econômicas e sociais, a fim de manter os trechos avaliados preservados e restabelecer as condições naturais em outros, como é o caso do trecho 5 (Córrego dos Prazeres – baixo curso). Neste trecho a alteração do canal é verificada principalmente pela presença de canalizações para a vazão do curso d’água e estradas próximas além de muitas espécies exóticas, como as do gênero *Eucaliptus*.

Assim, a aplicação do PAR pelos avaliadores apontou uma condição ambiental “boa” (média: 156 pontos) para o trecho 5 e os parâmetros que apresentaram os aspectos mais negativos da avaliação foram: “Alteração do canal” e “Estado de conservação da vegetação do entorno”. A *Figura 5.14* mostra os resultados desta avaliação.

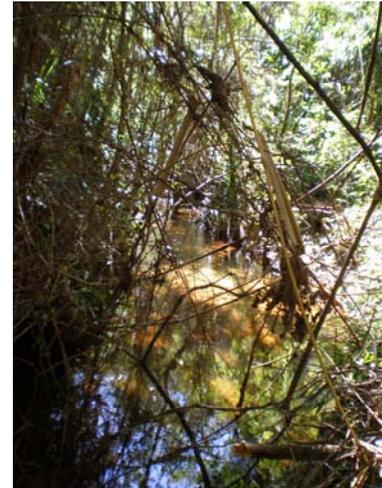
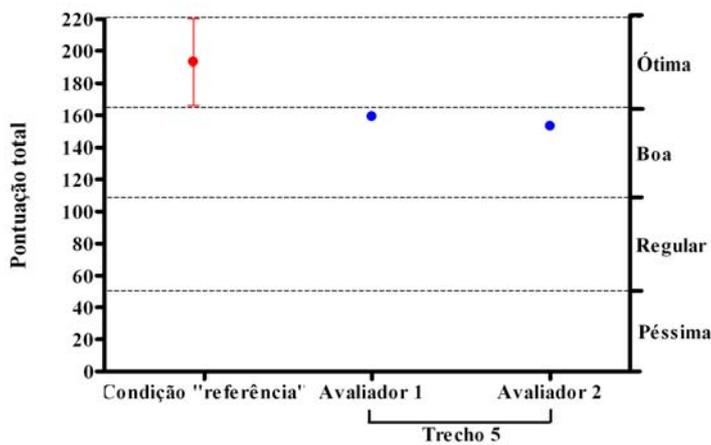
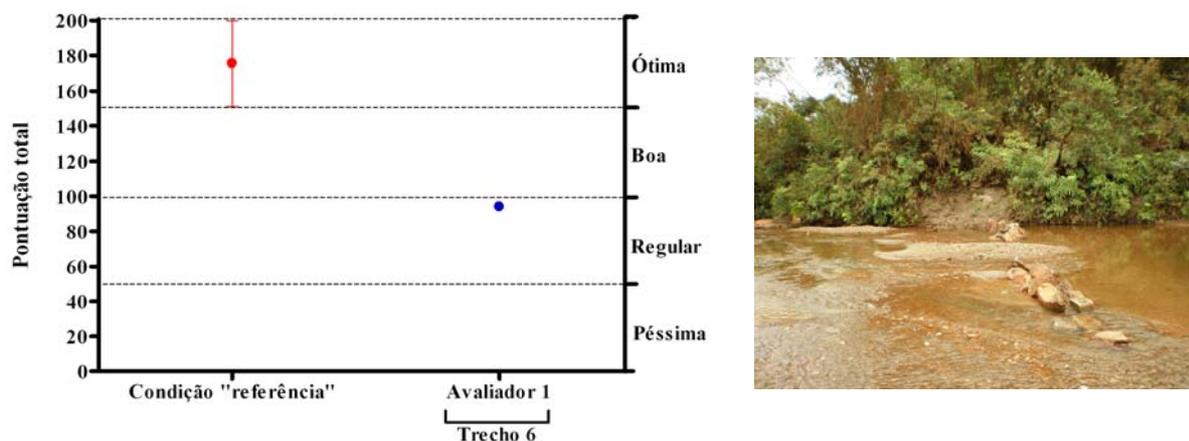


Figura 5.14 - Resultado da aplicação do PAR no trecho 5: Córrego dos Prazeres.

### 5.4.3. Avaliações dos trechos localizados fora do PEIT (não-urbana)

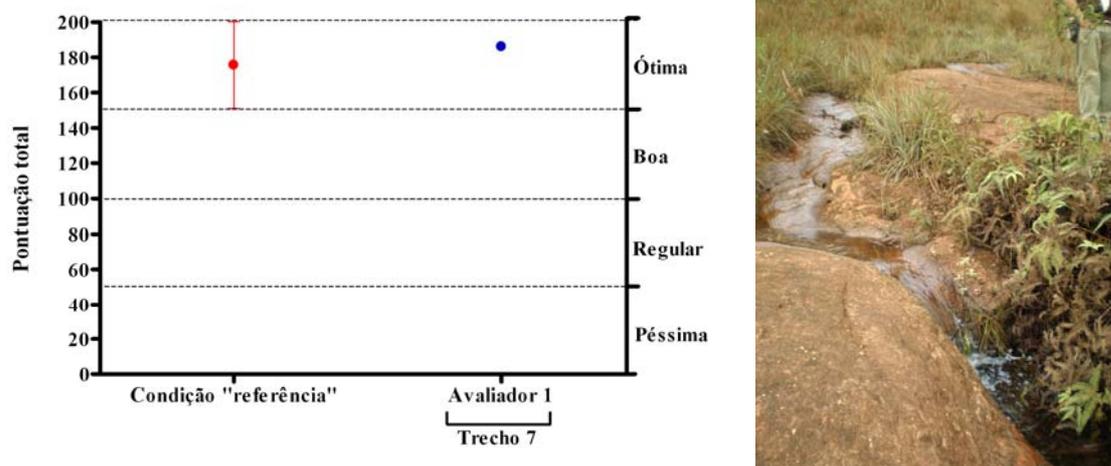
É consenso que a integridade dos ecossistemas aquáticos responde às atividades humanas que afetam a bacia de drenagem. Marcada pela evidência do desenvolvimento de atividades extrativistas, a avaliação realizada no trecho 6 (Córrego Moinho –alto curso) indicou uma influência direta destas atividades nas características naturais do referido trecho. Uma barragem – com blocos de rocha – foi construída para represar a água e facilitar a lavra de cascalho e areia no trecho avaliado. A ação está causando a formação de barras e o aumento da deposição de sedimentos finos no leito, o que diminui a disponibilidade de *habitat* para as comunidades aquáticas. Além disto, é nítida a presença de espécies exóticas, em ambas as margens do trecho, o que de acordo com Agostinho *et al.* (2005), interfere diretamente na biodiversidade dos sistemas naturais.

De acordo com as características observadas pelo avaliador, os parâmetros que apresentaram piores condições foram os que avaliam a “*Deposição de sedimentos*” e “*Alterações no canal*” reflexo direto das influências antrópicas verificadas no local. Assim, foi atribuída ao trecho uma condição “regular” e após o somatório das pontuações atribuídas a cada parâmetro a pontuação total foi de 94 (Figura 5.15).



**Figura 5.15** - Resultado da aplicação do PAR no trecho 6: Córrego Moinho.

Já o trecho 7 (Córrego da Brenha – alto curso), apesar de localizado próximo à estrada, apresenta ótima condição ambiental. Uma vegetação típica de campo rupestre (campo limpo), com presença marcante de gramíneas e pequenos arbustos, é observada no entorno do curso d'água avaliado. Além disto, a declividade do trecho é alta e a água corre sobre a rocha, caracterizando um típico trecho de rio de alto curso. Após o somatório das pontuações uma nota igual a 185 foi obtida (Figura 5.16).



**Figura 5.16** - Resultado da aplicação do PAR no trecho 7: Córrego da Brenha.

À medida que condições ambientais, como a do trecho 7, são verificadas em ambientes próximos à ocupação urbana e em trechos de alto curso, os esforços para a conservação dos rios de cabeceira são compensados. De acordo com Gregory *et al.* (1992), a biota das cabeceiras e de pequenos cursos d'água é mais vulnerável às perturbações causadas pelos usos múltiplos dos recursos disponíveis. Além do mais, as nascentes têm papel importante na proteção dos trechos a jusante (Dale Jones *et al.* 1999).

Em síntese, após a avaliação ambiental realizada nos trechos selecionados, foi possível verificar que o PAR proposto pode ser usado como uma ferramenta útil no monitoramento dos recursos hídricos, uma vez que foi capaz de detectar as perturbações causadas aos cursos d'água avaliados bem como diferenciar, através das categorias estabelecidas, condições ambientais minimamente perturbadas de condições severamente afetadas pelas atividades humanas. Além disto, é possível observar que a combinação de atributos de caráter físico do *habitat* com parâmetros biológicos, permite realizar um monitoramento integrado do ecossistema aquático, no qual menor tempo de trabalho de campo é despendido, a liberação de resultados é mais rápida e o custo financeiro exigido para as análises é reduzido.

O uso indiscriminado dos recursos naturais pelo homem, com conseqüente alteração da paisagem, dos processos ecológicos e do regime fluvial, altera significativamente a disponibilidade de *habitat* e composição trófica no ambiente aquático e na medida em que métodos de avaliação capazes de perceber pequenas mudanças são utilizados, a conservação e o gerenciamento dos recursos hídricos tornam-se mais fáceis e mais eficientes em longo prazo. A verificação precoce de pequenas mudanças possibilita impedir a expansão das mesmas a todo ecossistema permitindo que medidas mitigadoras sejam desenvolvidas.



## CAPÍTULO VI

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

---

A sociedade brasileira e mundial vivencia e assiste um cenário sem precedentes na história da humanidade. A institucionalização crescente dos temas ambientais nas últimas duas décadas prevê que medidas alternativas sejam tomadas e que a maneira de pensar da sociedade deve e necessita ser mudada. São necessários, quaisquer que sejam, o desenvolvimento de modelos de gestão do meio ambiente que requerem tanto a formatação de novos espaços públicos na decisão, quanto da participação efetiva da comunidade na preservação, conservação e monitoramento dos recursos naturais existentes.

O presente trabalho, utilizando-se de um método incipiente no Brasil – os protocolos de avaliação rápida de rios – capaz de avaliar a condição global dos ecossistemas fluviais cumpriu todas as etapas previstas para este propósito. Desde os trabalhos iniciais de gabinete como o “*Levantamento bibliográfico e cartográfico*”, passando pelas etapas de “*Aplicação do protocolo modelo Barbour et al. (1999)*”, “*Adequação do protocolo modelo para a área de estudo*” e “*Avaliação da aplicabilidade dos protocolos adequados*”, todos os esforços foram compensados quando apreciada a etapa final deste trabalho – “*Consolidação dos protocolos*” e “*Avaliação ambiental de trechos selecionados na área de estudo, através da aplicação do protocolo adaptado*”.

