

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS**

VELCO VINICIUS LOPES DE MATOS

**VALORAÇÃO DE RECURSOS AMBIENTAIS: POSSIBILIDADES PARA O
ARROIO DILÚVIO EM PORTO ALEGRE/RS**

Porto Alegre

2014

VELCO VINICIUS LOPES DE MATOS

**VALORAÇÃO DE RECURSOS AMBIENTAIS: POSSIBILIDADES PARA O
ARROIO DILÚVIO EM PORTO ALEGRE/RS**

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Economia.

Orientadora: Profa. Dra. Marlise Amália Reinehr Dal Forno

Porto Alegre

2014

VELCO VINICIUS LOPES DE MATOS

**VALORAÇÃO DE RECURSOS AMBIENTAIS: POSSIBILIDADES PARA O
ARROIO DILÚVIO EM PORTO ALEGRE/RS**

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Economia.

Aprovada em: Porto Alegre, 04 de dezembro de 2014.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Marlise Amália Reinehr Dal Forno – Orientadora
UFRGS

Prof. Dr. Stefano Florissi
UFRGS

Prof. Me. Sérgio Luiz de Carvalho Leite
UFRGS

*A todos os seres vivos não humanos do planeta Terra,
como um pedido de perdão pelos nossos atos.*

AGRADECIMENTOS

À Natália, que tem sido ao mesmo tempo o raio de luz e a gota de chuva de cada um dos meus dias.

A todos meus professores, cujos ensinamentos e conhecimentos transmitidos ao longo dos meus 26 anos foram imprescindíveis para a consecução deste trabalho. Deste grupo, ainda, menciono em especial minha Orientadora, professora Marlise Dal Forno, que constituiu comigo uma equipe que superou empecilhos, como a distância longa e o tempo curto, em prol do mesmo objetivo; à professora Teresinha Guerra, pela inestimável colaboração, através de materiais bibliográficos e sugestões.

Ao Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Porto Alegre, na representação de sua Gerência de Gestão Ambiental e Tratamento de Esgoto, pelo fornecimento de dados solicitados.

Aos colegas da Pró-Reitoria de Planejamento e Administração, que ofereceram mais apoio do que o necessário para me ajudar.

Ao colega Renato Hansen, virtuoso por sua incansável abnegação em ajudar os demais, o que desta vez foi fundamental para a organização inicial deste trabalho.

Às equipes das bibliotecas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial às das Faculdades de Ciências Econômicas e de Arquitetura e dos Institutos de Pesquisas Hidráulicas e de Biociências. Dedico particular agradecimento à Bibliotecária-chefe da Faculdade de Ciências Econômicas, que em inúmeras oportunidades dispensou seu tempo contribuindo com profissionalismo técnico de refinada qualidade, muito valoroso à apresentação desta monografia.

Aos meus amigos dos diversos círculos, essencialmente àqueles vinculados ao Clube do Comércio de Porto Alegre e ao Exército Brasileiro, que, segundo eles mesmos, sentiram minha falta neste semestre.

E aos meus pais, que plantaram a semente e mantiveram a serenidade durante a construção desses capítulos.

“Mais da metade da humanidade vive em cidades que ocupam 2% da superfície terrestre do planeta, e ainda são responsáveis por 75% dos recursos naturais consumidos e do lixo produzido.”
(TEEB, 2010b, p. 80).

RESUMO

O presente trabalho se destina a apresentar uma visão econômica aplicada a relações em que as funções de produção e consumo dos agentes desconsideram a presença de fatores socioambientais, configurando aquilo que se conhece na literatura por “externalidades”. Através de mecanismos como a valoração econômica dos recursos ambientais, enquanto fornecedores de serviços ecossistêmicos, os governos podem, conforme será abordado, exercer uma de suas funções perante a sociedade, no sentido de neutralizar os efeitos de externalidades ambientais. Para tanto, foram adotados como parâmetro de análise os recursos hídricos, tema acerca do qual existem legislações pertinentes nas diversas esferas de governo do país. Algumas delas serão abordadas nesta monografia e podem ser aplicadas à cidade de Porto Alegre, no tocante a um de seus principais cursos d’água, o arroio Dilúvio. Valendo-se da publicação de trabalhos especializados e de consultas a órgãos competentes, foi realizada uma pesquisa sobre parâmetros de qualidade da água desse recurso hídrico entre os anos de 1995 e 2011, a fim de fornecer subsídios à aplicação de conceitos econômicos à proteção do meio ambiente e da biodiversidade, propagados pelo estudo TEEB, sediado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. A manutenção dos baixos padrões de qualidade da água verificada indica a existência de um panorama socioambiental na região de estudo antagônico aos preceitos elencados no decorrer da monografia. Alguns estudos de caso são abordados no intuito de associar a teoria econômica proposta pelo TEEB à possibilidade de reversão da realidade encontrada na cidade de Porto Alegre.

Palavras-chave: Economia e meio ambiente. Externalidades ambientais. Valoração econômica. Serviços ecossistêmicos. Poluição hídrica. Arroio Dilúvio.

ABSTRACT

This paper aims to present an economic vision applied to relations in which the functions of production and consumption of agents ignore the presence of social and environmental factors, configuring what is known in literature as "externalities". Through mechanisms such as economic valuation of environmental resources, as providers of ecosystem services, governments can, as will be discussed, exert one of their functions in society, in order to neutralize the effects of environmental externalities. For that, water resources have been adopted as an analysis parameter, a subject about which there are relevant laws in the various spheres of government in the country. Some of them will be discussed on this paper and can be applied to Porto Alegre city, concerning one of its main watercourses, the Dilúvio stream. Drawing on the publication of specialized work and consultations with relevant agencies, the study performed a survey on water quality parameters of this water resource between the years 1995 and 2011 in order to provide input to the application of economic concepts to the environment protection and biodiversity, propagated by TEEB study, hosted by United Nations Environment Programme. The maintenance of low standards of water quality observed indicates the existence of social and environmental conjunctures in the analysis region antagonistic to the precepts listed during the paper. Some case studies are discussed in order to associate the economic theory proposed by TEEB with the possibility of reversal of reality found in the city of Porto Alegre.

Keywords: Economics and environment. Environmental externalities. Economic valuation. Ecosystem services. Water pollution. Dilúvio stream.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Externalidades negativas e ineficiência econômica	33
Figura 2 – Localização de Porto Alegre e Região Hidrográfica do Guaíba	39
Figura 3 – Sub-bacia hidrográfica do arroio Dilúvio	42
Figura 4 – Contribuição média de poluição pontual por uma pessoa	49
Figura 5 – Cálculo do IQA	52
Figura 6 – Métodos utilizados em cada parâmetro para obtenção dos dados (1996 a 1999) ..	64
Figura 7 – Percentis das amostras de 1998 a 2000 e respectivo enquadramento em classes ..	67
Gráfico 1 – Evolução do comportamento da DBO	72
Gráfico 2 – Evolução do comportamento dos Coliformes Termotolerantes	74
Quadro 1 – Faixas do IQA por estados	52
Quadro 2 – Métodos utilizados em cada parâmetro para obtenção dos dados (1995)	62
Quadro 3 – Métodos utilizados em cada parâmetro para obtenção dos dados (2011)	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Alguns valores limite de parâmetros para cada classe de água doce	47
Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água do IQA e respectivo peso	53
Tabela 3 – Ponderação alternativa para os componentes do IQA	54
Tabela 4 – Parâmetros de qualidade da água do arroio Dilúvio obtidos em 1995	62
Tabela 5 – Parâmetros de qualidade da água do arroio Dilúvio obtidos entre 1996 e 1999	65
Tabela 6 – Parâmetros de qualidade da água do arroio Dilúvio obtidos em 2011	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACB	- Análise Custo-Benefício
AEM	- Avaliação Ecológica do Milênio
AMC	- Análise Multicriterial
ANA	- Agência Nacional das Águas
Cat-Del	- Bacias Hidrográficas de <i>Catskill</i> e do Rio <i>Delaware</i>
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CF	- Constituição Federal de 1988
CO ₂	- Gás Carbônico
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO _{5,20}	- Demanda Bioquímica de Oxigênio durante cinco dias a uma temperatura de 20°C
DMAE	- Departamento Municipal de Águas e Esgotos
DNOS	- Departamento Nacional de Obras e Saneamento
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
EBE	- Estação de Bombeamento de Esgoto
ECOLI	- <i>Escherichia coli</i>
ETA	- Estação de Tratamento de Água
ETE	- Estação de Tratamento de Esgoto
FEPAM	- Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
IDH	- Índice de Desenvolvimento Humano
IPH	- Instituto de Pesquisas Hidráulicas
IQA	- Índice de Qualidade das Águas
MOA	- <i>New York City Watershed Memorandum of Agreement</i>
NMP	- Número mais Provável
NSF	- <i>National Sanitation Foundation</i>
O ₂	- Gás Oxigênio
OD	- Oxigênio Dissolvido
pH	- Potencial Hidrogeniônico
PIB	- Produto Interno Bruto
PISA	- Projeto Integrado Socioambiental
PNUMA	- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

P-TOTAL	- Fósforo Total
PUC/RS	- Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
SWTR	- <i>Surface Water Treatment Rule</i>
TEEB	- <i>The Economics of Ecosystems and Biodiversity</i>
UFRGS	- Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNT	- Unidade Nefelométrica de Turbidez
USEPA	- <i>United States Environmental Protection Agency</i>
VE	- Valor de Existência
VERA	- Valor Econômico dos Recursos Ambientais
VET	- Valor Econômico Total
VNU	- Valor de Não Uso
VO	- Valor de Opção
VU	- Valor de Uso
VUD	- Valor de Uso Direto
VUI	- Valor de Uso Indireto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	25
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	29
2.1 EXTERNALIDADES AMBIENTAIS	30
2.2 VALORAÇÃO ECONÔMICA DE RECURSOS AMBIENTAIS.....	34
3 A CIDADE E O ARROIO	39
3.1 O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DE PORTO ALEGRE.....	40
3.2 O ARROIO DILÚVIO	41
4 ARCABOUÇO LEGAL.....	45
4.1 CONSTITUIÇÃO FEDERAL.....	45
4.2 LEI DAS ÁGUAS.....	45
4.3 RESOLUÇÕES CONAMA.....	46
5 POLUIÇÃO HÍDRICA.....	49
5.1 POLUIÇÃO PONTUAL	49
5.2 POLUIÇÃO DIFUSA	50
5.3 O ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS	50
5.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	54
5.4.1 Demanda bioquímica de oxigênio.....	55
5.4.2 Oxigênio dissolvido.....	56
5.4.3 Coliformes termotolerantes	57
5.4.4 Potencial hidrogeniônico	57
5.4.5 Temperatura da água.....	58
5.4.6 Nitrogênio total	59

5.4.7 Fósforo total	59
5.4.8 Turbidez	59
5.4.9 Resíduo total	60
5.5 RESULTADOS OBTIDOS PARA O ARROIO DILÚVIO	61
5.5.1 Dados de 1995.....	61
5.5.2 Dados registrados de 1996 a 1999.....	63
5.5.3 Dados registrados de 1998 a 2000.....	66
5.5.4 Dados registrados de 2000 a 2009.....	67
5.5.5 Dados de 2011.....	68
5.6 ANÁLISE HISTÓRICA E TRATAMENTO DOS DADOS	70
6 O PROGRAMA TEEB	77
6.1 ABORDAGENS CONCEITUAIS	77
6.2 TIPOS DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E POLÍTICAS DE GOVERNO LOCAIS	79
6.3 FERRAMENTAS PARA VALORAÇÃO E APRECIÇÃO	83
6.4 ATUAÇÃO DOS GESTORES.....	85
6.5 ESTUDO DE CASO: BACIA DE CAT-DEL EM NOVA IORQUE	88
6.6 ESTUDO DE CASO: REVITALIZAÇÃO DO ARROIO CHEONGGYECHEON	91
6.7 ESTUDO DE CASO: PROJETO INTEGRADO SOCIOAMBIENTAL	93
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
REFERÊNCIAS.....	98
ANEXO A – Enquadramento do lago Guaíba por coliformes fecais em 2000.....	102
ANEXO B – Valores dos parâmetros do IQA em função de sua concentração ou medida	103

ANEXO C – Alguns pontos de coleta de água no arroio Dilúvio	104
ANEXO D – Resultados obtidos para os parâmetros analisados do arroio Dilúvio entre 1996 e 1999.....	105
ANEXO E - Serviços ecossistêmicos.....	106
ANEXO F – Tipologias e metodologias de valoração ambiental.....	107
ANEXO G – Obras de esgoto do PISA.....	109

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos do desenvolvimento da área da Economia que centraliza o estudo no Meio Ambiente é fazer com que sejam captados os custos sociais decorrentes da degradação ambiental. Não é difícil apontar casos de subvalorização de recursos naturais no cotidiano, devido ao caráter onipresente desses processos. Em função disso, se desenvolveu um ramo na teoria microeconômica que estuda as chamadas externalidades ambientais negativas, uma das causas do surgimento de assimetrias de mercado, dado seu efeito de ampliar o prejuízo social por ocasião da ocorrência de atividades econômicas.

No limite, sabe-se que os recursos naturais não renováveis podem acabar ou atingir níveis de oferta catastróficamente baixos, dado seu caráter finito. Esse é o caso da água. A realidade brasileira obedece a essa regra, como comprovado pelas recentes vivências de grandes metrópoles urbanas do país, estigma do qual este autor pretende contribuir para afastar a cidade de Porto Alegre e seus cidadãos.

A degradação dos ecossistemas causa danos que podem incluir variações climáticas, extinção de espécies e prejuízo à subsistência de populações humanas locais. Conforme THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY (TEEB) (2010a), se sabe que uma das causas para a diminuição da biodiversidade¹ global são as falhas em se calcular os valores totais dos ecossistemas. Os estudos econômicos nesse sentido aparecem como uma tentativa paliativa para contornar o movimento de desastre que se desenha.

À guisa de justificativa, este trabalho incita a necessidade de estudar e aplicar instrumentos de combate à degradação ambiental à medida que o desenvolvimento econômico avança e a civilização se multiplica. Com base em diversos autores que aprofundaram seus estudos nessa incipiente área do conhecimento, pode-se atribuir vital importância à discussão posta em pauta.

Segundo Lanna (2011, p. 3),

[...] à medida que o desenvolvimento econômico ocorreu, a crescente renda *per capita*, bem como o crescimento populacional das cidades, gerou a necessidade de alimentar a população pela intensificação da agricultura irrigada, de fabricação uma série de produtos de consumo para a sociedade moderna, de transportar esses produtos, etc. Em um estágio inicial desse processo de crescimento econômico, o despejo de esgotos de volta ao corpo hídrico, ao exceder a sua capacidade de autodepuração, provocou uma degradação de qualidade de tal ordem que

¹ Biodiversidade é definida pela Convenção sobre Diversidade Biológica como “[...] a variedade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas.” (TEEB, 2010a, p. 38).

comprometeu a balneabilidade e a pesca, e o próprio abastecimento de água potável, que foi encarecido, via aumentos de custos de tratamento. Num estágio mais avançado, a captação de água, ao se tornar excessiva em relação à disponibilidade hídrica, gerou problemas de ordem quantitativas, constatados pelo aparecimento de conflitos de uso de água. Seja como for, o fato é que os corpos hídricos na imediação dos grandes núcleos de desenvolvimento se tornaram escassos - tanto pela quantidade insuficiente quanto pela qualidade degradada - e a totalidade dos seus usos, com livre acesso e a preço zero, não é mais possível.

Tecendo impressões que trilham semelhante linha de pensar, Hartmann (2010, p. 1) afirma que “Em muitos lugares, vem-se evidenciando mais e mais que os danos ambientais também são uma ameaça permanente ao progresso econômico do Brasil e que entre ecologia e economia não existe um contraste, mas sim uma ligação muito estreita.” Segundo a opinião desse autor, a cobrança pelo uso da água é um instrumento adequado a ser usado no Brasil, e “[...] A economia ambiental neoclássica também enfatiza a superioridade desses instrumentos econômicos no tocante à precisão ecológica e notadamente em relação à eficiência econômica.” (HARTMANN, 2010, p. 2).

Ely (1990, prefácio) defende na introdução de sua obra o aperfeiçoamento da política de meio ambiente, que segundo ele

[...] induz a uma reflexão normativa sobre os princípios que devem orientar a formulação de uma política ambiental nacional, que englobe as esferas regional, estadual e municipal, servindo como marco de referência teórica para uma ação política efetiva e para o planejamento com vistas à promoção e à melhoria da qualidade do meio ambiente.

Diante das impressões acima citadas, que sintetizam o consenso técnico-teórico acerca da necessidade de melhorarmos nossas regras de preservação ambiental, que gera esgotamento da biodiversidade frente ao crescimento econômico, consolidamos a importância do tema do trabalho ora proposto.

Nesse sentido, será feito um estudo acerca de uma fonte de recurso natural da cidade de Porto Alegre, o arroio Dilúvio, dentro do qual são despejados diariamente grandes quantidades de dejetos pela população. Baseado em estudos levados a cabo acerca de poluição hídrica, em geral, e de suas características encontradas nesse curso d'água, o presente trabalho busca por objetivo principal estimar o valor econômico do arroio Dilúvio, tendo em vista os serviços ecossistêmicos por ele oferecidos e o grau de impacto gerado pela poluição.

A poluição será mensurada sob a ótica dos parâmetros de qualidade da água, preconizados pelos principais organismos reguladores nacionais, estaduais e locais, e os respectivos resultados encontrados por estudos técnicos realizados entre os anos de 1995 a 2011. Sobre esse quadro construído, será lançada a aplicação dos conceitos abordados por um

importante estudo mundial que relaciona economia e biodiversidade, o qual permitirá, ao menos, estabelecer instrumentos que podem ser utilizados para proceder a mais precisa possível valoração dos recursos naturais, a serem utilizados inclusive por agentes de governo, servindo-lhes de subsídio para as tomadas de decisão.

No decorrer do trabalho serão apresentadas ilustrações (figuras), que reproduzem tabelas, fórmulas e ilustrações diversas (gráficos e quadros) extraídas de outros trabalhos listados nas referências. Este autor optou por assim proceder sempre que possível, a fim de manter a originalidade da fonte das informações apresentadas.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A Economia do Meio Ambiente² é uma área do conhecimento particularmente recente. Advém da necessidade de associarmos as implicações ambientais impostas à natureza aos fatos que originam o tão almejado crescimento econômico. No decorrer do desenvolvimento das sociedades, os processos de evolução dos mecanismos econômicos foram se sucedendo sem que houvesse um controle efetivo do dano causado pelo uso dos recursos naturais desenfreadamente. Ely (1990, p.6, grifo do autor) procura facilitar o entendimento do quão diferenciada é a raça humana das demais, afirmando que

[...] dentro da visão interdisciplinar, a economia pode dar o seu recado. Isso fica muito claro por uma simples analogia: **a natureza não polui, é o ‘homo sapiens’ quem polui.** O homem, pelo seu comportamento animal, faz parte do sistema natural que, pelo ciclo vida e morte, tem uma capacidade extraordinária de produzir resíduos (plantas e animais mortos) e transformá-los, por um processo de reciclagem (decomposição orgânica), em novas formas de vida vegetal e animal. Apesar de produzir resíduos em escala incalculável, a natureza é incapaz de poluir o meio ambiente, pois reintegra totalmente os resíduos à dinâmica do ciclo produtivo. Está aí uma lição fundamental da natureza que parece merecer uma maior atenção na organização político-econômica do ‘homo sapiens’ — a persistir na produção de crescentes resíduos, através da sua irracional e inadequada estrutura de produção e de consumo. [...] Em outras palavras, se o ‘homo sapiens’ reciclasse todos os seus resíduos, tal como a natureza procede, a sociedade moderna estaria livre da poluição.

Como a natureza nem sempre pode ser objeto de propriedade privada e muitas vezes não há dispositivo legal que forneça adequada regulação sobre a exploração de seus recursos - via sistema de pagamentos ou apropriações de custos, por exemplo - a utilização dos recursos naturais pode atingir patamares potencialmente acima do aceitável. A superexploração ocorre em decorrência do fato de que as relações da produção e do consumo com o meio ambiente não fazem parte da escrituração contábil convencional das empresas e dos orçamentos familiares. Encontra-se dissociadas de valores monetários, razão pela qual o meio ambiente pode cair na armadilha de ser considerado pelos agentes econômicos como um fornecedor de

² “A economia do meio ambiente é o ramo da Economia que estuda e se preocupa com o meio ambiente no seu mais amplo sentido, isto é, o problema da escolha material do homem e da sociedade e o quanto estes estão relacionados com o físico, o social e o natural.” (ELY, 1990, p. 8).

“recursos disponíveis gratuitos”. O tempo expõe os preços, com a consequente aparição da degradação ambiental.

2.1 EXTERNALIDADES AMBIENTAIS

É no sentido de evitar desequilíbrios econômicos naturais, ensejados pelas assimetrias de mercado, que surge um dos papéis do Estado como o conhecemos hoje. A uma dessas assimetrias fornecemos o nome de “externalidades”, que à luz da teoria econômica podem ocorrer tanto de maneira positiva, quanto negativa. Nos aspectos que relacionam desenvolvimento econômico e implicações ambientais, são mais comuns as do segundo tipo.

Conforme Pindyck e Rubinfeld (2010, p. 575), externalidades são “[...] efeitos das atividades de produção e consumo que não se refletem diretamente no mercado [...]”, e ainda,

[...] podem surgir entre produtores, entre consumidores ou entre consumidores e produtores. Há externalidades negativas – quando a ação de uma das partes impõe custos à outra – e externalidades positivas – que surgem quando a ação de uma das partes beneficia a outra.

Coase (1960), elaborando seu teorema, em que relaciona direitos de propriedade e custos de transação, nos ajuda a entender o vínculo dessa interação com a existência de externalidades em uma economia. Custos de transação se constituem na dificuldade presente nos processos de negociação entre agentes econômicos. Quando as partes podem negociar sem custos e com possibilidade de obter benefícios mútuos, o resultado das transações será eficiente, pois não haverá disputa em torno das externalidades independentemente de como estejam especificados os direitos de propriedade, pois os agentes acabarão por encontrar uma solução através de acordos, distribuindo eficientemente os recursos disponíveis.

A contribuição desse autor foi extremamente relevante para as ciências econômicas como um todo e para a economia do meio ambiente, em particular, sob o aspecto de que ajuda a elucidar uma das origens de externalidades desse tipo: a imperfeita definição dos direitos de propriedade, que é comum entre recursos naturais. Ademais, a associação dessa má especificação à existência de custos de transação alavanca o prejuízo social e ambiental. Sob o teorema de Coase (1960), o verdadeiro problema econômico a ser enfrentado consistiria em determinar como atingir a maximização da eficiência, minimizando o prejuízo social líquido. Uma conjuntura hipotética contendo mínimos custos de transação e máxima definição de

direitos de propriedade seria ideal para o alcance desse objetivo, mesmo com a existência de externalidades.

Existem, no entanto, críticas à aplicação do teorema de Coase no sentido de que seus pressupostos não asseguram justiça social, tampouco equidade. Isso ocorre em alguns casos que envolvam relações ambientais, pois direitos de propriedade muitas vezes podem nem mesmo ser bem definidos, conforme alega Harris (2013, p. 54):

In some cases, property rights are simply inappropriate tolls for dealing with environmental problems. It may be impossible, for example, to establish property rights to the atmosphere or to the open sea. When we confront problems such as global warming, ocean pollution, the decline of fish stocks, or endangered species, we find that the system of private property rights, which has evolved as a basis for economic system, cannot be fully extended to ecosystems. It may be possible to use market transactions, such as tradable permits for air emissions or fishing rights, but these only apply to a limited subset of ecosystem functions. In many cases, some other techniques of economic analysis will be helpful in considering the interaction between human economic activity and aspects of the broader ecosystem³.

E mesmo quando a definição desses direitos pode ser estabelecida, a concentração de poder tem a capacidade de viesar a eficiência social e ambiental, pois, segundo este mesmo autor, podem surgir questões problemáticas envolvendo equidade e distribuição. Apresentando como exemplo uma fábrica instalada às margens de um curso d'água do qual dependem populações pobres ribeirinhas fixadas a jusante daquela, ele alega que

It is also possible that, even if the rights is assigned to the community, poor communities will accept location of toxic waste dumps and other polluting facilities out of a desperate need for compensatory funds⁴. (HARRIS, 2013, p. 53).

Nas questões ambientais, nesse caso, nem as premissas elencadas por Coase (1960) e expostas acima impediriam em uma relação social dicotômica a efetivação da supremacia dos detentores de poder em detrimento dos detentores de direitos de propriedade, face à sobreposição das necessidades destes em relação aos encargos sanitários que lhes recaiam.

³ Em alguns casos, direitos de propriedade são simplesmente ferramentas inapropriadas para lidar com problemas ambientais. Pode ser impossível, por exemplo, estabelecer direitos de propriedade para a atmosfera, ou para o mar aberto. Quando confrontamos problemas como aquecimento global, poluição dos oceanos, o declínio dos estoques de peixes, ou espécies em extinção, descobrimos que o sistema de direito de propriedade privada, que evoluiu como uma base para o sistema econômico, não pode ser estendida totalmente para os ecossistemas. Pode ser possível usar as transações de mercado, como permissões comercializáveis para emissões gasosas ou direitos de pesca, mas esses se aplicam apenas a um limitado subconjunto de funções ecossistêmicas. Em muitos casos, outras técnicas de análise econômica serão úteis em considerar a interação entre a atividade econômica humana e aspectos amplos do ecossistema. (tradução nossa).

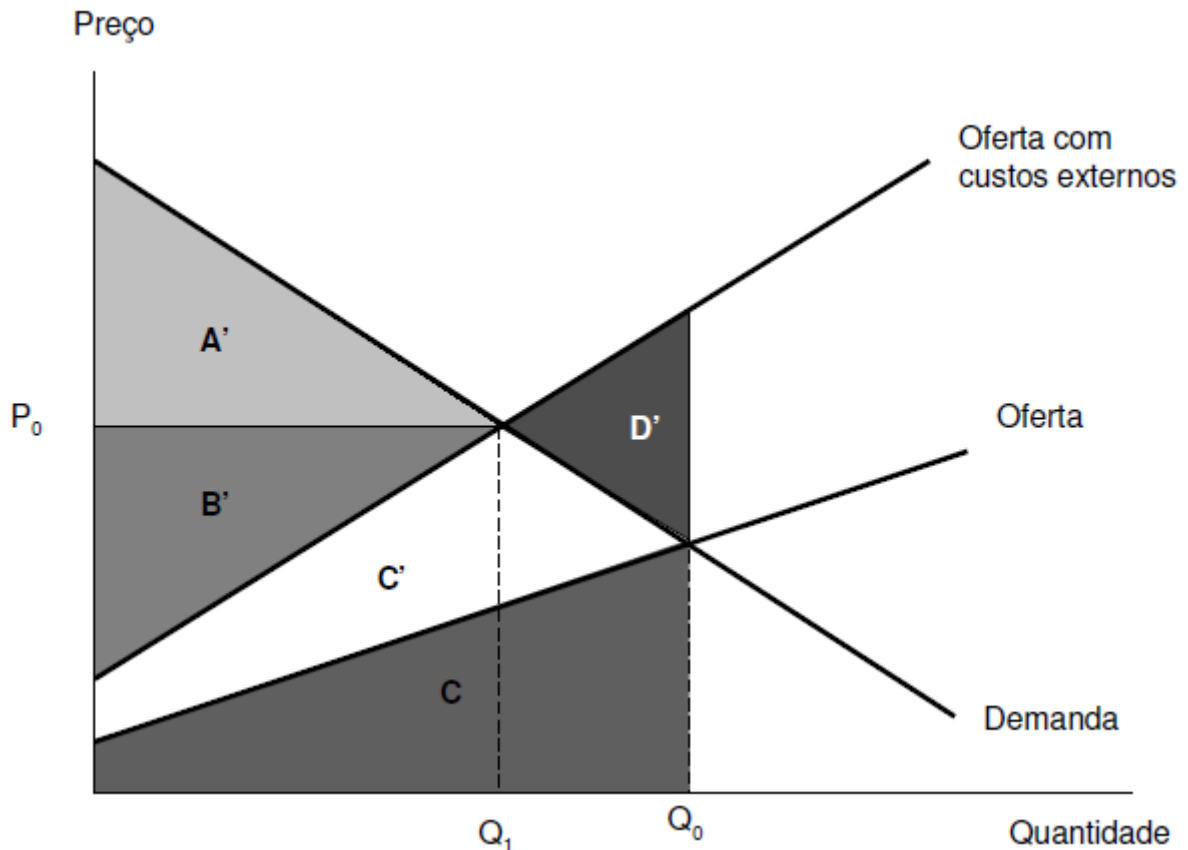
⁴ É também possível que, mesmo se o direito fosse atribuído à comunidade, as comunidades pobres iriam aceitar a instalação de depósitos de resíduos tóxicos e outras instalações poluidoras em função de uma necessidade desesperada por fundos compensatórios. (tradução nossa).

Harris (2013) identifica a situação econômica convencional de equilíbrio da curva de oferta e da curva de demanda associadas aos custos e benefícios marginais, isto é, com a produção ou o consumo de uma unidade a mais. Esse equilíbrio identifica-se com ausência de externalidades. Porém, quando há efeitos ambientais surgidos em decorrência do sistema econômico, fica caracterizada a existência de uma externalidade ambiental, que não é contabilizada nas planilhas de custo em razão de não ser resumida em um indicador monetário.

Os custos sociais podem ser gerados por outras externalidades, além da ambiental e também podem fazer com que haja perda de eficiência econômica, dado que nesse contexto a economia está trabalhando num ponto diferente do ponto de equilíbrio econômico. Como os verdadeiros e completos custos totais não são plenamente absorvidos, o desequilíbrio começa a manifestar-se a partir da falha de mensuração preço dos bens e serviços, bem como na quantidade ofertada e demandada desses mesmos itens. Diz-se então que há um equilíbrio de mercado ineficiente (HARRIS, 2013).

Apresentamos na FIG. 1 os efeitos da presença de externalidades negativas na economia. A degradação ambiental oriunda da atividade produtiva em geral gera a expansão dos custos sociais, que deveria elevar a curva de oferta, se considerasse estes custos externos. Consequentemente, já que o preço de mercado deveria ser dado pela intersecção dessa curva de oferta com a demanda (P_0), reduzir-se-ia a quantidade ótima (Q_1). O que ocorre na prática, quando não são internalizados os custos sociais, é a intersecção da oferta - sem custos externos - com a demanda, ocasionando preços menores e quantidades maiores (Q_0) do que em relação ao equilíbrio sócio, econômico e ambiental.

FIGURA 1 – Externalidades negativas e ineficiência econômica



Fonte: adaptado de Harris (2013).