Em síntese, no decorrer desta pesquisa foi possível:

- a) levantar uma série de dados referentes à área de estudo, tais como às características geológicas, litológicas, morfopedológicas, hidrográficas, climatológicas e fitofisionômicas;
- b) aplicar o protocolo modelo de Barbour *et al.* (1999), desenvolvido para condições ambientais diferentes das encontradas na área de estudo, e comprovar que adequações são necessárias para a utilização deste método no contexto ambiental estudado;
- c) adequar um PAR para o monitoramento e avaliação de rios de alto e baixo curso inseridos em campos rupestres do cerrado, tendo o PEIT um papel importante no que tangiu a definição das condições “referência” estabelecidas no presente trabalho;
- d) verificar a consistência, aplicabilidade, clareza e possíveis inadequações do protocolo adequado, a partir dos resultados obtidos na oficina de monitoramento ambiental, oferecida no decorrer desta pesquisa;

e) promover a inserção de um segmento social específico no monitoramento ambiental de cursos d'água da região;

f) consolidar o PAR e utilizá-lo como instrumento de avaliação ambiental capaz de conferir dados consistentes e de qualidade sobre a condição ambiental de diferentes trechos selecionados na área de estudo.

A criação de métodos alternativos e complementares como o adotado, pode refletir ganhos significativos na preservação do meio ambiente podendo trazer, entre outros benefícios, a melhoria da qualidade de vida da comunidade e a melhoria na qualidade de ensino. Assim, através de uma forma holística de pensar a natureza e utilizar esta ideologia no monitoramento dos ecossistemas lóticos, recomenda-se que o PAR proposto no presente trabalho seja:

i) incorporado aos métodos clássicos de avaliação e monitoramento da qualidade da água utilizados nos cursos d'água inseridos em campos rupestres do bioma cerrado, a fim de que os resultados destas avaliações sejam utilizados como informações complementares que reflitam o verdadeiro estado dos recursos hídricos avaliados;

ii) utilizado pelos órgãos ambientais (do Estado e dos municípios) como instrumento de baixo custo econômico capaz de oferecer um alerta imediato quando da ocorrência de acidentes ambientais, além de apoio a ações de restauração e reabilitação de cursos d'água da região estudada;

iii) utilizado em programas de monitoramento voluntário, possibilitando a replicação desta metodologia em outras sub-bacias, de forma que permita a participação efetiva da sociedade na gestão e monitoramento dos recursos hídricos;

iv) adotado como instrumento prático, rápido e ferramenta de avaliação ambiental preliminar de uma bacia hidrográfica para fins de avaliação e manejo e,

v) usado para selecionar áreas prioritárias inseridas no bioma cerrado para a conservação da biodiversidade.

Os instrumentos legais foram e continuam sendo criados e adequados. Contudo, apenas a criação de leis contribui pouco para a consolidação de uma gestão significativamente participativa, ainda mais em um país em que nem sempre o que é disposto por lei é garantido nas relações sociais. A lei, sem uma ação de integração e sem uma visão positiva da participação social, pode transformar-se em um extraordinário discurso, utópico e sem aplicabilidade real.

A gestão dos recursos hídricos de forma efetivamente participativa requer o desenvolvimento de um processo entendível pela população que a coloque realmente como agente participante. Além disso, a sociedade deve perceber sua contribuição no processo e entender quão importante é sua influência nas tomadas de decisão tendo em vista a qualidade e preservação ambiental. A implementação de programas de gerenciamento do meio ambiente através de métodos que possuem uma linguagem acessível à população, pode promover o envolvimento desta com as questões ambientais e, paulatinamente, um maior interesse dessa comunidade na conservação dos recursos naturais que a cerca.

Grandes dificuldades a serem superadas ainda se destacam, mas a união entre todos os agentes envolvidos na gestão do meio ambiente pode reverter prognósticos ameaçadores e, conseqüentemente, alterar o cenário ambiental caótico em que se encontram vários locais, podendo assim, trazer esperanças sobre um futuro melhor.

Assim, foi sob a perspectiva das grandes incertezas existentes em relação ao futuro dos recursos hídricos, que foi apresentado o PAR e discutida a sua utilização enquanto elemento capaz de promover uma avaliação interativa dos aspectos físicos e biológicos que cercam os ecossistemas aquáticos e simultaneamente capaz de promover a inserção da sociedade nos processos de gerenciamento e monitoramento ambiental. Ressalta-se que o método proposto no presente trabalho consiste em uma ferramenta simplificada, porém não simplista, podendo ser útil em atividades de gerenciamento que pretendam envolver a comunidade de forma realmente participativa na preservação do meio ambiente e em atividades que almejam promover uma avaliação rápida, prática e confiável da “saúde” de um rio.



## Referências Bibliográficas

---

- Agostinho A. A., Thomaz M.; Gomes C. 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland water. *Conservation Biology*, **19**:646-652.
- Alho C. J. R. & Martins E. S. 1995. *De grãos em grãos, o cerrado perde espaço – Cerrado: impactos do processo de ocupação*. Brasília, Fundo Mundial para a Natureza.
- Alkmin F. F., Brito Neves B. B., Alves J. A. C. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco – uma revisão. In: Dominguez J. M. & Misi A. (eds.) *O Cráton do São Francisco*. Salvador, Reunião preparatória do II Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, 45-62.
- Alkmin F.F. & Marshak S. 1998. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, **90**:29-58.
- Allan J. D. 1995. *Stream Ecology. Structure and function of running waters*. New York, Chapman & Hall. 82p.
- Almeida F. F. M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geociências*, **7**:349-364.
- Almeida F. F. M. & Hassuy Y. 1984. *O Precambriano do Brasil*. São Paulo, Edgard Blücher. 542p.
- Almeida L. G., Castro P. T. A., Endo I., Fonseca M. A. 2005. O Grupo Sabará o Sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero: uma revisão estratigráfica. *Rev. Bras. Geociências*, **35**(2):177-186.
- Andrade L. A. Z., Felditi J. M., Violatti L. 2002. Fitossociologia de uma área de cerrado denso na Recor-IBGE, Brasília-DF. *Acta Bot. Bras.*, **16**(2):225-240.
- Azevedo L. G. 1962. Tipos de vegetação do sul de Minas e campos da Mantiqueira (Brasil). *Anais Acad. Bras. Ciências*, **34**(2): 225-234.
- \_\_\_\_\_. 1966. Tipos eco-fisionômicos da vegetação da região de Januária (MG). *Anais da Acad. Bras. Ciências*, **38**(Supl.): 39-57.
- Babinski M., Chemale F. JR., Schumus W. R. 1995. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Precambrian Research*, **72**:235-245.
- Ball, J. 1982. *Stream Classification Guidelines for Wisconsin*. Madison, Wisconsin Department of Natural Resources Technical Bulletin.
- Barbosa A. L. M. 1959. *Série Itacolomi*. Rio de Janeiro, Pub. Esp. DPM.01. 20-22p.
- \_\_\_\_\_. 1968. *Contribuições recentes à geologia do Quadrilátero Ferrífero, Ouro Preto*. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 44p.
- Barbour M. T. & Stribling J. B. 1991. Use of habitat assessment in evaluating the biological integrity of stream communities. *Biological Criteria: Research and Regulation*, EPA-440-5-91-005:25-38.
- \_\_\_\_\_. 1994. *A technique for assessing stream habitat structure*. Washington, National Association of Conservation Districts. 156-178p.
- Barbour M. T., Diamond J. M., Yoder C. O. 1996. Biological assessment strategies: Applications and Limitations. In: D. R. Grothe, K. L. Dickson, D. K. Reed-Judkins (eds.). *Whole effluent toxicity testing: An evaluation of methods and prediction of receiving system impacts*. Florida, SETAC Press, 245-270.
- Barbour M. T., Gerritsen J., Snyder B. D., Stribling J. B. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition*. Washington, EPA 841-B-99-002. 339p.
- Barel C. D. N. 1983. Towards a constructional morphology of cichlid fishes (*Teleostei*, Perciformes). *Neth. J. Zool.*, **33**:357-424.
- Barrella W., Junior M. P., Smith W. S., Montag L. F. de Assis. 2001. *Matas Ciliares. Conservação e Recuperação*. São Paulo, Edusp. Fapesp.

- Berkman H. E. & Rabeni C. F. 1987. Effect of siltation on stream fish communities. *Env. Biol. Fish.* **18**(4):285-294.
- Bernhardt E. S. *et al.* 2005. Synthesizing U.S. River restoration efforts. *Science*, **308**: 636-637.
- Beschta R. L. & Platts W. S. 1986. Morphological features of small streams – Significance and function. *Water Resources Bulletin*, **22**:369–379.
- Bock W. J. & von Wahlert G. 1965. Adaptation and the form-function complex. *Evolution*, **19**:269-299.
- Boon P. J., Calow P., Petts G. E. 1992. *River Conservation and Management*. Wiley, Chichester. 470p.
- Brasil, Lei Federal nº. 9.985 de 18 de julho de 2000. *Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza*. Brasília, Senado Federal.
- \_\_\_\_\_. Lei Federal nº. 9.433 de 08 de janeiro de 1997. *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília, Senado Federal.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Interior, Secretaria Especial do Meio Ambiente. 1976. *Portaria GM/0013/15/Jan/1976: Classificação das águas interiores do território nacional*. Brasília, Gráfica e Editora Itamarati.
- Bren L. J. 1993. Riparian Zone, Stream and Floodplain Issues: A Review. *Journal of Hydrology*, **150**: 277-299.
- Brookes A. & Shields F. D. Jr. 1996. *River Channel Restoration: Guiding Principals for Sustainable Projects*. Wiley, Chichester. 433p.
- Buss D. F. 2002. Proteção à vida aquática, participação das comunidades e políticas de recursos hídricos. *Ciência e Ambiente*, **25**: 71-84.
- Buss D. F., Baptista D. F., Nessimian J. L. 2003. Conceptual basis for the application of biomonitoring on stream water quality programs. *Cad. Saúde Pública*, **19**(2):465-473.
- Callisto M. & Esteves F. A. 1996. Composição granulométrica do sedimento de um lago Amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural (Pará, Brasil). *Acta Limnol. Bras.*, **8**: 115-126.
- Callisto M., Ferreira W., Moreno P., Goulart M. D. C, Petrucio M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de *habitats* em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnol. Bras.*, **14**(1): 91-98.
- Callisto M. & Moreno P. 2006. Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental. In: II Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental, Erechim.
- Callisto M., Moreno P., Barbosa F. A. R. 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Rev. Bras. Biol.*, **61**:259-266.
- Carneiro M. A. 1992. *O Complexo Metamórfico do Bonfim Setentrional - Quadrilátero Ferrífero, MG: litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do Arqueano*. Instituto de Geociência, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 233p.
- Castañeda C. 1993. Caracterização Geológica e Geomorfológica do Parque Estadual de Itacolomi. Projeto Itacolomi. Instituto Estadual de Floresta, Universidade Federal de Ouro Preto, BIRD, Relatório de Projeto. 36p.
- Cooper J. E. 1984. Vanishing species: the dilemma of resources without price tags. In: A. W. Norden, D. C. Forester, G.H. Fenwick (eds.). *Threatened and Endangered Plants and Animals of Maryland*. Annapolis, Spec. Publ. 84-I. Maryland Nat. Heritage Progr., 7-32p.
- Cordani U. G., Kawashita K., Muller G., Quade H., Reimer V., Roeser H. 1980. Interpretação tectônica e petrológica de dados geocronológicos do embasamento no bordo sudeste do Quadrilátero Ferrífero-Minas Gerais. *An. Acad. Bras. Cienc.*, **52**:785-799.
- Corenblit D., Tabacchi E., Steiger J., Gurnell A. M. 2007. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. *Earth Science Reviews*, **94**:56-86
- Coutinho L. M. 1976. *Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do cerrado*. EDUSP, São Paulo, Tese de Livre docência em Ecologia Vegetal. 173p.
- \_\_\_\_\_. 2002. O bioma do cerrado. In: A. L. Klein (ed.). *Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois*. São Paulo, Editora da Unesp, 77-91p.