Uma situação em que haja uma externalidade negativa ambiental se caracteriza pelos incentivos que um agente econômico recebe para utilizar-se do meio ambiente para otimizar sua função de custos. Essa função só comporta variáveis privadas, excluindo os custos sociais causados por suas ações, que serão arcados pela sociedade. O agente econômico, seja uma família ou uma empresa, produz níveis maiores de danos ao ambiente do que produziria caso o dano social total fosse internalizado. De maneira semelhante, quando há a ocorrência de uma externalidade ambiental positiva, o agente por ela responsável é quem beneficia os demais, porém seus custos marginais não diminuem à medida que adota uma ação dessa natureza. Por outro lado, os demais integrantes do sistema beneficiado por essa externalidade são aqueles agentes que compartilham os benefícios (e não os custos) gerados por um único agente, aquele que arca com os preços. Em razão disso, via de regra, a quantidade eficiente e socialmente desejável é maior do que o nível verificado na realidade (PINDYCK; RUBINFELD, 2010).

Sob a ótica teórica desses autores, existem soluções para a correção de falhas de mercado originadas por externalidades, isto é, mecanismos que façam com que os poluidores

tenham seus níveis de atividades restritos e os protetores do meio ambiente sejam recompensados por suas ações. Esses mecanismos podem ser operacionalizados por meio do estabelecimento de um padrão de poluentes, implantação de taxas e subsídios a poluidores e protetores, respectivamente, ou ainda, através da criação de mercados de permissões transferíveis de emissões de poluentes e afins, como o Mercado de Carbono, por exemplo, que surgiu visando a redução da emissão de gases do efeito estufa pelos países, através das respectivas concessões de “créditos de carbono” e de limitações da quantidade de aquisições desses créditos para os países.

A solução genérica apontada por Harris (2013) é a internalização da externalidade, através da aplicação de uma taxa de poluição, por exemplo, a qual indica um processo de valoração ambiental, sendo seu objetivo principal a proteção ambiental. Dessa maneira, é possível transferir para os responsáveis os custos reais de suas ações. Assim, se pode atingir um ponto chamado de equilíbrio eficiente, um ótimo social obido pelo ponto de vista da eficiência econômica.

À guisa de síntese, externalidades podem ser geradas a partir da produção e do consumo de vários tipos de bens e serviços. Ao discutir essa questão, é importante enfatizar a diferença entre custos sociais e privados, bem como entre o equilíbrio estabelecido pelo mercado (sem a devida regulação) e o equilíbrio ótimo (eficiente) do ponto de vista social. O conhecimento acerca dos conceitos de excedente do consumidor e do produtor é importante para se proceder à análise dos ganhos de bem-estar advindos da mudança relativas ao equilíbrio eficiente. É nesse sentido que Ely (1990, p. 7) contribui, atribuindo à sociedade a obrigação de: “[...] analisar os efeitos positivos e negativos sobre o meio ambiente de qualquer projeto que envolva a atividade humana na produção e no consumo.” Segundo sua teoria, a análise dessas questões envolve campos multidisciplinares, sendo necessário um esforço científico conjunto para solucionar os problemas de ineficiência econômico-ambiental, quando conclui:

Portanto, é preciso perceber a economia dentro de um sistema maior; examinar as relações entre a produção e o consumo para apontar soluções aos problemas do homem, que ele próprio criou para si através dos tempos. (ELY, 1986, p. 65).

2.2 VALORAÇÃO ECONÔMICA DE RECURSOS AMBIENTAIS

Apresentadas as proposições acima, não é estranho imaginar que entes governamentais devam utilizar sua influência regulatória e agir visando o objetivo de minimizar o dano causado à natureza, sem com isso constituir barreiras ao crescimento da renda, do produto e

do bem-estar. A questão é: como fazer isso? Segundo alguns dos teóricos referenciados neste trabalho, estão entre as sugestões mais citadas as ações fundamentadas na política ambiental, postas a cabo por instrumentos econômicos, tais como a criação de mercados específicos para recursos naturais e aplicação de política fiscal (tributos e subsídios) que salvguarde o meio ambiente. Esses instrumentos encontram amparo na valoração econômica de serviços ecossistêmicos.

Para Seroa da Motta (1997), os recursos ambientais devem ser valorados de acordo com sua contribuição para o bem-estar, uma vez que nossos sistemas técnicos e institucionais são ineficientes quanto à capacidade de resolução do seguinte problema econômico: a utilização de recursos naturais está associada geralmente a externalidades negativas.

Diante da presença destas externalidades ambientais, nós temos uma situação oportuna para a intervenção governamental. Essa intervenção pode incluir instrumentos distintos, como: a determinação dos direitos de propriedade, o uso de normas ou padrões, instrumentos econômicos, compensações monetárias por danos e outros. (SEROA DA MOTTA, 1997, p. 15)

Ainda segundo este autor, “O valor econômico dos recursos ambientais (VERA) pode ser decomposto em valor de uso (VU) e valor de não uso (VNU) e se expressa da seguinte forma: $VERA = (VUD + VUI + VO) + VE$.” (SEROA DA MOTTA, 2011, p. 180). Assim, o valor do recurso é constituído dos seguintes valores: valor de uso direto (VUD) e valor de uso indireto (VUI), além do valor de opção (VO), considerado para uso futuro, por exemplo, ou simplesmente, valor de existência (VE). Quanto mais à esquerda na equação estiver a variável, menos complexo será seu procedimento para valoração, em função de sua tangibilidade.

O autor elenca e analisa dois grandes métodos de valoração: função de produção e função de demanda. O primeiro, apoiado nos conceitos de produtividade marginal e bens substitutos, consiste em caracterizar como insumo produtivo o serviço ambiental. Utiliza-se aqui a ideia de preços-sombra. Esse conceito também é utilizado no segundo método: quanto as pessoas estariam dispostas a pagar pelo “consumo” de um bem ou serviço ambiental, tendo em vista os custos de viagem ou os preços de bens privados complementares aos naturais. O conceito de excedente do consumidor está presente na análise dessa natureza (SEROA DA MOTTA, 2011).

Os preceitos de Seroa da Motta (2011, p. 186) indicam que o estabelecimento de um preço de equilíbrio ao custo social gerado pelo uso de um bem ou serviço ambiental constitui uma forma de internalizar essa externalidade:

A teoria econômica propõe que, para corrigir essa falha de mercado ('tragédia dos comuns'), sejam esses direitos de uso definidos de tal forma que a troca deles via mercado estabeleça um preço de equilíbrio que represente o custo social desses recursos.

Essa possibilidade pode acontecer na forma de uma cobrança pelo uso do recurso natural ou com a criação de mercados. Ou seja, instrumentos econômicos que sinalizem preços que reflitam o custo de oportunidade social do recurso e que, portanto, internalizem o preço correto do recurso no sistema econômico.

A precificação, portanto, obedece aos critérios que tenham por norte minimizar o efeito das externalidades. Não hesitamos em reforçar que essas medidas, já tratadas anteriormente, podem ser implementadas através da criação de mercados ou através de cobrança por serviços ambientais.

Com relação à criação de novos mercados, se refere a uma alternativa em que o direito de poluir seria transacionado em mercado específico, como algo que conhecemos hoje pelos "créditos de carbono". Esta solução, porém, apresenta alguns fatores complicadores, como necessidade de apoio legal e institucional desenvolvido, distribuição inicial dos direitos aos proprietários, informação perfeita indisponível ao governo e o poder de mercado exercido por certos agentes econômicos, conforme argumenta Seroa da Motta (2011).

Refinando o conceito de aplicação de cobrança para bens e serviços ambientais, há um instrumento teórico clássico: a imposição do imposto pigouviano⁵, aplicado a usuários de um recurso do meio ambiente, uma vez em que estes apresentam, em geral, elasticidades-preço da demanda por estes recursos em patamares consideravelmente elevados. Podem ser adotados dois tipos de preço: o de indução e o de financiamento. No primeiro, seguindo o princípio do poluidor-pagador⁶, se tem como objetivo alcançar a redução do consumo do recurso a um nível ótimo, enquanto que no segundo, que segue o princípio do protetor-recebedor, inverso ao anterior, o objetivo é atingir um nível considerado ótimo de receita (SEROA DA MOTTA, 2011). A abordagem pigouviana, no entanto, tem sido alvo de críticas pelos teóricos, pois, segundo Harris (2013, p. 47), "[...] *the appropriate allocation of rights may be less clear cut*⁷." O autor faz essa afirmação em casos de externalidades menos evidentes e mais sutis, das quais as consequências podem não ser amplamente difundidas na sociedade, mas impactados a indivíduos específicos.

⁵ Homenagem a Arthur Pigou, um reconhecido economista inglês que publicou seu trabalho intitulado *Economics of Welfare* no ano de 1920.

⁶ Princípio segundo o qual, o agente econômico responsável pela geração de uma externalidade negativa deve também ser responsabilizado para arcar com os custos sociais por ele gerados, através do pagamento de uma taxa, genericamente chamada de pigouviana.

⁷ [...] a alocação apropriada de direitos pode ser menos clara. (tradução nossa).

Aplicando a perspectiva da cobrança ao universo particular dos recursos hídricos, recentes estudos corroboram a teoria econômica desenvolvida até aqui. Lanna (2011, p. 4), intervém e defende que

[...] a intervenção do poder público, por meio da imposição da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, se justifica porque o mecanismo de mercado, em presença de custos de transação, não é capaz de contabilizar os custos sociais que as decisões individuais de cada usuário impõem aos demais.

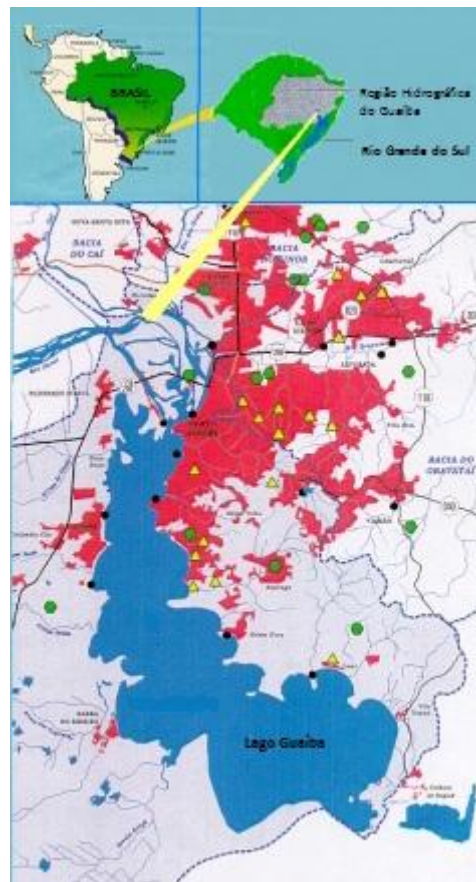
Conhecimentos econômicos de lógica de mercado devem ser empregados no intuito de se obter eficiência produtiva e desenvolvimento integrado com a utilização racional e saudável das disponibilidades hídricas, conforme assevera o autor.

Sob o contexto do crescimento das cidades e das sociedades modernas, o procedimento de cobrança vem evoluindo. Antigamente, havia somente dois preços cobrados ao consumidor: o preço pelo serviço de captação e pelo serviço de esgotamento sanitário. Com a percepção de que a escassez de água vem tomando o espaço da abundância, foram introduzidas as cobranças pela captação e consumo da água, e também, pelo despejo de esgotos em corpos d'água, com a finalidade de racionalizar o uso desse recurso natural e refrear a intensidade de poluição, em primeira instância, conforme ditam as modernas diretrizes para gestão de recursos hídricos (LANNA, 2011, p. 5). Este autor ainda acrescenta que “[...] a cobrança pelos usos da água é, dentre os instrumentos da política de recursos hídricos, o mais flexível e abrangente [...]”, razão pela qual vem sendo utilizada com recorrência, uma vez que impõe de preços mais adequados a custos sociais crescentes.

3 A CIDADE E O ARROIO

A cidade de Porto Alegre está localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul e é naturalmente rica em recursos hídricos, pois se situa às margens do Lago Guaíba, que empresta seu nome à Região Hidrográfica em que se encontra, e cujas águas deságuam na Laguna dos Patos e posteriormente, no Oceano Atlântico, no sentido geral norte-sul (FIG. 2).

FIGURA 2 – Localização de Porto Alegre e Região Hidrográfica do Guaíba



Fonte: Bendati et al. (2000).

Desde o início do povoamento de Porto Alegre há cerca de dois séculos e meio até os dias atuais, vem se intensificando os impactos ambientais gerados pela poluição que acompanha a ocupação urbana na cidade. A seguir será apresentada a relação do processo de urbanização da cidade com sua mais importante sub-bacia hidrográfica: a do arroio Dilúvio.

3.1 O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DE PORTO ALEGRE

Fundada oficialmente como Freguesia de São Francisco do Porto dos Casais em 26 de março de 1772, Porto Alegre iniciou seu processo de povoamento, na verdade, duas décadas antes, com a chegada de 60 casais portugueses açorianos ao então denominado Porto de Viamão. Um ano após sua fundação passou a ser a capital do atual estado do Rio Grande do Sul (PORTO ALEGRE, 2014d).

De acordo com Fujimoto (2001), por se localizar em ponto de transporte hídrico estratégico, Porto Alegre tornou-se importante para a exportação dos produtos locais, baseada na cultura do trigo, no seu primeiro meio século de existência, cedendo espaço à produção de charque a partir das décadas iniciais do século XIX.

Em 1810 Porto Alegre é elevada à condição de vila e em 1822, à de cidade. Por volta dessa época, em função da expansão colonizadora europeia,

[...] passou a receber imigrantes de todo o mundo, em particular alemães, italianos, espanhóis, africanos, poloneses, judeus e libaneses. Este mosaico de múltiplas expressões, variadas faces e origens étnicas, religiosas e linguísticas, faz de Porto Alegre, hoje com quase 1,5 milhão de habitantes, uma cidade cosmopolita e multicultural, uma demonstração bem sucedida de diversidade e pluralidade. (PORTO ALEGRE, 2014d, não paginado).

A partir da década de 60 do século XIX, o crescimento populacional da cidade, em virtude dos movimentos colonizadores, se acentua. Fujimoto (2001) afirma que é nesse momento que iniciam melhoramentos urbanos na cidade, como encanamentos de água, linhas de bonde e construção do mercado público. Poucos anos depois, impulsionado pela abolição da escravatura, o processo de industrialização (que se estende por aproximadamente um século) se acentua vertiginosamente no país, principalmente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Neste estado, o processo ocorreu com grande representatividade na sua capital, o que ajuda a explicar os saltos populacionais: de 52 mil habitantes em 1890 para 130 mil em 1910; 275 mil em 1940; e mais de 640 mil em 1960.

A delimitação da região metropolitana de Porto Alegre em 1968, segundo Ungaretti (2010), marca uma tendência nacional de incentivo à criação de regiões metropolitanas nos anos 60 e 70. Representando 3,63% do território gaúcho, a região metropolitana de Porto Alegre abrigava mais de 10 milhões de pessoas, cerca de 36% da população total do estado em 2010, percentual semelhante ao das outras regiões metropolitanas do país em relação a seus estados.

A intensificação do processo de urbanização em Porto Alegre e no seu entorno faz com que aumente a interação das pessoas com o meio ambiente, muitas vezes de forma exploratória, como é o caso do arroio Dilúvio. Morandi e Faria (2002, p. 7) dialogam nesse sentido:

O crescimento populacional desordenado que se verifica nos grandes centros urbanos leva à ocupação de áreas irregulares que, carentes de qualquer infraestrutura (sic), tornam-se pontos críticos e passam a exigir do poder público ações emergenciais para atender às necessidades básicas das camadas menos favorecidas da sociedade.