- \_\_\_\_\_. 2006. O conceito de bioma. *Acta Bot. Bras.*, **20**:13-23.
- Cummins K. W. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *Am. Midl. Nat.*, **67**:477-504.
- Curry R. R. 1972. Rivers - A geomorphic and chemical overview. In: Oglesby R. T., Carlson C. A., Mccann J. A. (eds.) *River Ecology and Man*. New York, Academic Press, 9-31p.
- Dale Jones E. B., Helfman G. S., Harper J. O., Bolstad P. V. 1999. Effects of riparian forest removal on fish assemblages in southern Appalachian streams. *Cons. Biol.*, **13**:1454-65.
- Dale V. H. & Beyeler S. C. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, **1**:3-10.
- Derby O. A. 1881. Observações sobre algumas rochas diamantíferas da Província de Minas Gerais. Rio de Janeiro. *Arc. Museu. Nac.*, **4**:121-132.
- \_\_\_\_\_. 1906. The Serra of Espinhaço. *Journ. Geol.*, **14**:374-401.
- Dorr J. V. N. 1969. *Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Brazil*. Washington, USGS/DNPM. 110 p.
- Dorr J. V. N., Gair J. E., Pomerene J. B., Reynearson G. A. 1957. *Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero*. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM. 33p.
- Eiten G. 1972. Formas fisionômicas do cerrado. *Rev. Brasileira de Botânica*, **148**:139-148.
- \_\_\_\_\_. 1976. Delimitação do conceito de cerrado. *Boletim de Geografia*, **34**:131-140.
- \_\_\_\_\_. 1994. Vegetação do Cerrado. In: M. N. Pinto (coord.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. Brasília, UNB/SEMATEC, 9-65p.
- Elmore W. & Beschta R. L. 1987. Riparian Forest Communities and their Role in Nutrient Conservation in an Agricultural Watershed. *American Journal of Alternative Agriculture*, **2**(3):114-121.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1987. *Surface water monitoring: A framework for change*. Washington, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Policy Planning and Evaluation.
- \_\_\_\_\_. 2000. Water Quality Conditions in the United States. A Profile from the 2000 National Water Quality Inventory. Disponível em: <http://www.epa.gov/305b/2000report/>. Acessado em 15 de fev. 2006.
- \_\_\_\_\_. 2002. *Starting Out in Water Monitoring*. Washington, EPA 841-F-02-004.
- \_\_\_\_\_. 2003. *Monitoring and Assessing Water Quality - Volunteer Monitoring*. Disponível em: <http://www.epa.gov/owow/monitoring/vol.html>. Acessado em 20 de março de 2006.
- Eschwege W. L. von. 1822. *Geognostisches Gemälde von Brasilien und wahrscheinliches Muttergestein der Diamanten*. Berlin, Weimer. 44p.
- \_\_\_\_\_. 1832. *Beitraege zur gebirgskunde Brasiliens*. Berlin, G. Reimer Verlag. 488p.
- \_\_\_\_\_. 1833. *Pluto Brasiliensis*. Berlin, G. Reimer Verlag. 622p.
- Esteves F. A. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro, Interciência.
- Fernandes S. M., Aguilar J. Z. P., Costa J. C. V., Azevedo M. M. E., Oliveira R. I. C. 1988. *Estudo integrado de geologia, geomorfologia e solos do Parque Estadual do Itacolomi, MG*. FAPEMIG, Relatório de Pesquisa.
- Fernandes C. 2006. *Comparação entre o índice de integridade biótica e um método de multicritério, para análise da qualidade ambiental de três riachos tributários ao reservatório de Itaipu*. Pós Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Dissertação de Mestrado, 85p.
- Fernandez F. A. Z. 1997. Efeitos da fragmentação de ecossistemas: a situação das unidades de conservação. In: Congresso Brasileiro de Unidade de Conservação, Curitiba, *Anais*, **2**:48-68.
- Ferraz D. K. 2001. O papel da vegetação na margem de ecossistemas aquáticos. In: R. B. Primack & E. Rodrigues (eds.). *Biologia da Conservação*. Paraná, Editora Vida.
- Ferreira, A. F. & Lazzarin, H. A. 1993. *Caracterização litoestrutural e geomorfológica da região do Pico do Itacolomi, Ouro Preto*. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Monografia de Graduação em Engenharia Geológica, 54p.

- Ferreira H. L. M. 2003. *Relação entre fatores sedimentológicos e geomorfológicos e as diferenciações estruturais das comunidades de invertebrados de trechos do alto da bacia do rio das Velhas*. Departamento de Geologia, Programa de Pós Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Dissertação de Mestrado (em andamento).
- Fitzpatrick F. A., Waite I. R., D'Arconte P. J., Meador M. R., Maupin M. A., Gurtz, M. E. 1998. *Revised Methods for Characterizing Stream Habitat in the National Water-Quality Assessment Program, Water-Resources Investigations Report 98-4052*. Raleigh, U.S. Geological Survey.
- França J., Moreno P., Callisto M. 2006. Importância da composição granulométrica para a comunidade bentônica e sua relação com o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio das Velhas. In: VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Porto Alegre, *Anais*, 7:1-12.
- Frissell C. A., Liss W. J., Warren C. E., Hurley M. D. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management*, **10**: 199-214.
- Fujaco M. A. G. 2004. *Influência dos diferentes tipos de substrato e da geomorfologia na distribuição e no comportamento ecológico das espécies nativas Eriocaulon incanum (DC) McLeish, Eriocaulon erythropappa (Less.) Less e Vannilismopsis erythropappa Schul. Bip, na área do Parque Itacolomi, Ouro Preto/MG*. Departamento de Geologia, Programa de Pós Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Projeto de Mestrado, 22p.
- Gair J. E. 1958. The Sabara Formation. *Boletim n. 2 da Sociedade Brasileira de Geologia*, 7:68-69.
- \_\_\_\_\_. 1962. *Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima quadrangles, Minas gerais, Brazil*. Washington, DNPM/USGS. 67p.
- Gonçalves J. F. Jr., Callisto M., Fonseca J. J. 1998. Relações entre a composição granulométrica do sedimento e as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida (Macaé, RJ). In: F. Esteves. (org.). *Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé, RJ*. Rio de Janeiro, UFRJ, 299-310p.
- Goodland R. 1979. Análise ecológica da vegetação do cerrado. In: R. Goodland & M. G. Ferri (eds.). *Ecologia do cerrado*. Itatiaia, Belo Horizonte, 61-71p.
- Gorceix C. H. 1881. Estudo químico e geológico das rochas do centro da Província de Minas Gerais. Primeira parte: Arredores de Ouro Preto. *Annaes Escola de Minas de Ouro Preto*, **1**:1-14.
- \_\_\_\_\_. 1884. Bacia Terciária d'água doce nos arredores de Ouro Preto (Gandarella e Fonseca). *Annaes Escola de Minas de Ouro Preto*, **3**:75-92.
- Gordon N.D., McMahon T.A., Finlayson B.L. 1992. *Stream hydrology: an introduction for ecologists*. England, John Wiley and Sons, Inc., West Sussex.
- Gore J. A. 1985. *The Restoration of Rivers and Streams*. Butterworth, Stoneham. 280p.
- Gore J. & Shields F. D. 1995. Can large rivers be restored? *BioScience*, **45**:142-152.
- Gregory S.V., Swanson F. J., Mckee W.A., Cummins K.W. 1992. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, **41**:(8):540-51.
- Guimarães D. 1931. *Contribuições à geologia do Estado de Minas Gerais*. Rio de Janeiro, Serv. Geol. Min. Brasil. 55p.
- Hannaford M. J., Barbour M. T., Resh V. H. 1997. Training reduces observer variability in visual-based
- Hermes L. C., Fay E. F., Buschinelli C. C. A., Silva A. S., França E. F. 2004. *Participação Comunitária em Monitoramento da Qualidade da Água*. São Paulo, Circular Técnica, 8. Embrapa Meio Ambiente.
- Herz N. 1970. *Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Washington, DNPM/USGS. 58p.
- Hicks B. J., Beschta R. L., Harr R. D. 1991. Long-term changes in streamflow following logging in western Oregon and associated fisheries implications. *Water Resources Bulletin*, **27**(2):217-226.
- Hogg R. V. & Ledolter J. 1987. *Applied Statistics for Engineers and Physical Scientists*. New York, Macmillan Publishing Company.
- Hynes H. B. N. 1970. *The Ecology of Running Waters*. Toronto, University of Toronto Press.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2006. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/>. Acessado em 3 nov. de 2006.
- Jordt Evangelista H. & Müller G. 1986. Petrologia da zona de transição entre o Cráton do São Francisco e o Cinturão Móvel Costeiro na região sudeste do Quadrilátero ferrífero, Minas gerais. In: Cong. Bras. Geol., 34. Goiânia, *Anais*, 4:1471-1479.
- Karr J., Chu E. W. 1999. *Restoring life in running waters: better biological monitoring*. Washington, Inland Press.
- Karr J., Fausch K. D., Angermeier P. L., Yant P. R., Schlosser. I. J. 1986. *Assessing Biological Integrity in Running Waters: A Method and its Rationale*. Champaign, Illinois Natural History Survey.
- Kass G., et al. 2001. *Open Channels*. London, Public Dialogue in Science and Technology. Parliamentary Office of Science and Technology.
- Kelley D. W. & Dettman D. H. 1980. *Relationships between streamflow, rearing habitat, substrate conditions, and juvenile steelhead populations in Lagunitas Creek*. Marine County, Unpublished Report Marine County Water District.
- Klamt R. R. 1976. The effects of coarse granitic sand on the distribution and abundance of salmonids in the central Idaho Batholith, M.S. In: 1ª International Symposium on Tropical Savanas, Biodiversidade e Produção Sustentável de Alimentos e fibras nos Cerrados. Brasília.
- Klink C. A. 1996. Relação entre o desenvolvimento agrícola e a biodiversidade. In: R. C. Pereira, L. C. B. Nasser (eds.). *Anais VIII Simpósio sobre o Cerrado*, São Paulo, 25-27p.
- Köppen W. 1948. *Climatologia*. México, Ed. Fundo de Cultura Econômica. 478p.
- Lana C. E., Alves J. M. P., Castro. P. T. A. 2001. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG – Brasil. *Revista da Escola de Minas*, 2:121-126.
- Ladeira E.A. 1980. *Metallogenesis of gold at the Morro Velho mine and in the Nova Lima district, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Universidade Ontário, Canadá, Tese de doutoramento. 272p.
- Ladeira E. A., Roeser H. M. P., Tobschall H. J. 1983. Evolução petrogenética do cinturão de rochas verdes, Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Simp. Geol. Minas Gerais, 2, Belo Horizonte, *Anais*, 149-165p.
- Ladson A. R., White L. J., Doolan J. A., Tilleard J. L. 1999. Development and testing of an Index of Stream Condition for waterway management in Australia. *Freshwater Biology*, 41:453-468.
- Landesumweltamt (LUA). 1998. *Merkblätter nr.14*. Germany, Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen Kartieranleitung (GNWK). 158p. In: H. L. M. Ferreira & P. T. A. Castro. 2005. Ecomorphological analysis of fluvial habitats of the upstream part of Rio das Velhas/MG, Brazil. *Sociedade & Natureza*, **Special Issue**: 327-336.
- Lima W. P. 1989. Função hidrológica da mata ciliar. In: Simpósio sobre Mata Ciliar, São Paulo, *Anais*, 353-355.
- Lima W. P. & Zakia M. J. B. 2004. Hidrologia de matas ciliares. In: R. R. Rodrigues & H. F. Leitão-Filho (eds.). *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, Fapesp.
- Lima L. C. P., Garcia F. C. P., Satori A. L. B. 2007. Leguminosae nas florestas estacionais do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil: ervas, arbustos, subarbustos, lianas e trepadeiras. *Rodriguésia*, 58(2):331-358.
- MacDonald L. H., Smart A.W., Wissmar R.C. 1991. *Monitoring guidelines to evaluate effects of forestry activities on streams in the Pacific Northwest and Alaska*. Washington, EPA 910/9-91-001.
- Machado N., Schrank A., Noce C.M., Galthier G. 1996. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: Implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 141:259-276.
- Maddock I. 1999. The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater Biology*, 41:373-391.
- Magette W.L., Brinsfield R.B., Palmer R.E., Wood J.D. 1989. Nutrien and Sediment Removal by Vegetated Filter Strips. *Transactions of the ASAE*, 32(2):663-667.