Entre os principais impactos da urbanização nos processos hidrológicos, apontamos o que se destaca em Fujimoto (2001): enchentes e alagamentos em decorrência de aterros, assoreamento e lixo, entre outros que influenciam o escoamento natural de um curso d'água urbano. A produção de sedimentos, a degradação da qualidade da água por esgotos pluviais e cloacais e a contaminação de aquíferos são outros exemplos de impactos dessa natureza citados pela autora.

3.2 O ARROIO DILÚVIO

O arroio Dilúvio, curso principal da sub-bacia homônima (FIG. 3), sempre fez parte da paisagem e da história de Porto Alegre. Possui 17.605 metros de extensão, dos quais 81% situam-se nessa cidade e o restante, em Viamão (PORTO ALEGRE, 2014a). Em conjunto com seus afluentes, este arroio é responsável pelo escoamento de águas de uma área que ocupa 83,74 km². A sub-bacia do arroio Dilúvio ocupa uma região de Porto Alegre onde residem 446 mil habitantes, o equivalente a um terço da população da cidade (MENEGAT; KIRCHHEIM, 2006).

FIGURA 3 – Sub-bacia hidrográfica do arroio Dilúvio



Fonte: Bochi (2013).

Legenda:

Limite Bacia Hidr. Arroio Dilúvio em P.Alegre
 Bacia Hidr. Arroio Dilúvio
 Cursos d'água

Os primeiros registros históricos desse importante corpo d'água porto-alegrense remontam à data de 1740 conforme informação de Morandi e Faria (2002, p. 8). Segundo as autoras, o arroio Dilúvio recebeu ainda outras denominações no decorrer de sua existência, como rio Jacaré, Riacho, Riachinho, arroio da Azenha e riacho Ipiranga. O nome “Dilúvio” foi concebido ao arroio em função de que “[...] apesar de não ser um arroio caudaloso, avolumava-se subitamente por ocasião das grandes chuvas, alagando as baixadas dos bairros Santana, Azenha e Cidade Baixa”.

O arroio nasce na zona leste da cidade, na Represa da Lomba do Sabão, atravessa uma parte de Viamão e diversos bairros de Porto Alegre, recebendo as águas de dezenas de afluentes, acabando por desaguar “[...] entre os parques Marinha do Brasil e Maurício Sirotsky Sobrinho (Harmonia). Antigamente, o riacho desaguava na Ponta da Cadeia, ao lado da Usina do Gasômetro [...]” (PORTO ALEGRE, 2014a, não paginado), passando pela Ponte de Pedra, construída por trabalho escravo em 1845, e que hoje serve de cartão-postal da capital, perto do atual Largo dos Açorianos (MENEGAT; KIRCHHEIM, 2006).

Só depois de muitos dilúvios e com o crescimento de Porto Alegre é que as águas do arroio foram domadas por meio da sua retificação e canalização. A obra que mudou o traçado do manancial, incluindo a construção das pistas da Avenida Ipiranga, iniciou em 1940 e demorou mais de 20 anos para ser concluída. Na sua execução, o Município contou com o auxílio do Governo Federal, por meio do extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS). (PORTO ALEGRE, 2014a, não paginado).

De toda sua extensão, segundo a Prefeitura Municipal de Porto Alegre, o arroio Dilúvio possui atualmente cerca de 12 km canalizados, 17 pontes e cinco travessias para pedestres. A partir da Rua Vicente da Fontoura, a cada 200 metros foram construídas séries de três degraus de um metro cada, para compensar a declividade acentuada do arroio nesse trecho (PORTO ALEGRE, 2014a). Em função da série de modificações a que foi submetida, a sub-bacia do arroio Dilúvio apresenta hoje características morfológicas sensivelmente distintas das originais.

Alguns afluentes desapareceram sob a cidade e seus canais passaram a integrar o sistema de esgotamento pluvial. As edificações produziram diferentes índices de impermeabilização da superfície, mudando o escoamento e a infiltração natural das águas das chuvas. Na porção mediana e na foz, por exemplo, cerca de 52% da área é impermeabilizada, enquanto que a montante, na região do Parque Saint-Hilaire, os índices ficam abaixo de 1%. O Arroio Dilúvio recebe anualmente cerca de 50.000 m³ de detritos, produtos da erosão natural e da provocada pelo desmatamento das encostas e dos morros, além de entulhos e lixo. (MENEGAT; KIRCHHEIM, 2006, p. 39)

De acordo com Morandi e Faria (2002, p. 9), as águas do arroio Dilúvio, que outrora serviram “[...] como fonte de abastecimento e irrigou plantações [...]”, atualmente recebem as águas servidas por parcela significativa da população que reside em sua área de drenagem, o que levou à instalação de grande parte das redes coletoras de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto da cidade nessa sub-bacia, para amenizar o quadro de poluição desse corpo receptor e melhorar a qualidade de vida de sua população. Ainda assim,

[...] muitas economias desta sub-bacia, por problemas técnicos e/ou culturais, não efetuaram as ligações do esgoto à rede cloacal, mantendo seus efluentes ligados à rede pluvial, que os conduz, junto com as águas de chuva, diretamente para o arroio Dilúvio. (MORANDI E FARIA, 2002, p. 9).

Segundo consta, a contribuição média do arroio Dilúvio no corpo do lago Guaíba obedece a uma vazão de cerca de 1m³/s, mas com a multiplicação da rede pluvial, os efeitos da chuva podem elevar este índice em até cem vezes (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS, 2012).

A taxa de urbanização da bacia chega hoje a 70%, inclusive em pontos próximos às nascentes, no município de Viamão, gerando contaminação já naqueles locais. Essa expansão ocorreu nas últimas décadas de forma desorganizada e, por vezes, irregular. Como redes de esgotos não podem ser instaladas em locais não regularizados, os habitantes desses locais fazem com que persistam ligações de esgotos cloacais em redes pluviais, que são despejados diretamente no corpo do arroio Dilúvio, juntamente com lixo e outros sedimentos (UFRGS, 2012).

O arroio Dilúvio constitui-se num dos principais córregos d'água de Porto Alegre/RS, devido à abrangência territorial de sua bacia [...]. Os impactos da ocupação urbana (verticalização) e a carência histórica de investimentos em obras de saneamento fazem do Arroio Dilúvio um dos córregos d'água mais poluído e, ao mesmo tempo, mais demandado em termos de responsabilização pública pela sua despoluição. (PORTO ALEGRE, 2009, p. 2).

Nas palavras de Rualdo Menegat (ECOS, 2014, p. 92 e 93),

O Lago Guaíba é o maior bem ecológico, ambiental e cultural da cidade de Porto Alegre e sua região metropolitana. É um paraíso ecológico, em cujas águas, margens e ilhas afluem rica fauna e flora. [...] A água do Guaíba abastece toda a cidade de Porto Alegre e não há outro manancial alternativo. Por tudo isso, ele deve ser cuidado como uma espécie de patrimônio maior, um verdadeiro santuário que todos os dias dá vida aos habitantes do entorno.

A partir dessa concepção, se torna evidente a preocupante situação descrita por Silveira (2014, p. 1): “[...] a bacia hidrográfica do Lago Guaíba, destino final do arroio Dilúvio, [...] tem 46% de suas águas altamente poluídas.” Em função disso, elas têm sua classificação de uso (conforme legislação específica que será tratada na próxima seção) destinada exclusivamente para navegação e harmonia paisagística (ANEXO A), enquadramento que conta com a contribuição substancial da poluição originária do arroio Dilúvio. Não obstante, as águas desse mesmo Lago Guaíba representavam, à época do estudo de Bendatti et al. (2000, não paginado), “[...] fonte de abastecimento para fornecimento de água potável para cerca de 97% da população de Porto Alegre.”

4 ARCABOUÇO LEGAL

A título de introdução reproduzimos o que se encontra em Neto, Freitas e Agra (2002, não paginado):

Desde a Constituição Federal de 1988 que definiu os recursos hídricos do país como um bem público e estabeleceu as competências dos Estados e da Federação, seguiu-se, tanto na esfera Federal quanto nas Unidades da Federação, a elaboração e a implementação de uma série (sic) de normas legais que disciplinam os usos e a gestão deste recurso, consolidando, assim, o arcabouço jurídico que cria a Política de Recursos Hídricos, passando a adotar-se uma visão sistêmica na gestão das águas.

4.1 CONSTITUIÇÃO FEDERAL

A “Carta Magna” no ordenamento jurídico nacional abarca em seu texto, por mais de uma vez, o tema dos recursos hídricos, assegurando direitos e atribuindo responsabilidades. Entre esses trechos, podemos citar:

§ 1º - É assegurada, nos termos da lei, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de **recursos hídricos** para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais [...] (BRASIL, 1988, art. 20, grifo nosso).

Em seu artigo 21, que trata das competências da União, destaca que esta tem por dever “XIX - instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso;” (BRASIL, 1988).

Este inciso acaba por ser atendido quase dez anos depois, com a instituição da Política Nacional de Recursos Hídrico e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o que ficou conhecido com a “Lei das Águas”, como será visto adiante.

O texto legal da Constituição Federal de 1988 (CF) também divide o ônus da responsabilidade da União com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios quando lhes impõe a competência comum de “XI - registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios;” (BRASIL, 1988, art. 23). A CF ainda traz questões relativas a recursos hídricos localizados em terras indígenas.

4.2 LEI DAS ÁGUAS

Inspirada na Lei estadual gaúcha 10.350, de 30 de dezembro de 1994, segundo Silveira (2014), a **Lei Federal 9.433**, de 08 de janeiro de 1997, mais conhecida como “Lei das Águas”, foi criada com o objetivo de regulamentar o inciso XIX do art. 21 da CF. Conforme Neto, Freitas e Agra (2002, não paginado), “A legislação fornece diretrizes básicas para a gestão dos recursos hídricos e estabelece instrumentos para o planejamento e para a gestão das águas”.

Desde que surgiu, a Lei das Águas passou a representar um dos mais significativos referenciais para a sociedade brasileira nesse assunto, como se percebe da análise de Oliveira (2006, p.8):

[...] a gestão dos recursos hídricos deverá proporcionar sempre o uso múltiplo das águas (Lei Federal nº 9433/1997, art. 1º, inciso IV). Neste cenário, conflitos entre usuários pelo direito de uso da água vêm se tornando uma situação corriqueira em muitos lugares, destacando-se o uso da água para atividades agrícolas, para o abastecimento humano, para a geração de energia e para a indústria.

Um ponto fundamental para este trabalho trazido pela Lei 9.433, de 1997, consta de sua seção IV (Da cobrança do uso de recursos hídricos), quando menciona um dos objetivos dessa cobrança no texto de seu art. 19: “I – reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma **indicação de seu real valor**.” (BRASIL, 1997, grifo nosso).

4.3 RESOLUÇÕES CONAMA

Dispondo sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), revoga a Resolução nº 20 do mesmo órgão, de 1986, e determina critérios utilizados contemporaneamente na discussão sobre recursos hídricos. “Pela Resolução, as águas doces, salobras e salinas foram divididas em 13 classes de acordo com seus usos preponderantes.” (OLIVEIRA, 2006, p. 25).

O CONAMA, através de sua Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000, em que trata dos critérios de balneabilidade em águas brasileiras define “águas doces” como sendo: “águas com salinidade igual ou inferior a 0,50%.” (BRASIL, 2012a, art. 2º, p. 374). Este conceito precisa estar bem definido, pois a Resolução nº 357 distingue os tipos de água em doce, salobra e salina, para estabelecer suas respectivas classificações.

A Seção II do Capítulo III (Das Condições e Padrões de Qualidade das Águas) da Resolução nº 357 se reserva à classificação das águas doces do território nacional em padrões

distintos, segundo os limites de cada substância por ela elencada, tendo sido estabelecidas cinco classes distintas. Devido aos interesses desse trabalho, apresentamos abaixo alguns desses limites e o conseqüente enquadramento de corpos d'água que os atendam (TAB. 1):

TABELA 1 – Alguns valores limite de parâmetros para cada classe de água doce

Classes de enquadramento	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT)	Oxigênio Dissolvido (OD) (1) (mgO ₂ /l)	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mgO ₂ /l)
Classe 1	500	40	6	3
Classe 2	500	100	5	5
Classe 3	500	100	4	10
Classe 4	2	..

Classes de enquadramento	Nitrogênio Amoniacal Total (2) (mg/l N)	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Fósforo Total (3) (mg/l P)	Coliformes Termotolerantes (col/100ml)
Classe 1	3,7	6,0 a 9,0	0,1	200
Classe 2	3,7	6,0 a 9,0	0,1	1000
Classe 3	13,3	6,0 a 9,0	0,15	4000 (4)
Classe 4	..	6,0 a 9,0

Fonte: elaborado pelo autor, com base Brasil (2012b).

Nota: A classe especial deve manter as condições naturais do corpo de água.

.. Não se aplica dado numérico (a legislação não define esses valores).

- (1) Único parâmetro da tabela em que os valores limite são mínimos e não máximos.
 (2) Para pH menor ou igual a 7,5.
 (3) Para ambientes lóticos (águas continentais moventes), como o arroio Dilúvio.
 (4) Considerando os usos menos restritivos da água.

Apresenta-se abaixo aquilo que é previsto na Seção I (Das Águas Doces) do Capítulo II (Das Classificações dos Corpos de Água) da Resolução 357/2005, conforme consta em Brasil (2012b, p. 376 e 377):

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe I: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;

- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura (sic) e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

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

Classe 4: são as águas destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística.

5 POLUIÇÃO HÍDRICA

O curso de um rio, a área de um lago ou qualquer fonte de recurso hídrico pode ser poluída de diversos modos. Para que possamos solucionar um problema, é imprescindível sua precisa identificação. Dessa maneira, precisamos proceder à caracterização das fontes de poluição hídrica. Para tanto, habitualmente se estabelece dois grandes divisores para a origem da mesma: poluição do tipo pontual e poluição do tipo difusa.

5.1 POLUIÇÃO PONTUAL

Associada diretamente às atividades humanas, a poluição pontual, segundo Oliveira (2006), pode ser facilmente identificada, uma vez que é gerada do lançamento direto de cargas no meio ambiente. Pereira (2004) cita como principais exemplos de fontes deste tipo de poluição as indústrias e as estações de tratamento de esgotos. Os lançamentos diretos são mais alvo mais fácil de controle e estimação de valores médios, dado que ocorrem de forma individualizada. Dessa maneira, se permite fazer certas inferências, como a quantidade de determinado tipo de poluição gerada por uma família, uma população, uma empresa em um determinado período de tempo.

Uma estimativa da contribuição diária de uma pessoa para a poluição por esgoto pode ser evidenciada pela FIG. 4:

FIGURA 4 - Contribuição média de poluição pontual por uma pessoa

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.dia)		Concentração (mg/l)	
	faixa	típico	faixa	típico
DBO _{5,20}	40 - 60	54	200 - 500	350
Sólidos totais	120 - 220	180	700 - 1350	1100
Nitrogênio total	6,0 - 12,0	8,0	35 - 70	50
Fósforo total	1,0 - 4,5	2,5	5 - 25	14
Coliformes fecais	10 ⁸ - 10 ¹¹ (org/hab.dia)		10 ⁵ - 10 ⁸ (org/100ml)	
Óleos e graxas	10 - 30	20	55 - 170	110

Fonte: Von Sperling⁸ (1996 apud OLIVEIRA, 2006, p. 22).

⁸ VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/ Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 240p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.1).