- Marshak S. & Alkmin F.F. 1989. Proterozoic extension/contraction of the souther São Francisco Craton, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics*, **8**(3):355 – 571.
- Mendonça M. P. & Lins L. V. 2000. *Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais*. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas; Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte. 160p.
- Mescerjakov J. P. 1968. Les concepts de morphostructure et de morphosculture: un nouvel instrument de l'analyse geomorphologique. *Ann. Geographie*, **77**:538-552.
- Messias M. C. T. B., Dias S. J., Roschel, M. B., Sousa H.C., Matos A. M. 1997. *Levantamento florístico das matas e distribuição de algumas espécies endêmicas da área do Parque Estadual do Itacolomi*. UFOP/BIRD/IEF-PROFLORESTA, Relatório técnico.
- Minas Gerais, Lei Estadual nº. 4.495 de 14 de junho de 1967. *Cria o Parque Estadual do Itacolomi nos municípios de Ouro Preto e Mariana, em terrenos devolutos do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, Governo do Estado.
- Minatti-Ferreira D. D. & Beaumord A. C. 2004. Avaliação rápida de integridade ambiental das sub-bacias do rio Itajaí-Mirim no Município de Brusque, SC. *Health and Environmental Journal*, **4**:21-27.
- \_\_\_\_\_. 2006. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: Aspectos físicos. *Health and Environmental Journal*, **7**(1):39-47.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). 1998. *Programa Monitore: Diretório das Instituições que Realizam Monitoramento Ambiental*. Brasília, MMA.
- Minitab Inc. 2003. Minitab Statistical Software, Release 14 for Windows [computer program]. Minitab® is a registered trademark of Minitab Inc. Pennsylvania, State College.
- Minshall G. W. 1984. Aquatic Insect-Substratum Relationships. In: V. H. Resh & D. M. Rosenberg (eds.). *The Ecology of Aquatic Insects*. New York, Praeger Scientific, 358-400p.
- Noce C. M. 1995. *Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Instituto de Geociência, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 128 p.
- Noss R. F. & Cooperrider, A. 1994. *Saving Nature's Legacy: Protecting and Restoring Biodiversity*. Washington, Defenders of Wildlife and Island Press. 416p.
- Oliveira-Filho A. T. & Martins F. R. 1986. Distribuição, caracterização e composição florística das formações vegetais na região da salgadeira, na Chapada dos Guimarães (MT). *Revista Brasileira de Botânica*, **9**:207-223.
- Oliveira M. R. 1999. *Investigação da contaminação por metais pesados no sedimento de corrente e água do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais e arredores*. Departamento de Geologia, Programa de Pós Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Dissertação de Mestrado.
- Omernik J. M. 1987. Ecoregions of conterminous United States. *Annals of the Association of American Geographers*, **77**:118-125.
- Palmer M. A., Bernhardt E. S., Allan J. D., Lake P. S., Alexander G., Brooks S., Carr J., Clayton S., Dahm C. N., Follstad J., Galat D. L., Loss S. G., Goodwin P., Hart D. D., Hassett B., Jenkinson R., Kondolf G. M., Lave R., Meyer J. L., O'Donnell T. K., Pagano L., Sudduth E. 2005. Standards for ecologically successful river restoration. *J. Appl. Ecol.* **42**:208-217.
- Parsons M., Thoms M., Norris R. 2002. *Australian River Assessment System: AusRivAS Physical Assessment Protocol*. Canberra, Commonwealth of Australia and University of Canberra.
- Pimbert M. & Pretty J. 2000. Parques, comunidades e profissionais: incluindo participação. In: A. Diegues (org.). *Etnoconservação*. São Paulo, Hucitec.
- Plafkin J.L., Barbour M. T., Porter K. D., Gross S. K., Hughes R. M. 1989. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish*. Washington, EPA 440-4-89-001.
- Platts W. S., Megahan W. F., Minshall W. G. 1983. *Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions*. Ogden, General Technical Report INT-138, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

- Platts W. S. *et al.* 1987. *Methods for Evaluating Riparian Habitats with Applications to Management*. Gen, USDA Forest Service, Report INT-221. 177p.
- Price P. W. 1975. *Insect Ecology*. New York, John Wiley and Sons.
- Primack R. B., & Rodrigues E. 2002. *Biologia da Conservação*. Londrina, Vida.
- Ratter J. A., Richards P. W., Argent G., Gifford D. R. 1973. Observations on the vegetation of north-eastern Mato Grosso. In: The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo expedition area. *Philos. Transac. Royal Soc. London*, **226**(880): 449-492.
- Ratter J. A., Askew G. P., Montgomery R. F., Gifford D. R. 1978. Observations on forest of some mesotrophic soils in central Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, **1**:47-58.
- Rebouças A. C. 2002. Água Doce no Mundo e no Brasil. In: A. C. Rebouças, B. Braga, J. G. Tundisi (orgs.). *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*. São Paulo, Escrituras Editora, 703p.
- Resh V. H. & Jackson J. K. 1993. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: D. H. Rosenberg & V. H. Resh (eds.) *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. New York, Chapman & Hall, 195-233p.
- Resh V. H., Myers M. J., Hannaford M. J. 1996. Macroinvertebrates as biotic indicators of Environmental Quality. In: F. R. Hauer & G. A. Lamberti (eds.). *Methods in Stream Ecology*. San Diego, Academic Press.
- Reynoldson T. B., Metcalfe-Smith J. L. 1992. An overview of the assessment of aquatic ecosystem health using benthic invertebrates. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, **1**:295-308.
- Ribeiro J. F. & Walter B. M. T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: S. M. Sano & S. P. Almeida (eds.). *Cerrado: ambiente e flora*. Brasília, Embrapa/CPAC, 89-166p.
- Rizzini C. T. & Heringer E. P. 1962. *Preliminares acerca das formações vegetais e do reflorestamento no Brasil Central*. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola. 79p.
- Rizzini C. T. 1975. Contribuição ao conhecimento da estrutura do cerrado. *Brasil Florestal*, **6**(22):3-15.
- \_\_\_\_\_. 1997. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. São Paulo, Âmbito Cultural Edições Ltda. 747p.
- Rodrigues R.R. & Shepherd G. J. 2004. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: R. R. Rodrigues & H. F. Leitão-Filho (eds.). *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, Fapesp.
- Saraiva M. G. A. N. 1999. *O Rio como paisagem. Gestão de corredores fluviais no quadro do ordenamento do território*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian e Fundação para a Ciência e tecnologia.
- Schäfer A. 1985. *Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 532p.
- Schwarzbold A. 2000. O que é um rio? *Ciência & Ambiente*, **21**:57-68.
- Silva M., Macedo P., Quental L. N., *et al.* 2006. Futuro Sustentável. Diagnóstico de Ambiente do Grande Porto. Disponível em: <http://www.futurosustentavel.org>. Acessado em 10 de abril de 2007.
- Silveira M. P. 2004. *Aplicação do biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios*. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente. 68p.
- Smith R. L. 1974. *Ecology and Field Biology*. New York, Harper and Row Publ.
- Southwood T. R. E. 1977. Habitat, the template for ecological strategies? *Journal of Animal Ecology*. **46**:337-365.
- Steinblum I. J., Froehlich H. A., Lyons J. K. 1984. Designing Stable Buffer Strips for Stream Protection. *Journal of Forestry*, **82**(1):49-52.
- Suguio K. 2003. *Geologia sedimentar*. São Paulo, Edgard Blücher.
- Sylte T. & Fischenich C. 2002. *Techniques for Measuring Substrate Embeddedness. EMRRP Technical Notes Collection (ERCD TN-EMRRP-SR-36)*. Vicksburg, U.S. Army Engineer Research and Development Center.
- Tannus J. L. S. & Assis, M. A. 2004. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina – SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, **27**:489-506.

- Teixeira W. 1982. Geochronology of the southern part of the São Francisco Craton. *Rev. Bras. Geoc.*, **12**:268-277.
- Tejerina-Garro F.L., Maldonado M., Ibañez C., Pont D., Roset N., Oberdorff T. 2005. Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, **48**:91-108.
- Tilman D. 1999. Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **96**:5995–6000.
- Traina S. J. & Laperche V. 1999. Contaminant bioavailability in soils, sediments, and aquatic environments. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **96**:3365–3371.
- Trush W. J., McBain S. M., Leopold L. B. 2000. Attributes of an alluvial river and their relation to water policy and management. *PNAS*, **97**:11858- 11863.
- Tucci C. E. M. 2002. Gerenciamento da drenagem urbana. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **7**:5-25.
- Tucci C. E. M., Hespanhol I., Netto O. M. C. 2003. *Gestão das águas no Brasil*. Brasília, UNESCO.
- Tundisi J. G. 2003. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos, Rima.
- Uppgren A. 2004. *The Development of an Integrated Ecological Assessment of the Headwaters of the Araguaia River, Goiás, Brazil*. University of Duke, Dissertação de Mestrado.
- Uys M. C. 1994. Classification of Rivers, and Environmental Health Indicators. In: Proceedings of a Joint South African/Australian Workshop. Water Research Commission Report: TT 63/94.
- Varajão C. A. C. 1988. Estudo comparativo das jazidas de bauxita do Quadrilátero Ferrífero, MG. USPIG, Dissertação de Mestrado, 213p.
- Ward J. V. 1992. Aquatic insect ecology. In: *Biology and habitat*. New York, John Wiley & Sons. York. 438p.
- Whitfield J. 2001. Vital Signs. *Nature*, **411**(6841):989-991.
- Whittier T. R., Hugues R. M., Larsen D. P. 1988. Correspondence between ecoregions and spatial patterns in stream ecosystem in Oregon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **45**:1264-1278.
- Zalewski M. & Robarts R. 2003. Ecohydrology – A New Paradigm for Integrated Water Resource Management. *Sil News*, **40**:1-5

# ANEXO I

## PROTOCOLO MODELO DE BARBOUR *et al.* (1999)

### HABITAT ASSESSMENT FIELD DATA SHEET—HIGH GRADIENT STREAMS (FRONT)

|                                 |                                |                   |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| STREAM NAME                     | LOCATION                       |                   |
| STATION # _____ RIVERMILE _____ | STREAM CLASS                   |                   |
| LAT _____ LONG _____            | RIVER BASIN                    |                   |
| STORET #                        | AGENCY                         |                   |
| INVESTIGATORS                   |                                |                   |
| FORM COMPLETED BY               | DATE _____<br>TIME _____ AM PM | REASON FOR SURVEY |

| Habitat Parameter                              | Condition Category  |   |   |  |
|--|---|---|---|--|
|  | Optimal   | Suboptimal  | Marginal  | Poor   |
| <b>1. Epifaunal Substrate/ Available Cover</b> | Greater than 70% of substrate favorable for epifaunal colonization and fish cover; mix of snags, submerged logs, undercut banks, cobble or other stable habitat and at stage to allow full colonization potential (i.e., logs/snags that are <u>not</u> new fall and <u>not</u> transient). | 40-70% mix of stable habitat; well-suited for full colonization potential; adequate habitat for maintenance of populations; presence of additional substrate in the form of newfall, but not yet prepared for colonization (may rate at high end of scale). | 20-40% mix of stable habitat; habitat availability less than desirable; substrate frequently disturbed or removed.  | Less than 20% stable habitat; lack of habitat is obvious; substrate unstable or lacking.   |
| SCORE  | 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0  |
| <b>2. Embeddedness</b>                         | Gravel, cobble, and boulder particles are 0-25% surrounded by fine sediment. Layering of cobble provides diversity of niche space.  | Gravel, cobble, and boulder particles are 25-50% surrounded by fine sediment.   | Gravel, cobble, and boulder particles are 50-75% surrounded by fine sediment.   | Gravel, cobble, and boulder particles are more than 75% surrounded by fine sediment.   |
| SCORE  | 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0  |
| <b>3. Velocity/Depth Regime</b>                | All four velocity/depth regimes present (slow-deep, slow-shallow, fast-deep, fast-shallow). (Slow is < 0.3 m/s, deep is > 0.5 m.)   | Only 3 of the 4 regimes present (if fast-shallow is missing, score lower than if missing other regimes).  | Only 2 of the 4 habitat regimes present (if fast-shallow or slow-shallow are missing, score low).   | Dominated by 1 velocity/depth regime (usually slow-deep).  |
| SCORE  | 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0  |
| <b>4. Sediment Deposition</b>                  | Little or no enlargement of islands or point bars and less than 5% of the bottom affected by sediment deposition.   | Some new increase in bar formation, mostly from gravel, sand or fine sediment; 5-30% of the bottom affected; slight deposition in pools.  | Moderate deposition of new gravel, sand or fine sediment on old and new bars; 30-50% of the bottom affected; sediment deposits at obstructions, constrictions, and bends; moderate deposition of pools prevalent. | Heavy deposits of fine material, increased bar development; more than 50% of the bottom changing frequently; pools almost absent due to substantial sediment deposition. |
| SCORE  | 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0  |
| <b>5. Channel Flow Status</b>                  | Water reaches base of both lower banks, and minimal amount of channel substrate is exposed.   | Water fills >75% of the available channel; or <25% of channel substrate is exposed.   | Water fills 25-75% of the available channel, and/or riffle substrates are mostly exposed.   | Very little water in channel and mostly present as standing pools.   |
| SCORE  | 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0  |

Parameters to be evaluated in sampling reach

**HABITAT ASSESSMENT FIELD DATA SHEET—HIGH GRADIENT STREAMS (BACK)**

| Habitat Parameter   | Condition Category   |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|--|----|----|----|----|--|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   | Optimal  |    |    |    |    | Suboptimal   |    |    |    |    | Marginal  |   |   |   |   | Poor  |   |   |   |   |   |
| <b>6. Channel Alteration</b>  | Channelization or dredging absent or minimal; stream with normal pattern.  |    |    |    |    | Some channelization present, usually in areas of bridge abutments; evidence of past channelization, i.e., dredging, (greater than past 20 yr) may be present, but recent channelization is not present.  |    |    |    |    | Channelization may be extensive; embankments or shoring structures present on both banks; and 40 to 80% of stream reach channelized and disrupted.  |   |   |   |   | Banks shored with gabion or cement; over 80% of the stream reach channelized and disrupted. Instream habitat greatly altered or removed entirely.   |   |   |   |   |   |
| SCORE   | 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| <b>7. Frequency of Riffles (or bends)</b>                                 | Occurrence of riffles relatively frequent; ratio of distance between riffles divided by width of the stream <7:1 (generally 5 to 7); variety of habitat is key. In streams where riffles are continuous, placement of boulders or other large, natural obstruction is important.     |    |    |    |    | Occurrence of riffles infrequent; distance between riffles divided by the width of the stream is between 7 to 15.  |    |    |    |    | Occasional riffle or bend; bottom contours provide some habitat; distance between riffles divided by the width of the stream is between 15 to 25.   |   |   |   |   | Generally all flat water or shallow riffles; poor habitat; distance between riffles divided by the width of the stream is a ratio of >25.   |   |   |   |   |   |
| SCORE   | 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| <b>8. Bank Stability (score each bank)</b>                                | Banks stable; evidence of erosion or bank failure absent or minimal; little potential for future problems. <5% of bank affected.   |    |    |    |    | Moderately stable; infrequent, small areas of erosion mostly healed over. 5-30% of bank in reach has areas of erosion.   |    |    |    |    | Moderately unstable; 30-60% of bank in reach has areas of erosion; high erosion potential during floods.  |   |   |   |   | Unstable; many eroded areas; "raw" areas frequent along straight sections and bends; obvious bank sloughing; 60-100% of bank has erosional scars.   |   |   |   |   |   |
| Note: determine left or right side by facing downstream.                  |  |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| SCORE __ (LB)   | Left Bank  |    | 10 | 9  |    | 8  |    | 7  | 6  |    | 5   |   | 4 | 3 |   | 2   |   | 1 | 0 |   |   |
| SCORE __ (RB)   | Right Bank   |    | 10 | 9  |    | 8  |    | 7  | 6  |    | 5   |   | 4 | 3 |   | 2   |   | 1 | 0 |   |   |
| <b>9. Vegetative Protection (score each bank)</b>                         | More than 90% of the streambank surfaces and immediate riparian zone covered by native vegetation, including trees, understory shrubs, or nonwoody macrophytes; vegetative disruption through grazing or mowing minimal or not evident; almost all plants allowed to grow naturally. |    |    |    |    | 70-90% of the streambank surfaces covered by native vegetation, but one class of plants is not well-represented; disruption evident but not affecting full plant growth potential to any great extent; more than one-half of the potential plant stubble height remaining. |    |    |    |    | 50-70% of the streambank surfaces covered by vegetation; disruption obvious; patches of bare soil or closely cropped vegetation common; less than one-half of the potential plant stubble height remaining. |   |   |   |   | Less than 50% of the streambank surfaces covered by vegetation; disruption of streambank vegetation is very high; vegetation has been removed to 5 centimeters or less in average stubble height. |   |   |   |   |   |
| SCORE __ (LB)   | Left Bank  |    | 10 | 9  |    | 8  |    | 7  | 6  |    | 5   |   | 4 | 3 |   | 2   |   | 1 | 0 |   |   |
| SCORE __ (RB)   | Right Bank   |    | 10 | 9  |    | 8  |    | 7  | 6  |    | 5   |   | 4 | 3 |   | 2   |   | 1 | 0 |   |   |
| <b>10. Riparian Vegetative Zone Width (score each bank riparian zone)</b> | Width of riparian zone >18 meters; human activities (i.e., parking lots, roadbeds, clear-cuts, lawns, or crops) have not impacted zone.  |    |    |    |    | Width of riparian zone 12-18 meters; human activities have impacted zone only minimally.   |    |    |    |    | Width of riparian zone 6-12 meters; human activities have impacted zone a great deal.   |   |   |   |   | Width of riparian zone <6 meters; little or no riparian vegetation due to human activities.   |   |   |   |   |   |
| SCORE __ (LB)   | Left Bank  |    | 10 | 9  |    | 8  |    | 7  | 6  |    | 5   |   | 4 | 3 |   | 2   |   | 1 | 0 |   |   |
| SCORE __ (RB)   | Right Bank   |    | 10 | 9  |    | 8  |    | 7  | 6  |    | 5   |   | 4 | 3 |   | 2   |   | 1 | 0 |   |   |

Parameters to be evaluated broader than sampling reach

**HABITAT ASSESSMENT FIELD DATA SHEET—LOW GRADIENT STREAMS (FRONT)**

|                                 |  |                                |                   |
|---------------------------------|--|--------------------------------|-------------------|
| STREAM NAME                     |  | LOCATION                       |                   |
| STATION # _____ RIVERMILE _____ |  | STREAM CLASS                   |                   |
| LAT _____ LONG _____            |  | RIVER BASIN                    |                   |
| STORET #                        |  | AGENCY                         |                   |
| INVESTIGATORS                   |  |                                |                   |
| FORM COMPLETED BY               |  | DATE _____<br>TIME _____ AM PM | REASON FOR SURVEY |

| Habitat Parameter                              | Condition Category  |   |   |  |
|--|---|---|---|--|
|  | Optimal   | Suboptimal  | Marginal  | Poor   |
| <b>1. Epifaunal Substrate/ Available Cover</b> | Greater than 50% of substrate favorable for epifaunal colonization and fish cover; mix of snags, submerged logs, undercut banks, cobble or other stable habitat and at stage to allow full colonization potential (i.e., logs/snags that are <u>not</u> new fall and <u>not</u> transient). | 30-50% mix of stable habitat; well-suited for full colonization potential; adequate habitat for maintenance of populations; presence of additional substrate in the form of newfall, but not yet prepared for colonization (may rate at high end of scale). | 10-30% mix of stable habitat; habitat availability less than desirable; substrate frequently disturbed or removed.  | Less than 10% stable habitat; lack of habitat is obvious; substrate unstable or lacking.   |
| SCORE  | 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0  |
| <b>2. Pool Substrate Characterization</b>      | Mixture of substrate materials, with gravel and firm sand prevalent; root mats and submerged vegetation common.   | Mixture of soft sand, mud, or clay; mud may be dominant; some root mats and submerged vegetation present.   | All mud or clay or sand bottom; little or no root mat; no submerged vegetation.   | Hard-pan clay or bedrock; no root mat or vegetation.   |
| SCORE  | 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0  |
| <b>3. Pool Variability</b>                     | Even mix of large-shallow, large-deep, small-shallow, small-deep pools present.   | Majority of pools large-deep; very few shallow.   | Shallow pools much more prevalent than deep pools.  | Majority of pools small-shallow or pools absent.   |
| SCORE  | 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0  |
| <b>4. Sediment Deposition</b>                  | Little or no enlargement of islands or point bars and less than <20% of the bottom affected by sediment deposition.   | Some new increase in bar formation, mostly from gravel, sand or fine sediment; 20-50% of the bottom affected; slight deposition in pools.   | Moderate deposition of new gravel, sand or fine sediment on old and new bars; 50-80% of the bottom affected; sediment deposits at obstructions, constrictions, and bends; moderate deposition of pools prevalent. | Heavy deposits of fine material, increased bar development; more than 80% of the bottom changing frequently; pools almost absent due to substantial sediment deposition. |
| SCORE  | 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0  |
| <b>5. Channel Flow Status</b>                  | Water reaches base of both lower banks, and minimal amount of channel substrate is exposed.   | Water fills >75% of the available channel; or <25% of channel substrate is exposed.   | Water fills 25-75% of the available channel, and/or riffle substrates are mostly exposed.   | Very little water in channel and mostly present as standing pools.   |
| SCORE  | 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0  |