5.2 POLUIÇÃO DIFUSA

A poluição difusa é aquela que ocorre sem que se possa estabelecer um padrão de continuidade para a natureza de poluição em estudo. Nas palavras de Mierzwa⁹ (2001 apud PEREIRA, 2004, p. 20),

[...] poluição difusa se dá quando os poluentes atingem os corpos d'água de modo aleatório, não havendo possibilidade de estabelecer qualquer padrão de lançamento, seja em termos de quantidade, frequência (sic) ou composição. Por esse motivo o seu controle é bastante difícil em comparação com a poluição pontual.

Pereira (2004, p. 20) retrata na forma de exemplos “[...] lançamentos de drenagens urbanas, escoamento de água de chuva sobre campos agrícolas e acidentes com produtos químicos ou combustíveis.”

Outro fator importante associado às fontes difusas de poluição, identificado por Oliveira (2006), é a associação dessas à precipitação. A própria poluição atmosférica encarrega-se de iniciar o processo de poluição da água das chuvas, que conduz para o interior dos corpos d'água poluentes os mais diversos, desde restos animais e vegetais até poluentes tóxicos industriais. Ainda no estudo desse autor, verifica-se que o tipo de ocupação do solo e a densidade populacional, ampliados com o processo de urbanização, afetam o nível de qualidade das águas, o que pode ser averiguado através de indicadores como a concentração média de poluentes nas águas pluviais. Uma das consequências desse tipo de poluição é o assoreamento, que implica na diminuição da capacidade de escoamento de cursos d'água.

5.3 O ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Frequentemente, as instituições especializadas, representantes ou não do Estado, se deparam com a necessidade de comunicação com o público em geral. Como em muitas dessas vezes os assuntos a serem expostos são revestidos de elaborada tecnicidade, se torna imperiosa a criação de índices, que nada mais são do que códigos que acessibilizam uma informação complexa a um leigo. Produto Interno Bruto (PIB) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) são exemplos de índices referenciados por Oliveira (2006). Este mesmo autor também apresenta índices diversos utilizados para referenciar a qualidade das águas

⁹ MIERZWA, F. A poluição das águas. 2001. Disponível em: < <http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/material/Mierzwa/Aula4-OMeioAquaticoII.pdf>>. Acesso em: 10/05/2003.

internacionalmente, dentre os quais citamos: “Índice de Horton (1965), Índice NSF-WQI (1970), Índice de Prati (1971), Índice de Harkins (1974);” (OLIVEIRA, 2006, p. 20).

No contexto nacional destaca-se o Índice de Qualidade das Águas (IQA), preconizado pela norte-americana *National Sanitation Foundation* (NSF) e posteriormente adaptado

[...] através de pesquisa de opinião com especialistas, tendo como objetivo principal a utilização das águas para abastecimento público. Foram selecionados nove parâmetros indicadores de qualidade da água para compor o índice e para cada um foi associada uma função de valor, cuja pontuação varia entre zero e cem. (OLIVEIRA, 2006, p. 20).

Ressalta-se, conforme consta no domínio *online* da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), do Rio Grande do Sul, que “Esta metodologia de avaliação não tem força de lei, mas permite uma rápida e didática visualização do comportamento da qualidade das águas.” (RIO GRANDE DO SUL, [2014?], não paginado). Para efeitos legais, o instrumento pertinente nesse sentido é a Resolução nº 357/05 do CONAMA. No estado do Rio Grande do Sul, o estabelecimento do IQA para a região hidrográfica do Guaíba, realizado por aquele órgão, foi feito

[...] com a retirada do parâmetro temperatura, e utilizando o nitrogênio amoniacal em lugar do nitrato. No seu cálculo são considerados os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, DBO, pH, nitrogênio amoniacal, fosfato total, turbidez, sólidos totais. A adaptação do IQA foi feita por técnicos da Fepam, [Companhia Riograndense de Saneamento Básico] Corsan e [Departamento Municipal de Águas e Esgotos] Dmae, quando da criação da Rede Integrada do Rio dos Sinos, em 1990. (RIO GRANDE DO SUL, [2014?], não paginado).

De acordo com o principal órgão regulador em âmbito nacional, a Agência Nacional das Águas (ANA), o IQA é composto dos seguintes indicadores: OD, coliformes termotolerantes, DBO, pH, nitrogênio total, temperatura da água, fósforo total, turbidez e resíduo total (BRASIL, 2014).

Brasil (2014, não paginado) informa que “O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento.” Além disso, atribui ao lançamento de esgotos domésticos a causa pela contaminação denunciada pelos parâmetros desse índice. A ANA menciona que a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo¹⁰ (CETESB) foi pioneira a aplicar o IQA na esfera nacional, conduta iniciada em 1975. Atualmente, diversos estados brasileiros utilizam esse padrão, sendo que

¹⁰ Na sua fundação em 1968, a CETESB chamava-se de Centro Tecnológico de Saneamento Básico, denominação que posteriormente foi alterada por legislação estadual para a conhecida atualmente.

predominam duas principais segmentações por faixas de qualidade entre eles, conforme se observa no QUADRO 1:

QUADRO 1 - Faixas do IQA por estados

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	80-100	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Razoável
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima

Fonte: Brasil (2014, não paginado).

Mesmo sendo este o principal indicador em termos de qualidade das águas no Brasil, ele

[...] apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água. (BRASIL, 2014, não paginado).

O cálculo do índice consiste na conversão da avaliação ponderada (TAB. 2) dos parâmetros analisados em uma escala de 0 (zero) a 100 (cem), obedecendo aos valores obtidos do gráficos que podem ser observados no ANEXO B. Então, se aplica a fórmula constante na FIG. 5:

FIGURA 5 - Cálculo do IQA

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Fonte: Brasil (2014, não paginado).

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1[...] (BRASIL, 2014, não paginado).

TABELA 2 - Parâmetros de qualidade da água do IQA e respectivo peso

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w_i)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Temperatura da Água	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo Total	0,08

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Brasil (2014, não paginado).

Outra forma de ponderação dos pesos relativos de cada parâmetro de qualidade da água para cálculo do IQA vem sendo utilizada com recorrência nesse campo de pesquisa científica por algumas instituições e seus integrantes, como é, por exemplo, o caso do DMAE, da cidade de Porto Alegre. Segue abaixo TAB. 3 apresentando essa correspondência:

TABELA 3 - Ponderação alternativa para os componentes do IQA

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w_i)
Oxigênio Dissolvido	0,19
Coliformes Fecais	0,17
Potencial Hidrogeniônico	0,13
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,11
Fosfato Total	0,11
Nitrato	0,11
Turbidez	0,09
Sólidos Totais	0,09

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Comitesinos¹¹ (1993 apud Bendati, 2000).

5.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Existem diversos parâmetros disponíveis para avaliação da qualidade da água, sejam eles provenientes de legislações acerca do tema, emitidas por órgãos competentes, como o CONAMA ou, a nível estadual como no caso do estado do Rio Grande do Sul, a FEPAM, sejam eles desenvolvidos fora do regime legal ambiental. Independentemente disso, constituem importantes padrões para a avaliação da qualidade hídrica.

Dentre os padrões destacados por Pereira (2004), apontamos os parâmetros químico, físico e biológico como os principais e costumeiramente destacados. Dentro do primeiro grupo, classificam-se a temperatura, a cor, o sabor e o odor. Alguns dos parâmetros químicos disponíveis são: potencial hidrogeniônico, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, compostos nitrogenados, óleos e outros elementos químicos, compostos ou não. Exemplos de parâmetros biológicos são os coliformes, não somente os fecais, muito embora estes tenham maior significância em relação aos outros no que diz respeito à avaliação qualitativa da água. “[...] Coliformes fecais são bons indicadores de qualidade das águas em termos de poluição por efluentes domésticos.” (BAUMGARTEN; POZZA¹², 2001 apud PEREIRA, 2004, p. 32).

¹¹ COMITESINOS. **Aplicação de um Índice de Qualidade da Água no Rio dos Sinos**. Porto Alegre; DMAE, 1993. 59p.

¹² BAUMGARTEN, M. G. Z.; POZZA, S. A. **Qualidade de Águas. Descrição de Parâmetros Químicos referidos na Legislação Ambiental**. Rio Grande: Editora da FURG, 2001. 166p.

Em geral, as características de cada tipo de poluição são analisadas conforme fatores específicos seguindo a seguinte lógica:

- a) Químicos: substâncias orgânicas e inorgânicas;
- b) Físicos: sólidos, gases e temperatura;
- c) Biológicos: vida vegetal, animal e organismos unicelulares.

Sendo assim, segundo disponibilidade de dados e os interesses da pesquisa, buscou-se analisar prioritariamente os parâmetros componentes do IQA.

5.4.1 Demanda bioquímica de oxigênio

Este índice retrata a quantidade demandada de oxigênio por microrganismos aeróbicos, como bactérias, para que possam oxidar a matéria orgânica biodegradável presente na água. Altos valores associados à DBO implicam em baixos níveis de qualidade da água, uma vez que a carga orgânica presente nela está elevada. Em uma situação extrema, “[...] a falta total de oxigênio pelo lançamento de despejos orgânicos pode resultar na morte de todos os organismos aquáticos aeróbicos, em uma determinada área afetada.” (PORTO; OLIVEIRA, 1995, p. 8).

Quando a carga orgânica presente na água é baixa, por outro lado, segundo Pereira (2004), esses mesmos microrganismos demandarão pouco oxigênio no processo durante o qual a decompõem para transformá-la em energia.

Outra definição para DBO pode ser assim colocada:

É a quantidade de oxigênio necessária para depurar a matéria orgânica biodegradável lançada na água. Portanto, indica a presença de matéria orgânica, que pode ter origem nos esgotos cloacais ou nos efluentes industriais. Quanto maior a concentração de DBO na água haverá uma tendência de redução na concentração do oxigênio que está dissolvido na água. (RIO GRANDE DO SUL, [2014?], não paginado).

Brasil (2014, não paginado) é mais específico nesse parâmetro, quando o conceitua. A demanda bioquímica de oxigênio durante cinco dias a uma temperatura de 20°C (DBO_{5,20}) indica corretamente seu significado químico. Mas concorda com os demais autores, quando afirma que

Valores altos de DBO_{5,20}, num corpo d'água são provocados geralmente causados (sic) pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. A ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição dos valores de

oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos.

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) se difere da DBO por constituir a necessidade de oxigênio para oxidação química total da matéria orgânica e inorgânica presente nas águas. O uso deste parâmetro tem relevante importância em casos em que há despejo de substâncias tóxicas no ambiente analisado. Assim, “[...] pode-se avaliar o conteúdo orgânico total da água, seja biodegradável ou não.” (PORTO; OLIVEIRA, 1995, p. 8). Pode-se dizer, então, que a DQO é um indicador mais abrangente que a DBO.

5.4.2 Oxigênio dissolvido

Como consta em Rio Grande do Sul ([2014?], não paginado),

O oxigênio dissolvido na água é fundamental para manutenção da vida aquática. Quanto menor a concentração de oxigênio dissolvido, maior é a possibilidade de ocorrência de mortandade de peixes e outros seres vivos do meio aquático. Concentrações abaixo de 2,0 mg/l de oxigênio podem ocasionar mortandades de peixes. Altas concentrações de oxigênio dissolvido, além de benéficas para a vida aquática favorecem a depuração da matéria orgânica lançada nos corpos hídricos [...].

O nível encontrado de OD em determinado ambiente aquático é determinante para o controle de sua poluição, em virtude de que aponta diretamente os principais aspectos afetados pela poluição em um corpo d'água. O oxigênio é vital para organismos aeróbicos, mostrando-se, por isso, um de nossos expoentes entre os mecanismos avaliativos da qualidade da água.

Nas palavras de Pereira (2004, p. 26), “[...] as bactérias decompositoras fazem uso do oxigênio em seus processos respiratórios, podendo diminuir sua presença no meio.” Diante dessa afirmativa, podemos inferir que este parâmetro está intrinsecamente relacionado à demanda bioquímica de oxigênio, de maneira inversa: quanto maior um, menor o outro, como uma gangorra. Seguindo com as contribuições desse autor, sabe-se que há três fontes de oxigênio na água, sendo: ela mesma, em sua composição química, a atmosfera, por aeração e a fotossíntese de vegetais aquáticos. Na situação extrema, em que é mínima a presença de oxigênio dissolvido (e alta a DBO), temos como consequências o aumento da toxicidade de elementos químicos e a morte de diversos seres aquáticos.

5.4.3 Coliformes termotolerantes

Este é um parâmetro microbiológico, pois são bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais. Também chamados de coliformes fecais (BRASIL, 2012a), os coliformes termotolerantes, segundo Pereira (2004, p. 32), “[...] são consideradas indicadores primários da contaminação fecal das águas.” Ele ainda complementa:

Coliformes fecais compreendem apenas uma porção do grupo coliformes totais e têm maior significância na avaliação da qualidade sanitária do ambiente sendo preferenciais às análises apenas de coliformes totais, menos específicas.

Tratando especificamente de coliformes fecais, Rio Grande do Sul ([2014?], não paginado) traz seu texto destacando o seguinte:

Indicam a presença de esgotos cloacais nas áreas urbanas. Altas concentrações de coliformes fecais são acompanhadas de concentrações mais elevadas da matéria orgânica (DBO). A presença de esgotos cloacais aumenta possibilidade de contrair doenças de veiculação hídrica. Em áreas rurais pode indicar a contaminação oriunda de atividades de pecuária.

Sem dúvida, o despejo *in natura*¹³ de esgotos domésticos é a principal fonte de contribuição para o incremento da concentração de coliformes fecais em um corpo hídrico.

Constatações interessantes extraídas de Porto e Oliveira (1995, p. 9 e 10) dizem respeito à possibilidade de associar a localização de regiões que são fonte de poluição fecal através de variações bruscas na concentração deste parâmetro na área sob análise. Além disso, como coliformes nem se reproduzem nem sobrevivem por muito tempo, ele permite um “[...] testemunho de despejos, indicando a origem e há quanto tempo se deu a descarga poluidora.” A análise dessa natureza também se reveste de importância por aludir à possibilidade de ocorrência de doenças.

5.4.4 Potencial hidrogeniônico

Consenso entre especialistas, este parâmetro químico é revestido de alta complexidade, pois sua variação pode ocorrer por desencadeamentos os mais variados, tanto por ação antrópica como por forças naturais. Ele mede a atividade do íon de hidrogênio numa

¹³ Expressão em latim, cujo significado é “no estado natural”, empregada no texto para se referir aos esgotos que não submetidos a nenhum tipo de tratamento.

amostra de água. Um pH baixo indica acidez na solução em estudo, ao passo que níveis elevados de pH conferem um caráter básico - ou alcalino - à solução.

Segundo consta em Pereira (2004, p. 25 e 26), “A acidez no meio aquático (pH baixo) é causada principalmente pela presença de [Gás Carbônico] CO₂, ácidos minerais e sais hidrolizados. Quando um ácido reage com a água, o íon hidrogênio é liberado [...]”, deixando o meio mais ácido. Outros fatores ainda podem influenciar este parâmetro, dentre eles: absorção de gases da atmosfera, dissolução de rochas, oxidação de matéria orgânica e fotossíntese, esta última tornando a água mais alcalina em caso de expansão da vida vegetal no meio, devido ao maior consumo de gás carbônico.

Em águas naturais, o íon hidrogênio atua como um fator de controle da dissociação de várias substâncias. Uma vez que compostos não dissociados são frequentemente mais tóxicos que do que formas iônicas, o pH é um fator altamente significativo para determinadas situações limite.

É nesse contexto que Porto e Oliveira (1995, p. 7) dialogam a respeito da relevância da medição desse parâmetro, também afirmando que níveis extremos de pH podem ser letais a comunidades, ou mesmo interferir no seu metabolismo.