Parameters to be evaluated in sampling reach

**HABITAT ASSESSMENT FIELD DATA SHEET—LOW GRADIENT STREAMS (BACK)**

| Habitat Parameter   | Condition Category   |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
|   | Optimal  | Suboptimal   | Marginal  | Poor  |
| <b>6. Channel Alteration</b>  | Channelization or dredging absent or minimal; stream with normal pattern.  | Some channelization present, usually in areas of bridge abutments; evidence of past channelization, i.e., dredging, (greater than past 20 yr) may be present, but recent channelization is not present.  | Channelization may be extensive; embankments or shoring structures present on both banks; and 40 to 80% of stream reach channelized and disrupted.  | Banks shored with gabion or cement; over 80% of the stream reach channelized and disrupted. Instream habitat greatly altered or removed entirely.   |
| SCORE   | 20 19 18 17 16   | 15 14 13 12 11   | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0   |
| <b>7. Channel Sinuosity</b>   | The bends in the stream increase the stream length 3 to 4 times longer than if it was in a straight line. (Note - channel braiding is considered normal in coastal plains and other low-lying areas. This parameter is not easily rated in these areas.)                             | The bends in the stream increase the stream length 1 to 2 times longer than if it was in a straight line.  | The bends in the stream increase the stream length 1 to 2 times longer than if it was in a straight line.   | Channel straight; waterway has been channelized for a long distance.  |
| SCORE   | 20 19 18 17 16   | 15 14 13 12 11   | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0   |
| <b>8. Bank Stability (score each bank)</b>                                | Banks stable; evidence of erosion or bank failure absent or minimal; little potential for future problems. <5% of bank affected.   | Moderately stable; infrequent, small areas of erosion mostly healed over. 5-30% of bank in reach has areas of erosion.   | Moderately unstable; 30-60% of bank in reach has areas of erosion; high erosion potential during floods.  | Unstable; many eroded areas; "raw" areas frequent along straight sections and bends; obvious bank sloughing; 60-100% of bank has erosional scars.   |
| SCORE ___ (LB)  | Left Bank 10 9   | 8 7 6  | 5 4 3   | 2 1 0   |
| SCORE ___ (RB)  | Right Bank 10 9  | 8 7 6  | 5 4 3   | 2 1 0   |
| <b>9. Vegetative Protection (score each bank)</b>                         | More than 90% of the streambank surfaces and immediate riparian zone covered by native vegetation, including trees, understory shrubs, or nonwoody macrophytes; vegetative disruption through grazing or mowing minimal or not evident; almost all plants allowed to grow naturally. | 70-90% of the streambank surfaces covered by native vegetation, but one class of plants is not well-represented; disruption evident but not affecting full plant growth potential to any great extent; more than one-half of the potential plant stubble height remaining. | 50-70% of the streambank surfaces covered by vegetation; disruption obvious; patches of bare soil or closely cropped vegetation common; less than one-half of the potential plant stubble height remaining. | Less than 50% of the streambank surfaces covered by vegetation; disruption of streambank vegetation is very high; vegetation has been removed to 5 centimeters or less in average stubble height. |
| Note: determine left or right side by facing downstream.                  |  |  |   |   |
| SCORE ___ (LB)  | Left Bank 10 9   | 8 7 6  | 5 4 3   | 2 1 0   |
| SCORE ___ (RB)  | Right Bank 10 9  | 8 7 6  | 5 4 3   | 2 1 0   |
| <b>10. Riparian Vegetative Zone Width (score each bank riparian zone)</b> | Width of riparian zone >18 meters; human activities (i.e., parking lots, roadbeds, clear-cuts, lawns, or crops) have not impacted zone.  | Width of riparian zone 12-18 meters; human activities have impacted zone only minimally.   | Width of riparian zone 6-12 meters; human activities have impacted zone a great deal.   | Width of riparian zone <6 meters; little or no riparian vegetation due to human activities.   |
| SCORE ___ (LB)  | Left Bank 10 9   | 8 7 6  | 5 4 3   | 2 1 0   |
| SCORE ___ (RB)  | Right Bank 10 9  | 8 7 6  | 5 4 3   | 2 1 0   |

Parameters to be evaluated broader than sampling reach

**QUESTIONÁRIO DA OFICINA DE MONITORAMENTO**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
Escola de Minas, Departamento de Geologia, Programa de  
Pós-Graduação em Evolução Crustal e Conservação de  
Recursos Naturais



**ETAPA PRÁTICA DA OFICINA DE MONITORAMENTO  
AMBIENTAL**

Ministrante: Aline Sueli de Lima Rodrigues

**1) DADOS DO VOLUNTÁRIO**

- Funcionário do Parque – Função: \_\_\_\_\_  
 Universitário – Curso: \_\_\_\_\_  
 Membro da comunidade – Profissão: \_\_\_\_\_  
 Outro – Qual: \_\_\_\_\_

**2) SEXO**

- Feminino  
 Masculino

**3) FAIXA ETÁRIA**

- Até 20 anos  
 Entre 20 e 30 anos  
 Mais de 30 anos

**4) GRAU DE ESCOLARIZAÇÃO**

- |                    |                          |            |
|--------------------|--------------------------|------------|
| Ensino Fundamental | <input type="checkbox"/> | Completo   |
|                    | <input type="checkbox"/> | Incompleto |
| Ensino Médio       | <input type="checkbox"/> | Completo   |
|                    | <input type="checkbox"/> | Incompleto |
| Ensino Superior    | <input type="checkbox"/> | Completo   |
|                    | <input type="checkbox"/> | Incompleto |

**5) TEMPO GASTO NA APLICAÇÃO DO PROTOCOLO**

- Menos de 20 minutos  
 Entre 20 e 40 minutos  
 Entre 40 minutos e 1 hora  
 Mais de 1 hora

**6) VOCÊ JÁ PARTICIPOU DE ALGUM OUTRO TRABALHO VOLUNTÁRIO?**

- Não  
 Sim – Qual? \_\_\_\_\_

**7) NOS TRABALHOS VOLUNTÁRIOS QUE VOCÊ PARTICIPOU ALGUM ENVOLVEU O MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS?**

- Sim  
 Não

**8) VOCÊ ACREDITA QUE A UTILIZAÇÃO DOS PROTOCOLOS É UM MEIO QUE INTEGRA A SOCIEDADE NA AVALIAÇÃO DA SAÚDE DE UM RIO?**

- Sim  
 Não  
 Talvez

Comente sua opinião: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**9) DURANTE A AVALIAÇÃO DO RIO COM O PROTOCOLO, VOCÊ SE SENTIU UM AGENTE DE COLABORAÇÃO NA DEFESA DO MEIO AMBIENTE?**

- Sim  
 Não  
 Talvez

Comente sua opinião: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**10) VOCÊ TEVE DIFICULDADES NA REALIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO?**

- Sim  
 Não
- Entender as variáveis  
 Atribuir notas às variáveis  
 O acesso aos pontos avaliados  
 Outras – Quais? \_\_\_\_\_

**11) AS INSTRUÇÕES PRÉVIAS FACILITARAM O ENTENDIMENTO DAS VARIÁVEIS DO PROTOCOLO?**

- Sim  
 Não  
 Em partes

**12) VOCÊ ACHA QUE QUALQUER PESSOA TREINADA, PODERIA REALIZAR A AVALIAÇÃO DE UM RIO ATRAVÉS DE UM PROTOCOLO?**

- Sim  
 Não

**15) QUAL A VARIÁVEL QUE APRESENTOU MAIOR DIFICULDADE DE ENTENDIMENTO DO PROTOCOLO? (PODE MARCAR MAIS DE UMA)**

1. Substratos e/ou *habitats* disponíveis <sup>A, B</sup>  
 2. Substratos em poços <sup>B</sup>  
 3. Soterramento <sup>A</sup>  
 4. Regimes de velocidade/profundidade <sup>A, B</sup>  
 5. Diversidade dos poços <sup>B</sup>  
 6. Deposição de sedimentos <sup>A, B</sup>  
 7. Condições de escoamento do canal <sup>A, B</sup>  
 8. Alterações no canal <sup>A, B</sup>  
 9. Sinuosidade do canal <sup>B</sup>  
 10. Frequência de corredeiras <sup>A</sup>  
 11. Estabilidade das margens <sup>A, B</sup>  
 12. Proteção das margens pela vegetação <sup>A, B</sup>  
 13. Estado de conservação da vegetação do entorno <sup>A, B</sup>

Observação: <sup>A</sup> parâmetros avaliados em trechos de rios de alto curso e <sup>B</sup> baixo curso.



# ANEXO III

## PROTOCOLO ADAPTADO



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
Escola de Minas, Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Conservação de Recursos Naturais



### FICHA DE AVALIAÇÃO GRADIENTE: ALTO CURSO

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Local avaliado:                    |  |
| Posição GPS:                       |  |
| Data da avaliação: __ / __ / _____ | Hora da avaliação:                         |
| Tempo (situação do dia):           | Choveu nos últimos 7 dias? ( ) sim ( ) não |
| Largura do corpo d'água:           | Profundidade:                              |

| Parâmetro 1: "Substratos e/ou habitats disponíveis"   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| ÓTIMA   | BOA   | REGULAR   | PÉSSIMA  |
| Mais de 70% do trecho avaliado apresenta substratos favoráveis à colonização da epifauna e abrigo para insetos aquáticos, anfíbios ou peixes. Observa-se também uma mistura de galhos, margens escavadas, seixos ou outros <i>habitats</i> disponíveis. | De 50 a 70% do trecho avaliado apresenta substratos apropriados à colonização e manutenção da epifauna. Existem substratos adicionais aptos à colonização, como por exemplo, troncos ou galhos inclinados sobre o curso da água, mas que ainda não fazem parte do substrato do rio. | Entre 21 e 50% do trecho avaliado apresenta <i>habitats</i> estáveis mesclados, apropriados à colonização de espécies aquáticas. Pode haver trechos em que a velocidade da água não permite a estabilização dos substratos que podem ser algumas vezes removidos. | A falta de <i>habitats</i> é óbvia, ou mais de 80% do trecho avaliado apresenta <i>habitats</i> monótonos ou com pouca diversificação. Não há presença de cascalhos, seixos rolados ou vegetação aquática. |
| 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0  |

| Parâmetro 2: "Soterramento"  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| ÓTIMA  | BOA   | REGULAR   | PÉSSIMA   |
| Cascalhos, seixos, partículas de clastos e galhos têm menos de 20% de suas superfícies cobertas por sedimento fino. Os seixos mergulhados fornecem grande diversidade de nichos. | Cascalhos, seixos, partículas de clastos e galhos têm de 20 a 40% de suas áreas superficiais cobertas por sedimento fino. | Cascalhos, seixos, partículas de clastos e galhos têm de 60 a 80% de suas áreas superficiais cobertas por sedimento fino. | Cascalhos, seixos, partículas de clastos e galhos têm mais de 80% de suas áreas superficiais cobertas por sedimento fino. |
| 20 19 18 17 16   | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0   |

| Parâmetro 3: "Regimes de velocidade/profundidade"                                 |  |  |             |
|---|--|--|-------------|
| ÓTIMA   | BOA  | REGULAR  |             |
| Presença de pelo menos 2 regimes, com presença obrigatória do regime RÁPIDO/RASO. | Presença de 2 regimes, com ausência do regime RÁPIDO/RASO. | Dominância de apenas 1 dos regimes existentes. Se prevalecer o regime de tipo LENTO, a pontuação deve ser menor. |             |
| 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11   | 10 9 8 7 6   | 5 4 3 2 1 0 |

| <b>Parâmetro 4: “Deposição de sedimentos”</b>  |    |    |    |    |   |    |    |    |    |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|---|----|----|----|----|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|
| <b>ÓTIMA</b>   |    |    |    |    | <b>BOA</b>  |    |    |    |    | <b>REGULAR</b>  |   |   |   |   | <b>PÉSSIMA</b>   |   |   |   |   |   |
| Ausência ou pequeno alargamento de ilhas ou barras de pontal. Menos de 5% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos. |    |    |    |    | Alguns acréscimos recentes na formação de barras, predomínio de cascalho, areia ou sedimento fino. De 5 a 30% do fundo é afetado pela deposição, e nos poços a deposição é fraca. |    |    |    |    | Deposição moderada de cascalhos novos, areia ou sedimento fino em barras recentes e antigas. De 30 a 50% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos. Nos poços a deposição é moderada. |   |   |   |   | Elevada deposição de material fino e aumento no desenvolvimento de barras. Mais de 50% do fundo é afetado pela deposição, não sendo possível observar quase nenhum poço devido á substancial deposição nos mesmos. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15  | 14 | 13 | 12 | 11 | 10  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5  | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

| <b>Parâmetro 5: “Condições de escoamento do canal”</b>   |    |    |    |    |   |    |    |    |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|---|----|----|----|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>Período de chuva – compreendido entre os meses de outubro a março</b>                             |    |    |    |    |   |    |    |    |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>ÓTIMA</b>   |    |    |    |    | <b>BOA</b>  |    |    |    |    | <b>REGULAR</b>   |   |   |   |   | <b>PÉSSIMA</b>  |   |   |   |   |   |
| A água atinge a base inferior de ambas as margens e há uma quantidade mínima de substratos expostos. |    |    |    |    | A água preenche mais de 75% do canal e menos de 25% de substratos estão expostos. |    |    |    |    | A água preenche entre 25 e 75% do canal, e/ou a maioria dos substratos das corredeiras estão expostos. |   |   |   |   | Pouquíssima água no canal, sendo a maioria de água parada em poços. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15  | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

| <b>Período de estiagem – compreendido entre os meses de abril a setembro</b>                         |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |   |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|---|--|--|--|--|
| <b>ÓTIMA</b>   |  |  |  |  | <b>BOA</b>  |  |  |  |  | <b>PÉSSIMA</b>   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |   |  |  |  |  |
| A água atinge a base inferior de ambas as margens e há uma quantidade mínima de substratos expostos. |  |  |  |  | A água preenche mais de 75% do canal e menos de 25% de substratos estão expostos. |  |  |  |  | A água preenche entre 25 e 75% do canal, e/ou a maioria dos substratos das corredeiras estão expostos. |  |  |  |  | Pouquíssima água no canal, sendo a maioria de água parada em poços |  |  |  |  | O canal encontra-se completamente seco. |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |   |  |  |  |  |
| 20   |  |  |  |  | 19  |  |  |  |  | 18   |  |  |  |  | 17   |  |  |  |  | 16                                      |  |  |  |  | 15 |  |  |  |  | 14 |  |  |  |  | 13 |  |  |  |  | 12 |  |  |  |  | 11 |  |  |  |  | 10 |  |  |  |  | 0 |  |  |  |  |

| <b>Parâmetro 6: “Alterações no canal”</b>  |    |    |    |    |  |    |    |    |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|--|----|----|----|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>ÓTIMA</b>   |    |    |    |    | <b>BOA</b>   |    |    |    |    | <b>REGULAR</b>   |   |   |   |   | <b>PÉSSIMA</b>  |   |   |   |   |   |
| Ausência ou mínima presença de pequenas canalizações e dragagens. O curso d’água segue com padrão natural. |    |    |    |    | Presença de alguma canalização, em geral em área para apoio de pontes ou evidência de canalizações antigas e de dragagem, mas com ausência de canalizações recentes. |    |    |    |    | Presença de diques, terraplanagens, aterros, barragens, enrocamentos ou estruturas de escoramentos em ambas as margens. De 40 a 60% do canal se encontra canalizado ou com rupturas. |   |   |   |   | Margens revestidas com gabiões ou cimento e cerca de 80% do curso d’água encontra-se canalizado e com rupturas. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

| <b>Parâmetro 7: “Frequência de corredeiras”</b>   |    |    |    |    |  |    |    |    |    |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |
|---|----|----|----|----|--|----|----|----|----|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|
| <b>ÓTIMA</b>  |    |    |    |    | <b>BOA</b>   |    |    |    |    | <b>REGULAR</b>   |   |   |   |   | <b>PÉSSIMA</b>   |   |   |   |   |   |
| Ocorrência freqüente de corredeiras. Entre as corredeiras há formação de pequenos remansos ou poços, com aumento significativo da quantidade de <i>habitats</i> . |    |    |    |    | As corredeiras são freqüentes, porém não há condições favoráveis à presença da <i>habitats</i> diversificados. |    |    |    |    | Em geral toda a superfície da água é plana ou com corredeiras rasas; pobreza de <i>habitat</i> |   |   |   |   | Rara presença de corredeiras. Na maior parte do trecho a água encontra-se parada em poços. |   |   |   |   |   |
| 20  | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5  | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

| <b>Parâmetro 8: “Estabilidade das margens”</b>   |           |          |   |          |          |  |          |          |  |          |          |
|--|-----------|----------|---|----------|----------|--|----------|----------|--|----------|----------|
| <b>ÓTIMA</b>   |           |          | <b>BOA</b>  |          |          | <b>REGULAR</b>   |          |          | <b>PÉSSIMA</b>   |          |          |
| Margens estáveis, ausência ou mínima evidência de erosão ou falhas nas margens; pouco potencial para problemas futuros. Menos de 5% da extensão das margens encontram-se afetadas. |           |          | Margens moderadamente estáveis, com presença de áreas com erosões cicatrizadas e de 5 a 30% da extensão das margens apresentam-se erodidas. |          |          | Margens moderadamente instáveis. De 30 a 60% das da extensão das margens apresenta-se erodida e o potencial à erosão é alto durante as cheias. |          |          | Margens instáveis e muitas áreas erodidas. A erosão é freqüente ao longo da seção reta e nas curvas. Em termos relativos, de 60 a 100% da extensão das margens apresenta-se erodida. |          |          |
| <i>ME</i>  | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>  | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>   | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>   | <i>1</i> | <i>0</i> |
| <i>MD</i>  | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>  | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>   | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>   | <i>1</i> | <i>0</i> |

| <b>Parâmetro 9: “Proteção das margens pela vegetação”</b>  |           |          |  |          |          |   |          |          |  |          |          |
|--|-----------|----------|--|----------|----------|---|----------|----------|--|----------|----------|
| <b>ÓTIMA</b>   |           |          | <b>BOA</b>   |          |          | <b>REGULAR</b>  |          |          | <b>PÉSSIMA</b>   |          |          |
| Mais de 90% da superfície das margens e imediata zona ripária é coberta por vegetação nativa. Ausência de áreas de cultivo (agricultura) ou áreas de pastagens. A maioria das plantas pode crescer naturalmente. |           |          | De 70 a 90% da superfície marginal é coberta por vegetação nativa; não sendo observadas grandes descontinuidades. Mínima evidência de campos de cultivo ou áreas de pastagens é observada. |          |          | De 50 a 70% da superfície das margens está coberta pela vegetação, havendo uma mistura de locais onde o solo está coberto e locais onde não há presença de vegetação. Locais de agricultura ou pastagens são observados |          |          | Menos de 50% da superfície das margens está coberta por vegetação. É evidente a descontinuidade da vegetação do entorno sendo esta praticamente inexistente. |          |          |
| <i>ME</i>  | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>   | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>  | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>   | <i>1</i> | <i>0</i> |
| <i>MD</i>  | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>   | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>  | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>   | <i>1</i> | <i>0</i> |

| <b>Parâmetro 10: “Estado de conservação da vegetação do entorno”</b>  |           |          |   |          |          |   |          |          |   |          |          |
|---|-----------|----------|---|----------|----------|---|----------|----------|---|----------|----------|
| <b>ÓTIMA</b>  |           |          | <b>BOA</b>  |          |          | <b>REGULAR</b>  |          |          | <b>PÉSSIMA</b>  |          |          |
| A vegetação do entorno é composta por espécies nativas em bom estado de conservação; não apresenta sinais de degradação causada por atividades humanas. |           |          | A vegetação é composta não só por espécies nativas, mas também por exóticas, contudo está bem preservada. Mínima evidência de impactos causados por atividades humanas. |          |          | A vegetação presente é constituída por espécies exóticas e há pouca vegetação nativa. É possível perceber impactos de atividades humanas. |          |          | A vegetação do entorno é praticamente inexistente e o solo está exposto às intempéries naturais. Atividades humanas como queimadas e desmatamentos são evidentes. |          |          |
| <i>ME</i>   | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>  | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>  | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>  | <i>1</i> | <i>0</i> |
| <i>MD</i>   | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>  | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>  | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>  | <i>1</i> | <i>0</i> |



**FICHA DE AVALIAÇÃO**  
**GRADIENTE: BAIXO CURSO**

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Local avaliado:                    |  |
| Posição GPS:                       |  |
| Data da avaliação: __ / __ / _____ | Hora da avaliação:                         |
| Tempo (situação do dia):           | Choveu nos últimos 7 dias? ( ) sim ( ) não |
| Largura do corpo d'água:           | Profundidade:                              |

**Parâmetro 1: “Substratos e/ou habitats disponíveis”**

| ÓTIMA   | BOA  | REGULAR  | PÉSSIMA   |
|---|--|--|---|
| Mais de 50% do trecho avaliado apresenta vários tipos e tamanhos de substratos favoráveis à colonização da epifauna e abrigo para insetos aquáticos, anfíbios ou peixes. Observa-se também uma mistura de folhas, galhos e troncos submersos, margens escavadas, seixos ou outros <i>habitats</i> estáveis. | De 31 a 50% do trecho avaliado apresenta substratos apropriados à colonização e manutenção da epifauna. Existência de alguns <i>habitats</i> em potencial como, por exemplo, troncos e galhos inclinados sobre o curso da água, mas que ainda não fazem parte do substrato do rio. | Entre 21 e 30% do trecho avaliado apresenta <i>habitats</i> estáveis mesclados apropriados à colonização. Em alguns trechos a velocidade da água não permite a estabilização dos substratos que são algumas vezes removidos. | Mais de 80% do trecho avaliado apresenta <i>habitats</i> monótonos ou com pouca diversificação. Não há presença de galhos, cascalhos, seixos rolados ou vegetação aquática. |
| 20 19 18 17 16  | 15 14 13 12 11   | 10 9 8 7 6   | 5 4 3 2 1 0   |