5.4.5 Temperatura da água

Este parâmetro é importante no sentido de que influencia a dinâmica da vida aquática e os processos de purificação da corrente líquida. Apresenta também com os teores de gases dissolvidos no meio aquático, razão pela qual é um fator ecológico. O Gás Oxigênio (O₂) tem sua solubilidade diminuída à medida que aumentam as temperaturas. A demanda de oxigênio de seres vivos aquáticos, em contrapartida, aumenta nesse contexto (PORTO; OLIVEIRA, 1995).

A temperatura influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução.

Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água. (BRASIL, 2014, não paginado).

Outro apontamento merecedor de destaque é a influência da temperatura em “[...] vários processos que ocorrem nos corpos d'água (cinética das reações químicas, atividade microbiológica e características físicas do meio).” (PEREIRA, 2004, p. 32).

5.4.6 Nitrogênio total

“Nos corpos d’água, estão presentes tanto o nitrogênio elementar quanto os compostos nitrogenados orgânicos e inorgânicos.” (PORTO; OLIVEIRA, 1995, p. 9)

Em processos biológicos, os compostos nitrogenados podem estimular o crescimento excessivo de algas, num processo que se chama de eutrofização, “[...] o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática.” (BRASIL, 2014, não paginado). O autor acrescenta ainda que podemos encontrar nitrogênio na natureza sob os seguintes compostos: “[...] orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causa uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças.”

Entre as fontes de nitrogênio para os corpos d’água podemos citar como principais: o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais, o escoamento da água carregada de fertilizantes e a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas (BRASIL, 2014, não paginado).

5.4.7 Fósforo total

Fosfatos são compostos químicos que contém fósforo, e do mesmo modo como os compostos nitrogenados, uma vez que são nutrientes, podem ser uma das causas da eutrofização se presentes em grandes quantidades em corpos d’água.

Conforme Oliveira (2006, p. 21), a presença de fósforo geralmente se dá sob a forma “[...] de ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico, este último menos importante nos esgotos domésticos.”

“Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes superfosfatados e da própria matéria fecal. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d’água. Entre os efluentes industriais destacam-se os das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros.” (BRASIL, 2014, não paginado).

5.4.8 Turbidez

A turbidez interfere diretamente na intensidade de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Este efeito está intrinsecamente relacionado à concentração de sólidos e

resíduos presentes no corpo d'água, pois estes absorvem e espalham a luz. Como exemplos de sólidos, temos: silte, areia, argila, algas e detritos (BRASIL, 2014, não paginado).

Ainda segundo informações obtidas junto ao domínio da ANA na *internet*,

A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água.

Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas.

O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (ex: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, **aumentando os custos de tratamento**. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação. (BRASIL, 2014, não paginado, grifo nosso).

5.4.9 Resíduo total

A referência a este parâmetro, encontrada em Baumgarten e Pozza¹⁴ (2001 apud PEREIRA, 2004) indica que os resíduos são materiais sólidos suspensos e elementos dissolvidos na água, de tal forma que podem afetar as características físico-químicas da água, além de exercerem a função de sinalizadores para a qualidade dos efluentes de determinados locais.

Como antecipado na subseção anterior, os resíduos tem impacto direto na turbidez das águas, e também, na profundidade do leito das mesmas.

Segundo conceito verificado em Brasil (2014, não paginado), “O resíduo total é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura.” O depósito de resíduos sólidos, de acordo com esta mesma fonte consultada, é provável causador de assoreamento, ocasionando problemas para a navegação e potencializando o risco de enchentes, uma possibilidade mais verossímil, em casos concretos de arroios como o Dilúvio.

Além disso, podem causar danos à vida aquática, pois ao se depositarem no leito eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes. (BRASIL, 2014, não paginado).

¹⁴ BAUMGARTEN, M. G. Z.; POZZA, S. A. Qualidade de Águas. Descrição de Parâmetros Químicos referidos na Legislação Ambiental. Rio Grande: Editora da FURG, 2001. 166p.

5.5 RESULTADOS OBTIDOS PARA O ARROIO DILÚVIO

Com o objetivo de fornecer subsídios para a pesquisa, foram reunidas informações acerca da qualidade da água do Arroio Dilúvio em diversos pontos (ANEXO C), em termos dos parâmetros discorridos acima e seus níveis apresentados. Para se obter um panorama evolutivo, foram consultadas obras a respeito do tema produzidas em diversos períodos nas últimas duas décadas e solicitadas informações ao DMAE¹⁵, sendo que os dados mais relevantes encontrados são elencados nas subseções abaixo.

Procurou-se evidenciar para cada estudo o método utilizado para obtenção dos dados, o local preciso da coleta, bem como o período de sua realização.

5.5.1 Dados de 1995

Como grande parâmetro inicial de comparação, apresenta-se a seguir dados obtidos há cerca de duas décadas por trabalho de pesquisa realizado por estudantes do curso de pós-graduação em Ecologia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e publicado por esta instituição em 1995, que permitirão o confronto com outros estudos desenvolvidos mais recentemente.

Conforme especificado em Porto e Oliveira (1995), os sete pontos de controle da cidade de Porto Alegre por que passa o curso das águas do arroio foram escolhidos por uma questão estratégica, pois se situam em locais de referência, nos cruzamentos do canal d'água com grandes vias da cidade, seguindo as seguintes motivações:

- a) Morro Santana: Ponto controle de qualidade, pois se situa na nascente do arroio;
- b) Parque Saint'Hilaire: Ponto indicador de qualidade a montante da Represa Lomba do Sabão;
- c) Faculdade de Agronomia da UFRGS: Ponto significativo de início do recebimento de contribuições de poluição doméstica, 10,5 Km a montante da foz;
- d) Avenida Antônio de Carvalho: Ponto que delimita o início do trecho canalizado do arroio, a montante da área da cidade de maior urbanização e a 9,5 Km da foz;
- e) Rua Vicente da Fontoura: Ponto que recebe grandes quantidades de esgoto doméstico, 3,7 Km a montante da foz;

¹⁵ Dados do monitoramento do Arroio Dilúvio, do Departamento Municipal de Águas e Esgotos, de Porto Alegre, recebidos por e-mail de Allan Guedes Pozzebon, em 15/10/2014.

f) Avenida Érico Veríssimo: Ponto próximo a foz que também recebe altas cargas de esgoto;

g) Avenida Edvaldo Pereira Paiva: Ponto mais próximo à foz (poucas dezenas de metros), de maior volume de água, a qual corre em leito não canalizado.

Como consta em Porto e Oliveira (1995), a coleta de amostras desse estudo ocorreu na época de vazante do ano de 1995 e foi realizada de acordo com o que preconiza o Guia Técnico de Coletas de Amostra de Água da CETESB de 1984 e as análises seguiram metodologia indicada pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de 1989, como segue discriminado no QUADRO 2, abaixo:

QUADRO 2- Métodos utilizados em cada parâmetro para obtenção dos dados (1995)

Parâmetro analisado	Método adotado
Temperatura	Termômetro de campo
Potencial Hidrogeniônico (pH)	Determinação potenciométrica da atividade dos íons de hidrogênio
Oxigênio Dissolvido (OD)	<i>Winkler</i> modificado pela azida sódica
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	<i>Winkler</i> modificado pela azida sódica, diluição e incubação
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Titulação com sulfato ferroso amoniacal
Nitrogênio Amoniacal	Titulométrico com destilação prévia
Ortofosfato	Colorimétrico do ácido ascórbico
Coliformes Fecais	Membrana filtrante, com meio de cultura m-Endo Agar e incubação

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Porto e Oliveira (1995).

Apontamos os dados na TAB. 4:

TABELA 4 – Parâmetros de qualidade da água do arroio Dilúvio obtidos em 1995

(continua)

Pontos de monitoramento	Parâmetros de qualidade da água analisados			
	Temperatura (°C)	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Oxigênio Dissolvido - OD (mgO ₂ /l)	Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20} (mgO ₂ /l)
a) Morro Santana	15,9	6,98	7,7	0
b) Parque Saint'Hilaire	15,7	6,68	7,0	1
c) Faculdade de Agronomia da UFRGS	16,3	6,60	5,0	9
d) Avenida Antônio de Carvalho	18	6,59	5,2	14

TABELA 4 – Parâmetros de qualidade da água do arroio Dilúvio obtidos em 1995
(conclusão)

Pontos de monitoramento	Parâmetros de qualidade da água analisados			
	Temperatura (°C)	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Oxigênio Dissolvido - OD (mgO ₂ /l)	Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20} (mgO ₂ /l)
e) Rua Vicente da Fontoura	22,4	6,97	3,0	36
f) Avenida Érico Veríssimo	23,2	6,93	1,1	36
g) Avenida Érico Veríssimo	22,5	6,74	0,7	29

Pontos de monitoramento	Parâmetros de qualidade da água analisados			
	Demanda Química de Oxigênio - DQO (mgO ₂ /l)	Nitrogênio Amoniacal - NH ₃ (mgNH ₃ /l)	Ortofosfato (mgP/l)	Coliformes Fecais (col/100ml)
a) Morro Santana	0	0,85	0	78
b) Parque Saint'Hilaire	1	16,2	0,326	800
c) Faculdade de Agronomia da UFRGS	10	4,9	0,274	1.555
d) Avenida Antônio de Carvalho	22	6,3	0,286	38.000
e) Rua Vicente da Fontoura	50	18,1	0,888	55.000
f) Avenida Érico Veríssimo	74	16	0,888	311.000
g) Avenida Érico Veríssimo	44	13,9	1,4	200.000

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Porto e Oliveira (1995, p. 35).

5.5.2 Dados registrados de 1996 a 1999

À época do estudo realizado por Morandi e Faria (2002), ainda estava em vigor no Brasil a Resolução nº 20, de 1986, do CONAMA, uma vez que a Resolução nº 357 só viria a ser publicada cerca de três anos depois. Os parâmetros da qualidade da água obtidos, então, foram utilizados para enquadramento conforme o padrão vigente, o que não configura obstáculo para a consecução deste trabalho, uma vez que necessitamos dos dados brutos medidos, e não do enquadramento final do curso d'água em classes.

As estações de amostragem seguem a seguinte distribuição:

- a) D1: Faculdade de Agronomia da UFRGS;

- b) D6a: Rua Professor Cristiano Fischer, ponto anterior ao início do cascadeamento, 7 Km a montante da foz;
- c) D9b: Rua Santa Cecília, a jusante do lançamento do canal São Vicente e 3,5 Km a montante da foz;
- d) D9a: Rua São Manoel, a jusante da Rua Silva Só;
- e) D11a: Avenida da Azenha, 2 Km a montante da foz;
- f) D12: Avenida Getúlio Vargas, 1,25 Km a montante da foz;
- g) D14: Estação de Bombeamento de Esgoto (EBE) Baronesa do Gravataí, 500 m a montante da foz;
- h) 39: Avenida Borges de Medeiros, 375 m a montante da foz;
- Segundo Morandi e Faria (2002, p. 10), os métodos utilizados (FIG. 6)

[...] seguiram as orientações técnicas do Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água (CETESB, 1988), sendo também observadas as indicações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [...].

A metodologia analítica empregada no exame das amostras de água seguiu as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995), à exceção do nitrato, que foi analisado pelo método do ácido fenoldissulfônico [...].

FIGURA 6 - Métodos utilizados em cada parâmetro para obtenção dos dados (1996 a 1999)

Característica	Método Analítico
Cor	Platina-cobalto (padrões permanentes)
Sólidos totais, suspensos e dissolvidos	Gravimétrico
Demanda bioquímica de oxigênio	Titulométrico de Winkler com modificação da azida, diluição e incubação por 5 dias a 20°C
Demanda química de oxigênio	Refluxo aberto com dicromato de potássio
Oxigênio dissolvido	Titulométrico de Winkler com modificação da azida
Nitrogênio amoniacal e orgânico	Colorimétrico de Nessler ou titulométrico com ácido sulfúrico
Nitrito	Colorimétrico da sulfanilamida e N-(1-Naftil) etilenodiamina
Nitrato	Colorimétrico do ácido fenoldissulfônico
Nitrogênio total	Colorimétrico de Nessler ou titulométrico com ácido sulfúrico
Fosfato total	Colorimétrico do ácido ascórbico
pH	Eletrométrico
Sulfeto	Colorimétrico do azul de metileno
Coliformes totais e fecais	Tubos múltiplos

Fonte: Morandi e Faria (2002, p. 10).

A respeito do período durante o qual foi realizado o monitoramento da qualidade da água do arroio Dilúvio nos pontos supracitados, destacamos a informação das autoras (MORANDI; FARIA, 2002, p. 10) de que o “[...] programa de monitoramento das águas do

arroio Dilúvio, realizado com frequência (sic) trimestral, teve início em janeiro de 1996 e estendeu-se até o final de 1999.”

Na TAB. 5, estão apresentados os valores obtidos em cada parâmetro de qualidade da água observado, conforme disponibilização das informações do ANEXO D.

TABELA 5 - Parâmetros de qualidade da água do arroio Dilúvio obtidos entre 1996 e 1999

(continua)

Pontos de monitoramento	Parâmetros de qualidade da água analisados			
	Sólidos Dissolvidos (mg/l)	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Oxigênio Dissolvido - OD (mgO ₂ /l)	Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20} (mgO ₂ /l)
a) D1: Faculdade de Agronomia da UFRGS	171	7,5	5,1	7,6
b) D6a: Rua Professor Cristiano Fischer	174	7,7	6	17,7
c) D9b: Rua Santa Cecília	188	7,7	4,7	29,2
d) D9a: Rua São Manoel	183	7,7	4,5	27,8
e) D11a: Avenida da Azenha	180	7,6	3,4	21,5
f) D12: Avenida Getúlio Vargas	186	7,6	3,3	31,8
g) D14: EBE Baronesa do Gravataí	180	7,6	3,3	31,3
h) 39: Avenida Borges de Medeiros	188	7,5	3	34,3

Pontos de monitoramento	Parâmetros de qualidade da água analisados			
	Demanda Química de Oxigênio - DQO (mgO ₂ /l)	Nitrogênio Amoniacal (mgN/l)	Fosfato Total (mgPO ₄ /l)	Coliformes Fecais (NMP/100ml)
a) D1: Faculdade de Agronomia da UFRGS	33,7	6,49	1,60	72.458
b) D6a: Rua Professor Cristiano Fischer	73,6	10,09	3,59	525.525
c) D9b: Rua Santa Cecília	98,5	10,3	6,20	1.116.831
d) D9a: Rua São Manoel	94	10,18	5,65	1.179.277
e) D11a: Avenida da Azenha	70,2	9,72	4,36	1.071.503

TABELA 5 - Parâmetros de qualidade da água do arroio Dilúvio obtidos entre 1996 e 1999

(conclusão)

Pontos de monitoramento	Parâmetros de qualidade da água analisados			
	Demanda Química de Oxigênio - DQO (mgO ₂ /l)	Nitrogênio Amoniacal (mgN/l)	Fosfato Total (mgPO ₄ /l)	Coliformes Fecais (NMP/100ml)
f) D12: Avenida Getúlio Vargas	77,6	10,62	5,27	911.625
g) D14: EBE Baronesa do Gravataí	87,2	10,75	3,96	595.485
h) 39: Avenida Borges de Medeiros	93,2	10,94	4,56	888.119

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Morandi e Faria (2002).

Nota: Valores indicados referem-se às médias calculadas para o período.

5.5.3 Dados registrados de 1998 a 2000

No estudo realizado por Bendati et al. (2000), em que vislumbrou-se a avaliação qualidade da água do Lago Guaíba, nota-se que um dos pontos do monitoramento realizado entre maio de 1998 e fevereiro de 2000, trimestralmente, é de relevância para a pesquisa deste trabalho.

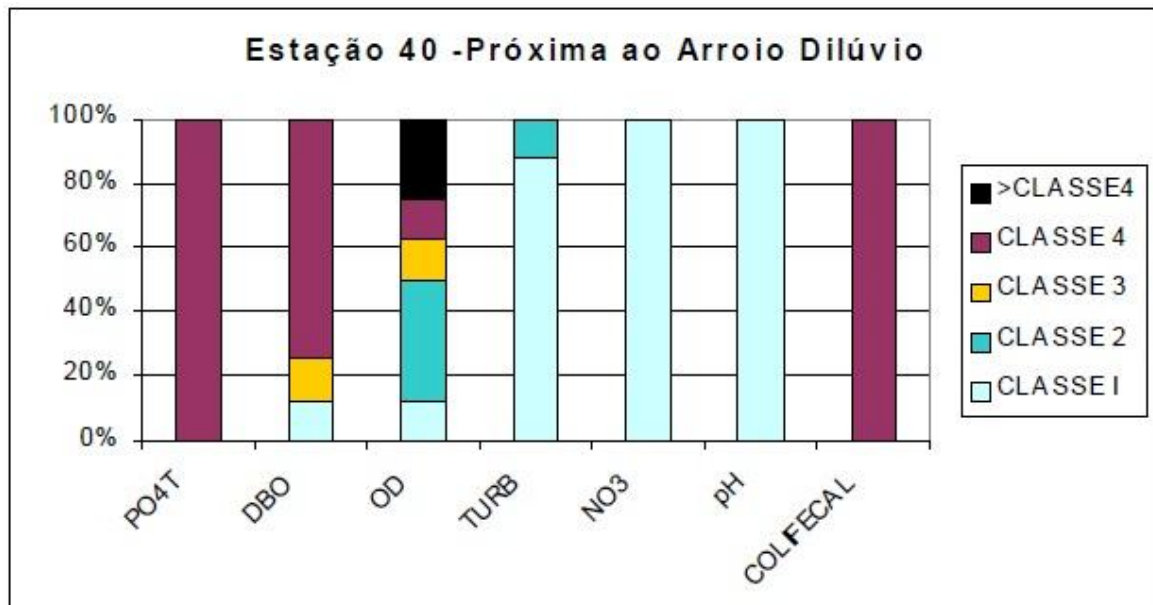
Os métodos utilizados neste trabalho são rigorosamente os mesmos que serviram de base para o procedimento metodológico empregado no estudo de Morandi e Faria (2002).

O ponto 40 fica localizado na margem esquerda do lago, próximo à foz do arroio, distante 100 metros da margem. Neste período, “[...] verifica-se que a maior parte dos pontos monitorados no lago, a exceção da estação 40, localizada próxima ao Arroio Dilúvio, apresenta bons níveis de oxigênio dissolvido.” (BENDATI et al., 2000, não paginado). Logicamente, essa concepção advém das proximidades da estação com as descargas do arroio, que transportam a carga orgânica proveniente dos esgotos da cidade de Porto Alegre.

Podemos considerar como fonte de dados desse trabalho os seguintes parâmetros coletados no período considerado (FIG. 7):

- DBO: maior que 10, em 75% das amostras (mgO₂/l);
- OD: menor que 2, em 25% das amostras (mgO₂/l);
- Fosfato total: maior que 0,077 em todas as amostras (mgPO₄/l);
- Coliformes fecais: maior que 4000 em todas as amostras (Número Mais Provável (NMP) /100ml).

FIGURA 7 – Percentis das amostras de 1998 a 2000 e respectivo enquadramento em classes



Fonte: Bendati et al. (2000).

Constou no segmento de texto relativo às discussões dos resultados obtidos pelo trabalho de Bendati et al. (2000, não paginado, grifo nosso) o seguinte trecho:

Através da avaliação da densidade de coliformes fecais das águas, a condição do Lago Guaíba, segundo critérios da Resolução 20 do CONAMA [vigente à época] para este indicador, fica assim estabelecida:

[...]

– margem esquerda, entre as proximidades do Arroio Dilúvio (40) e a captação da [Estação de Tratamento de Água] ETA Belém Novo (47_8b): **classe 4**;

5.5.4 Dados registrados de 2000 a 2009

No estudo realizado por Andrade et al. (2012) a respeito das condições de qualidade da água do Lago Guaíba, verifica-se que entre os anos de 2000 e 2009, trimestralmente, permaneceu como ponto de monitoramento a mesma estação número 40, abordada na subseção anterior que analisou os resultados obtidos por Bendati et al. (2000).

Os métodos utilizados também não sofreram grandes modificações, ressalvado que foram aplicados ajustes computacionais às fórmulas utilizadas para cálculo das quantidades de nitrato, fósforo total, coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido, sem prejuízo para a validade dos dados e de acordo com os dispositivos legais determinados pelo CONAMA.

As observações ali coletadas nos fornecem os seguintes dados médios acerca de parâmetros de qualidade da água no período considerado:

- a) Temperatura: 20,9 °C;

- b) Coliformes termotolerantes: 180.169 (NMP/100 ml);
- c) DBO: 13,9 (mgO₂/l);
- d) OD: 2,5 (mgO₂/l);
- e) pH: 7,2;
- f) Resíduos (sólidos) totais a 105 °C: 178,2 (mg/l);
- g) Turbidez: 19 (UNT);
- h) IQA: 25,3 (Ruim).

Destes dados, informamos que apesar da classificação média ter sido “IQA: 25,3 (Ruim)”, 59% das coletas foram enquadradas na faixa “Muito Ruim”, isto é, abaixo do IQA 25. Quanto ao enquadramento por classes previsto pela Resolução 357/2005 do CONAMA, o resultado de diversos parâmetros, como DBO, OD e coliformes termotolerantes, posicionaram na **Classe 4** as águas do ponto 40, mesmo estando esta estação de controle distante cerca de 100 metros da margem do Lago Guaíba e da Foz do arroio Dilúvio.

Em relação a estudos anteriores, “Na margem esquerda verificou-se no ponto 40, foz do arroio Dilúvio, aumento da faixa de Muito Ruim de 25,0 para 59,0% e concomitante redução da faixa de Ruim de 75,0 para 38,0%.” (ANDRADE et al., 2012, p. 10 e 11).

5.5.5 Dados de 2011

A fim de determinar o IQA de pontos do arroio Dilúvio entre novembro e dezembro de 2011, foi realizado um projeto de pesquisa por estudantes do curso de Engenharia Ambiental da UFRGS, ao cabo do qual foi publicado relatório no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) dessa instituição.

A respeito da localização de cada estação de controle, informamos a relação abaixo, seguida de breve explicação do porquê da escolha de cada ponto (GUERRA, 2012):

- a) Nascente, no parque Saint’Hilaire;
- b) Avenida Antônio de Carvalho, na esquina com a Avenida Ipiranga, que o Atlas define como o limite inicial da região de médio grau de poluição;
- c) Rua Professor Cristiano Fischer, na esquina com a Avenida Ipiranga, por ser um ponto logo a montante do campus da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC/RS);
- d) Rua Vicente da Fontoura, esquina com a Avenida Ipiranga, que se define como o limite inicial da região de alto grau de poluição;

e) Avenida Silva Só, equina com a Avenida Ipiranga, por ser, a princípio, o ponto mais alto em que as águas do Guaíba chegam;

No trabalho de Guerra (2012, p.22),

As análises foram realizadas de acordo com o *Standard Methods*, de APHA (2005): coliformes fecais foram medidos pelo método Colilert®; DBO_{5,20} através do sistema Oxitop®; NTK pelo método de Kjeldahl; fósforo pelo método do cloreto estânico; sólidos totais através de método gravimétrico; oxigênio dissolvido e pH através de sonda multiparâmetro Hach; nitrato e nitrito por cromatógrafo iônico 882 Compact IC Plus - Anion da Metrohm AG. Tipo de coluna iônica utilizado: Metrosep A Supp 5 150/4.0. Eluente: 1.0 mmol/L NaHCO₃ e 3.2 mmol/L Na₂CO₃. Diâmetro interno: 4mm; Comprimento: 150mm; Tamanho de partícula: 5mm.

Sintetizando a metodologia empregada, formulamos o QUADRO 3:

QUADRO 3 - Métodos utilizados em cada parâmetro para obtenção dos dados (2011)

Parâmetro analisado	Método adotado
Potencial Hidrogeniônico (pH)	Sonda multiparâmetro Hach
Oxigênio Dissolvido (OD)	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	Sistema Oxitop®
Nitrogênio Total	Kjeldahl
Nitrito	Cromatógrafo iônico 882 Compact IC Plus
Nitrato	
Fósforo	Cloreto estânico
Sólidos Totais	Glavimétrico
Coliformes Fecais	Colilert®

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Guerra (2012).

Os índices IQA foram calculados através da utilização dos valores dos parâmetros encontrados com a pesquisa e constantes na TAB. 6, abaixo:

TABELA 6: Parâmetros de qualidade da água do arroio Dilúvio obtidos em 2011

(continua)

Pontos de monitoramento	Parâmetros de qualidade da água analisados			
	Sólidos Totais (mg/l)	Turbidez (NTU)	Oxigênio Dissolvido - OD (mgO ₂ /l)	Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20} (mgO ₂ /l)
a) Nascente	164	12,98	4,9	1
b) Avenida Antônio de Carvalho	269	9,83	5,73	46,8
c) Avenida Professor Cristiano Fischer	244	15,15	4,98	72,8
d) Rua Vicente da Fontoura	260	15,85	3,43	28,8

TABELA 6: Parâmetros de qualidade da água do arroio Dilúvio obtidos em 2011

(conclusão)

Pontos de monitoramento	Parâmetros de qualidade da água analisados			
	Sólidos Totais (mg/l)	Turbidez (NTU)	Oxigênio Dissolvido - OD (mgO ₂ /l)	Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20} (mgO ₂ /l)
e) Avenida Silva Só	299	21,19	4,35	40

Pontos de monitoramento	Parâmetros de qualidade da água analisados			
	Nitrato (mgN/l)	Nitrogênio Total (mg/l)	Fósforo Total (mgP/l)	Coliformes Fecais (col/100ml)
a) Nascente	0	1,25	...	207
b) Avenida Antônio de Carvalho	4,42	14,84	1,4	383.450
c) Avenida Professor Cristiano Fischer	4,24	15,32	1,29	179.378
d) Rua Vicente da Fontoura	3,6	14,43	1,66	408.205
e) Avenida Silva Só	2,8	14,6	1,96	511.360

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Guerra (2012).

Nota: ... Dado numérico não disponível.

O resultado da pesquisa indicou os valores abaixo relacionados para IQA, calculados pela média das amostras e considerando o padrão de classificação originalmente adaptado pela CETESB (que **não** é adotado pelo estado do Rio Grande do Sul):

- a) Nascente: 58 (Boa)
- b) Av. Antônio de Carvalho: 29 (Ruim)
- c) Rua Professor Cristiano Fischer: 31 (Ruim)
- d) Rua Vicente da Fontoura: 27,5 (Ruim)
- e) Av. Silva Só: 25 (Ruim)

Atribuindo-se os valores absolutos expostos acima à tabela de conversão comumente utilizada pelo Rio Grande do Sul, segundo Brasil (2014), haveria duas mudanças: a qualidade da nascente teria sua nova classificação fixada em “**Razoável**”; e na Avenida Silva Só a classificação ficaria no limiar entre “**Ruim**” e “**Péssimo**”. As demais permaneceriam em “**Ruim**”.

5.6 ANÁLISE HISTÓRICA E TRATAMENTO DOS DADOS

Não constitui objetivo desta monografia afirmar que o problema de deterioração da qualidade das águas do arroio Dilúvio é algo recente, mas sim alertar para o fato de que está

enraizada na mentalidade dos porto-alegrenses a ideia de que é normal ter na cidade um arroio com a função de corpo receptor de esgotos domésticos e não um canal de água limpa e natural. Faria, Neuvald e Alves (1994, não paginado) já relatavam há 20 anos que já no período compreendido entre 1974 e 1993 “Os valores médios de coliformes fecais se apresentaram constantes através do tempo [...]”, e “[...] conforme a legislação para águas superficiais, limita sobremaneira seus usos, tornando-as de péssima qualidade.”.

Outra constatação foi a de que os valores das características analisadas apresentaram resultados característicos de esgotos sanitários de Porto Alegre, até mesmo na estação D1 [localizada próxima à faculdade de Agronomia da UFRGS e distante 2,3 km da nascente], sendo que nas demais estações a ocorrência foi maior, caracterizando assim o aumento do comprometimento destas águas ao longo do Arroio.

[...] propomos que o Arroio Dilúvio não seja considerado de maneira simplista como um esgoto sanitário na sua totalidade, mas sim um curso de água natural altamente comprometido e em processo evolutivo de degradação.

Salienta-se, adicionalmente, que no período avaliado não houve alterações significativas nos valores de coliformes fecais das estações analisadas, ficando evidenciada a uniformidade da sua distribuição através do tempo (Fig. 6). Isto nos leva a crer que a despoluição microbiológica será extremamente complexa, considerando-se as dificuldades a serem superadas em uma **cidade implantada sem um planejamento sanitário estratégico**. (FARIA; NEUVALD; ALVES, 1994, não paginado, grifo nosso).

Analisando-se toda a série dos dados coletados acerca das condições da água do arroio Dilúvio de 1995 até 2011, podemos inferir que, à luz do que prevê a Resolução 357/2005 do CONAMA, os parâmetros de qualidade cujos resultados mais a afasta das melhores classes de enquadramento são aqueles relacionados diretamente aos despejos de esgoto doméstico, razão pela qual alguns deles serão aqui tratados com prioridade. A constante e elevada presença de coliformes fecais nas amostras coletadas, que diretamente se relacionam com a alta incidência de fósforo, bem como os acentuados índices encontrados a respeito da DBO, intimamente associados aos baixos coeficientes de OD, destacaram-se negativamente na visão do autor deste trabalho.