**Parâmetro 2: “Substratos em poços”**

| ÓTIMA  | BOA  | REGULAR   | PÉSSIMA   |
|--|--|---|---|
| Poços com vários tipos e tamanhos de substratos, há predominância de cascalho e areia. Comum a presença de raízes entrelaçadas e vegetação submersa. | No fundo há uma mistura de areia não compactada e argila. Algumas raízes entrelaçadas e pouca vegetação submersa podem ser observadas. | Fundo dos poços com predomínio de lodo e com pouca areia e argila. Poucas raízes entrelaçadas e ausência de vegetação submersa. | Poços com fundo rochoso ou argiloso. Ausência de raízes entrelaçadas e de vegetação submersa. |
| 20 19 18 17 16   | 15 14 13 12 11   | 10 9 8 7 6  | 5 4 3 2 1 0   |

**Parâmetro 3: “Regimes de velocidade/profundidade”**

| ÓTIMA                            | BOA  | REGULAR  | PÉSSIMA   |
|----------------------------------|--|--|---|
| Presença dos 4 tipos de regimes. | Presença de 3 regimes, sendo obrigatória a presença do regime do tipo rápido/raso. | Presença de 2 tipos de regimes; se o regime rápido/raso ou lento/profundo estiver ausente a pontuação é menor. | Prevalência de apenas 1 tipo de regime, geralmente, lento/profundo. |
| 20 19 18 17 16                   | 15 14 13 12 11   | 10 9 8 7 6   | 5 4 3 2 1 0   |

**Parâmetro 4: “Diversidade de poços”**

| ÓTIMA  | BOA   | REGULAR  | PÉSSIMA   |
|--|---|--|---|
| Proporções semelhantes entre os quatro tipos de poços. | Predomínio de poços grandes e profundos. Poucos poços rasos são observados. | Em geral há mais poços rasos do que profundos. | Ausência de poços ou predomínio de apenas um tipo de poço, em geral poços pequenos e rasos. |
| 20 19 18 17 16   | 15 14 13 12 11  | 10 9 8 7 6                                     | 5 4 3 2 1 0   |

| <b>Parâmetro 5: “Deposição de sedimentos”</b>   |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|----|----|----|----|--|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>ÓTIMA</b>  |    |    |    |    | <b>BOA</b>   |    |    |    |    | <b>REGULAR</b>  |   |   |   |   | <b>PÉSSIMA</b>  |   |   |   |   |   |
| Presença de pequenas barras de pontal ou ilhas, não afetando o curso normal do rio. Menos de 20% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos. |    |    |    |    | Presença de cascalho, areia ou sedimentos finos nas barras recentemente formadas. Nos poços a deposição de sedimentos é pequena. O fundo é afetado de 20 a 50% pela deposição de sedimentos. |    |    |    |    | Deposição moderada de cascalhos, areia ou sedimento fino em barras já existentes ou em formação. Nos poços a deposição é moderada e, de 50 a 80% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos. |   |   |   |   | Evidente desenvolvimento de barras ocasionado pela elevada deposição de material fino. Os poços são praticamente ausentes devido a grande quantidade de material depositado. Mais de 80% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos. |   |   |   |   |   |
| 20  | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

| <b>Parâmetro 6: “Condições de escoamento do canal”</b>   |    |    |    |    |   |    |    |    |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|---|----|----|----|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Período de chuva – compreendido entre os meses de outubro a março</i>                             |    |    |    |    |   |    |    |    |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>ÓTIMA</b>   |    |    |    |    | <b>BOA</b>  |    |    |    |    | <b>REGULAR</b>   |   |   |   |   | <b>PÉSSIMA</b>  |   |   |   |   |   |
| A água atinge a base inferior de ambas as margens e há uma quantidade mínima de substratos expostos. |    |    |    |    | A água preenche mais de 75% do canal e menos de 25% de substratos estão expostos. |    |    |    |    | A água preenche entre 25 e 75% do canal, e/ou a maioria dos substratos das corredeiras estão expostos. |   |   |   |   | Pouquíssima água no canal, sendo a maioria de água parada em poços. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15  | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

| <i>Período de estiagem – compreendido entre os meses de abril a setembro</i>                         |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |   |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|---|--|--|--|--|
| <b>ÓTIMA</b>   |  |  |  |  | <b>BOA</b>  |  |  |  |  | <b>PÉSSIMA</b>   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |   |  |  |  |  |
| A água atinge a base inferior de ambas as margens e há uma quantidade mínima de substratos expostos. |  |  |  |  | A água preenche mais de 75% do canal e menos de 25% de substratos estão expostos. |  |  |  |  | A água preenche entre 25 e 75% do canal, e/ou a maioria dos substratos das corredeiras estão expostos. |  |  |  |  | Pouquíssima água no canal, sendo a maioria de água parada em poços |  |  |  |  | O canal encontra-se completamente seco. |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |   |  |  |  |  |
| 20   |  |  |  |  | 19  |  |  |  |  | 18   |  |  |  |  | 17   |  |  |  |  | 16                                      |  |  |  |  | 15 |  |  |  |  | 14 |  |  |  |  | 13 |  |  |  |  | 12 |  |  |  |  | 11 |  |  |  |  | 10 |  |  |  |  | 0 |  |  |  |  |

| <b>Parâmetro 7: “Alterações no canal”</b>  |    |    |    |    |  |    |    |    |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|--|----|----|----|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>ÓTIMA</b>   |    |    |    |    | <b>BOA</b>   |    |    |    |    | <b>REGULAR</b>   |   |   |   |   | <b>PÉSSIMA</b>  |   |   |   |   |   |
| Ausência ou mínima presença de pequenas canalizações e dragagens. O curso d’água segue com padrão natural. |    |    |    |    | Presença de alguma canalização, em geral em área para apoio de pontes ou evidência de canalizações antigas e de dragagem, mas com ausência de canalizações recentes. |    |    |    |    | Presença de diques, terraplanagens, aterros, barragens, enrocamentos ou estruturas de escoramentos em ambas as margens. De 40 a 60% do canal se encontra canalizado ou com rupturas. |   |   |   |   | Margens revestidas com gabiões ou cimento e cerca de 80% do curso d’água encontra-se canalizado e com rupturas. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

| <b>Parâmetro 8: “Sinuosidade do canal”</b>   |    |    |    |    |  |    |    |    |    |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |
|--|----|----|----|----|--|----|----|----|----|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|
| <b>ÓTIMA</b>   |    |    |    |    | <b>BOA</b>   |    |    |    |    | <b>REGULAR</b>   |   |   |   |   | <b>PÉSSIMA</b>   |   |   |   |   |   |
| A ocorrência de curvas é evidente no trecho avaliado, propiciando um aumento na diversidade de <i>habitats</i> para a biota local. |    |    |    |    | A sinuosidade do canal não é tão evidente, podendo ser observadas curvas distantes e uma diversificação de <i>habitats</i> para a biota local. |    |    |    |    | O trecho apresenta poucas curvas e os <i>habitats</i> ocorrentes são monótonos, havendo poucos locais disponíveis para refúgio e reprodução da biota local |   |   |   |   | O trecho apresenta-se retilíneo. Caso a canalização for oriunda de uma ação humana atribuir uma pontuação menor. |   |   |   |   |   |
| 20   | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10   | 9 | 8 | 7 | 6 | 5  | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

| <b>Parâmetro 9: “Estabilidade das margens”</b>   |           |          |   |          |          |  |          |          |  |          |          |
|--|-----------|----------|---|----------|----------|--|----------|----------|--|----------|----------|
| <b>ÓTIMA</b>   |           |          | <b>BOA</b>  |          |          | <b>REGULAR</b>   |          |          | <b>PÉSSIMA</b>   |          |          |
| Margens estáveis, ausência ou mínima evidência de erosão ou falhas nas margens; pouco potencial para problemas futuros. Menos de 5% da extensão das margens encontram-se afetadas. |           |          | Margens moderadamente estáveis, com presença de áreas com erosões cicatrizadas e de 5 a 30% da extensão das margens apresentam-se erodidas. |          |          | Margens moderadamente instáveis. De 30 a 60% das da extensão das margens apresenta-se erodida e o potencial à erosão é alto durante as cheias. |          |          | Margens instáveis e muitas áreas erodidas. A erosão é freqüente ao longo da seção reta e nas curvas. Em termos relativos, de 60 a 100% da extensão das margens apresenta-se erodida. |          |          |
| <i>ME</i>  | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>  | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>   | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>   | <i>1</i> | <i>0</i> |
| <i>MD</i>  | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>  | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>   | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>   | <i>1</i> | <i>0</i> |

| <b>Parâmetro 10: “Proteção das margens pela vegetação”</b>   |           |          |  |          |          |  |          |          |  |          |          |
|--|-----------|----------|--|----------|----------|--|----------|----------|--|----------|----------|
| <b>ÓTIMA</b>   |           |          | <b>BOA</b>   |          |          | <b>REGULAR</b>   |          |          | <b>PÉSSIMA</b>   |          |          |
| Mais de 90% da superfície das margens e imediata zona ripária é coberta por vegetação nativa. Ausência de áreas de cultivo (agricultura) ou áreas de pastagens. A maioria das plantas pode crescer naturalmente. |           |          | De 70 a 90% da superfície marginal é coberta por vegetação nativa; não sendo observadas grandes discontinuidades. Mínima evidência de campos de cultivo ou áreas de pastagens é observada. |          |          | De 50 a 70% da superfície das margens está coberta pela vegetação, havendo uma mistura de locais onde o solo está coberto e, locais onde não há presença de vegetação. Locais de agricultura ou pastagens são observados |          |          | Menos de 50% da superfície das margens está coberta por vegetação. É evidente a discontinuidade da vegetação do entorno sendo esta praticamente inexistente. |          |          |
| <i>ME</i>  | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>   | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>   | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>   | <i>1</i> | <i>0</i> |
| <i>MD</i>  | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>   | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>   | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>   | <i>1</i> | <i>0</i> |

| <b>Parâmetro 11: “Estado de conservação da vegetação do entorno”</b>  |           |          |   |          |          |   |          |          |   |          |          |
|---|-----------|----------|---|----------|----------|---|----------|----------|---|----------|----------|
| <b>ÓTIMA</b>  |           |          | <b>BOA</b>  |          |          | <b>REGULAR</b>  |          |          | <b>PÉSSIMA</b>  |          |          |
| A vegetação do entorno é composta por espécies nativas em bom estado de conservação; não apresenta sinais de degradação causada por atividades humanas. |           |          | A vegetação é composta não só por espécies nativas, mas também por exóticas, contudo está bem preservada. Mínima evidência de impactos causados por atividades humanas. |          |          | A vegetação presente é constituída por espécies exóticas e há pouca vegetação nativa. É possível perceber impactos de atividades humanas. |          |          | A vegetação do entorno é praticamente inexistente e o solo está exposto às intempéries naturais. Atividades humanas como queimadas e desmatamentos são evidentes. |          |          |
| <i>ME</i>   | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>  | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>  | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>  | <i>1</i> | <i>0</i> |
| <i>MD</i>   | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>8</i>  | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>5</i>  | <i>4</i> | <i>3</i> | <i>2</i>  | <i>1</i> | <i>0</i> |