Considerando importante a noção grifada por Oliveira (2006, p. 25) acerca da função do enquadramento por classes dos corpos hídricos trazido pelo inciso XX do Art. 2º da Resolução supramencionada, reproduzimos:

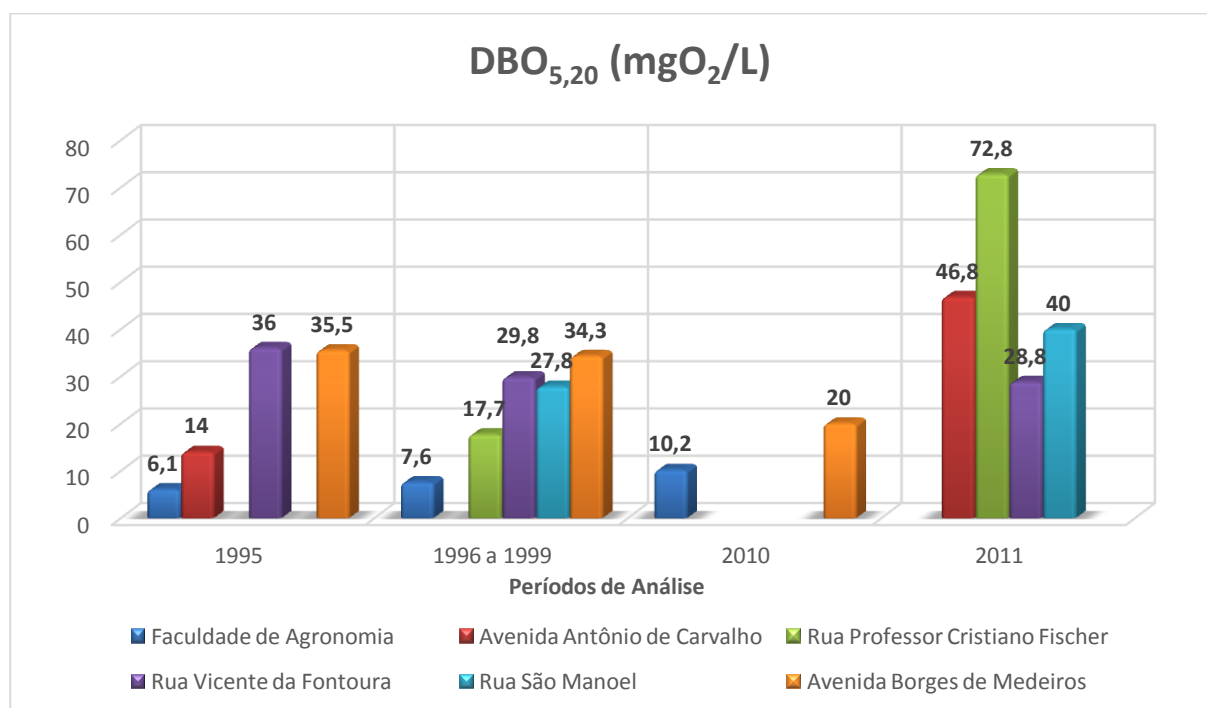
O enquadramento dos corpos d'água se refere ao estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos ao longo do tempo [...]. É importante comentar que o enquadramento não se refere necessariamente ao estado atual das águas, mas pode se referir também a um estado “meta” desejado pela sociedade.

Para fins de referência ou “meta”, portanto, será utilizada, neste trabalho, a **classe 3** de enquadramento, mais especificamente tomando como pilares os parâmetros discriminados no parágrafo de abertura desta subseção para estimativa da distância compreendida entre o panorama de poluição apresentado e os respectivos valores limites dessa classe. Tal escolha se justifica pela definição precisa dos limites dos valores de cada parâmetro e pela opção por um enquadramento menos utópico entre as alternativas disponíveis.

Os dados abaixo retratados em gráficos se originam dos resultados de laboratório obtidos a partir das amostras coletadas nos estudos referidos neste trabalho, nos pontos do curso do arroio Dilúvio cuja localização precisa se encontra nas subseções 5.5.1 e 5.5.2, além de dados fornecidos pelo DMAE referentes a 1995 e 2010.

Durante o período de análise, se verificou crescimento dos valores referentes à demanda bioquímica de oxigênio, ou ainda, a manutenção dos valores em patamares semelhantes, e ao mesmo tempo elevados, nas diversas estações de controle. O GRÁF. 1 permite a visualização desse comportamento.

GRÁFICO 1 – Evolução do comportamento da DBO



Fonte: elaborado pelo autor, com base em Porto e Oliveira (1995), Morandi e Faria (2002), Guerra (2012) e dados fornecidos pelo DMAE.

A respeito do gráfico acima, verificamos que somente dois dados permitiriam enquadramento da água na Classe 3, pelo parâmetro da DBO, ambos coletados em um dos pontos mais próximos à nascente, em 1995 e entre 1996 e 1999.

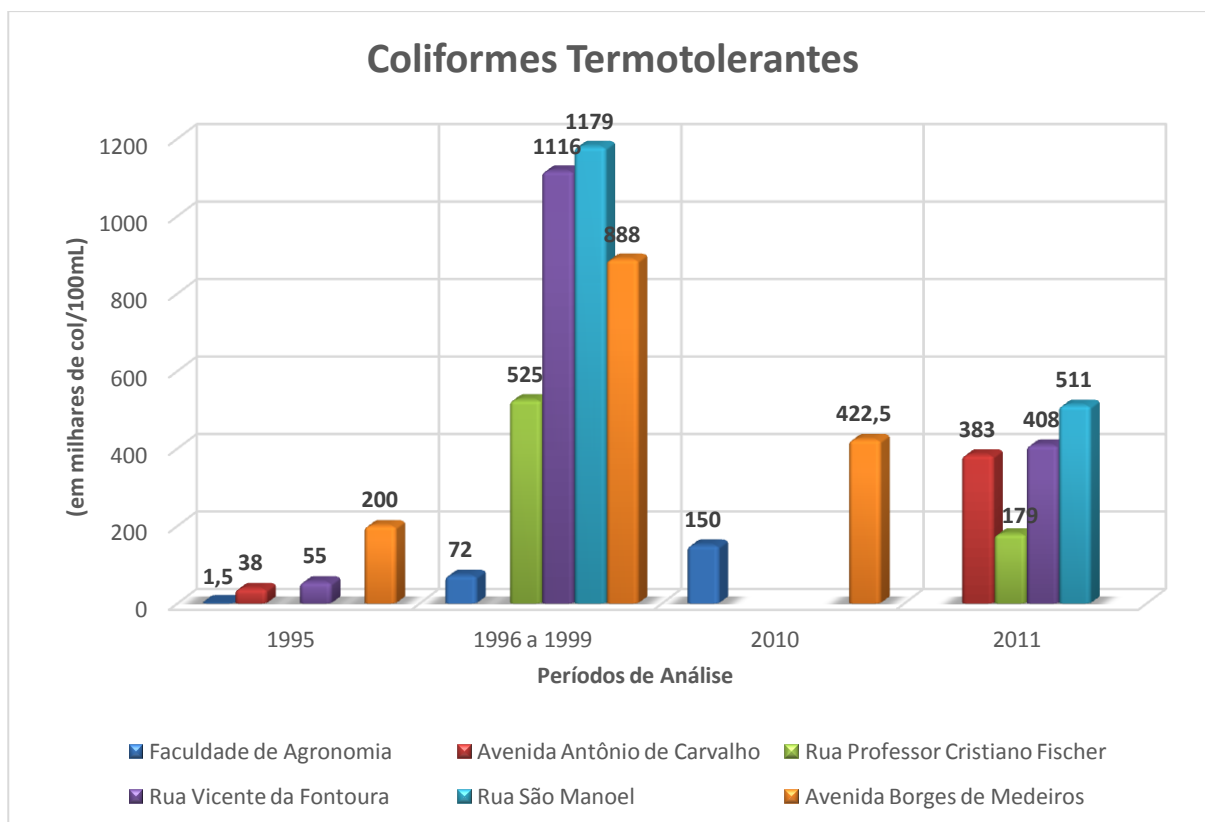
No que tange à coleta dos dados relativos à presença de coliformes fecais nas águas do arroio Dilúvio, os resultados se revestem de maior dramatismo.

A acentuada variação na densidade de organismos de origem fecal, verificada em cada estação de amostragem, levou à obtenção de desvios padrão crescentes da estação D1 em direção à foz. Essa variação pode estar associada à concentração de cargas geradas pela população contribuinte, no trecho final do arroio, à influência de lançamentos localizados, à ocorrência de períodos de precipitação pluviométrica e de estiagem ou ao processo natural de decaimento bacteriano. De acordo com a legislação proposta, durante todo o período de monitoramento [de 1996 a 1999], as densidades de **coliformes fecais** observadas nas estações de amostragem do arroio Dilúvio, mantiveram-se dentro da faixa normalmente encontrada **nos esgotos da cidade**. (MORANDI; FARIA, 2002, p. 19, grifo nosso).

Corroborando as informações trazidas acima sobre a alta variância apresentada pelos dados desse parâmetro, Porto Alegre (2009) referencia o impacto positivo da implantação de redes separadoras de esgoto, além de coletores tronco, interceptores e emissários de esgotos domésticos, como as redes ligadas ao Canal São Vicente entre 2007 e 2008. Nas estações de controle mais próximas e à jusante do deságue dos esgotos pluviais desse canal no arroio¹⁶, foi verificada uma melhora de 62,6% nos índices médios encontrados entre as fases anterior (entre 2005 e 2007) e posterior (meses de 2008) à implantação das redes. Em virtude de que “Desde então e até a atualidade, muitos investimentos na implantação de redes separadoras, coletores troncos, interceptores e emissários de esgotos domésticos têm sido aplicados pelo DMAE na bacia do arroio Dilúvio com vistas à sua despoluição.” (PORTO ALEGRE, 2009, p. 2), é previsível o resultado apresentado no GRÁF. 2, com os dados coletados de coliformes totais, em suas respectivas variações por época e por estação de controle, todos eles, ainda assim bastante acima dos limites propostos como referência:

¹⁶ 3,5 km a montante da foz do arroio Dilúvio.

GRÁFICO 2 – Evolução do comportamento dos Coliformes Termotolerantes



Fonte: elaborado pelo autor, com base em Porto e Oliveira (1995), Morandi e Faria (2002), Guerra (2012) e dados fornecidos pelo DMAE.

A desproporção observada entre o valor limite de quatro mil coliformes/100mL - para enquadramento na Classe 3 - e os valores detectados para o arroio Dilúvio nas condições expostas no gráfico acima é vultuosa. Apenas um dado (obtido em 1995) permitiria esse enquadramento por esse parâmetro, o que revela que nos últimos anos o arroio Dilúvio vem sendo o destino de despejo de grandes cargas de esgoto cloacal doméstico, não obstante a implementação das supramencionadas medidas visando sua despoluição.

Diante do quadro temporal apresentado, é perceptível que a situação ambiental a que é submetido o arroio Dilúvio não vem apresentando consideráveis melhoras nos últimos anos, dedução corroborada por Morandi e Faria (2002, p. 7, grifo nosso):

Os recursos canalizados para atender demandas localizadas retardam soluções definitivas dentro de um contexto maior de saneamento, já que a implantação de sistemas integrados de coleta e tratamento de esgotos seria a solução adequada para o problema do saneamento ambiental.

Entretanto, o poder público tem consciência de que ao minimizar os efeitos diretos da poluição sobre a saúde pública através do saneamento de áreas isoladas, sem o tratamento final dos efluentes, **poderá comprometer ainda mais o meio ambiente ao utilizar os recursos hídricos como os receptores naturais de águas servidas.**

[...]

Apesar disso [ampliação de redes de esgotamento sanitário], o arroio Dilúvio, que corta a cidade de leste a oeste, vem sofrendo uma progressiva degradação da qualidade de suas águas, que pode ser atribuída ao descompasso existente entre a rápida e desordenada expansão populacional que vem ocorrendo na sub-bacia e o tempo necessário para a implantação de obras de saneamento, desde a concepção até a sua execução e operação.

Nessa mesma linha, complementa Porto Alegre (2009, p. 13) ao afirmar que

O passivo ambiental gerado pelo longo período de lançamento de esgotos não tratados no arroio Dilúvio e a própria natureza da bacia de contribuição, ainda não permitiram, em curto prazo, reduzir as concentrações de DBO, [Fósforo Total] P-TOTAL e [*Escherichia coli*] ECOLI, a valores compatíveis com aqueles preconizados a condição de classe 2 da Resolução CONAMA nº 357.

Faz-se necessária, portanto, a execução de medidas que visem romper com esse paradigma, o que pode ser levado a cabo com o subsídio dos inúmeros instrumentos de valoração econômica dos recursos ambientais, alguns dos quais veremos na seção seguinte.

6 O PROGRAMA TEEB

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) sedia um projeto chamado *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB). A razão de existir desse projeto é a mesma que justifica a produção deste trabalho. Seus objetivos contemplam promover uma melhor compreensão do real valor econômico fornecido pelos **serviços ecossistêmicos**¹⁷, disponibilizando, para isso, ferramentas e instrumentos que os considerem como tal.

Nas palavras de Paván Sukhdev, líder de estudo do programa,

[...] ainda estamos buscando entender o ‘valor da natureza’. A natureza é fonte de muito valor no nosso dia-a-dia apesar de estar fora do mercado e ser difícil atribuir-lhe um preço ou um valor. Como temos percebido, **a ausência de valoração está na raiz da degradação dos ecossistemas e da perda de biodiversidade.**

O nosso projeto acerca da ‘Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade’ tem como enfoque este segundo desafio ao defender de forma ampla e contundente a necessidade de conservar os ecossistemas e a biodiversidade. (TEEB, 2008, p. 4, grifo nosso).

Pretende, entre outros objetivos, auxiliar os agentes econômicos - tomadores de decisão que são - a incluírem em seus processos decisórios os serviços ecossistêmicos, mais especificamente seus respectivos valores, prestados pelo capital natural, num esforço que visa transformar o conhecimento acerca da importância da biodiversidade em condutas efetivas. É organizado em uma série de relatórios, publicados a partir de 2008, cada um deles focado em um segmento específico, como mudanças climáticas, entes de governo e setor de negócios. Segundo seu relatório síntese, publicado em 2010, que marca o desfecho de uma série de estudos e compila algumas ideias dessa abordagem, aponta seu objetivo como sendo “[...] fornecer uma ponte entre a ciência multidisciplinar da biodiversidade e a arena das políticas nacionais e internacionais, assim como as práticas governamentais e o setor de negócios.” (TEEB, 2010a, p. 3).

6.1 ABORDAGENS CONCEITUAIS

O estudo TEEB analisa diversos métodos de valoração de serviços ecossistêmicos e aponta que a maior virtude desse estudo é orientar as decisões dos agentes, alertando que

¹⁷ Serviços ecossistêmicos são “[...] as contribuições diretas e indiretas dos ecossistemas para o bem-estar humano. O conceito ‘bens e serviços ambientais’ é um sinônimo para os serviços ecossistêmicos.” (TEEB, 2010a, p. 36).

“Primeiramente, é necessário destacar que a valoração é mais bem aplicada para **avaliação das consequências das mudanças** decorrentes de opções alternativas de gestão, mais do que para tentar estimar o valor total dos ecossistemas.” (TEEB, 2010a, p. 12, grifo do autor). Com essa linha de raciocínio, pode-se perceber que mesmo capturando e mensurando o valor de certo serviço ecossistêmico prestado, com “[...] a introdução de mecanismos que **incorporam valores** dos ecossistemas nas tomadas de decisão **por meio de incentivos e índices de preços.**” (TEEB, 2010a, p. 13, grifos do autor), não necessariamente ele deve ser negociado e transacionado no mercado comum, por diversos motivos dentre os quais se destacam: a equidade entre os usuários comuns dos serviços – uma vez que serviços naturais são serviços públicos - e de seu uso entre gerações, e até mesmo sob o ponto de vista da eficiência econômica (TEEB, 2010a).

TEEB (2010a) propõe métodos sistemáticos para que se proceda a mais precisa tentativa de valoração de recursos naturais, através dos serviços ecossistêmicos por cada um deles prestados. Há uma metodologia geral (embora flexível) para proceder a essa valoração, a qual consiste em três passos:

- a) 1º Passo: Identificar e avaliar todos os serviços ecossistêmicos afetados e as implicações para os diferentes grupos na sociedade;
- b) 2º Passo: Estimar e demonstrar o valor dos serviços ecossistêmicos, utilizando métodos apropriados;
- c) 3º Passo: Capturar o valor dos serviços ecossistêmicos e buscar soluções para superar sua subvaloração ou sua não valoração. Utilizando instrumentos políticos que contenham informações econômicas.

Os próprios teóricos do TEEB alertam que muitas vezes a aplicação dos passos 2 e 3 podem não ser apropriados, mas ressaltam a importância de estimar algum valor, a fim de que ele seja internalizado de alguma forma, sob pena de que seja considerado um “[...] **valor nulo.**” (TEEB, 2010a, p. 14, grifo do autor), pelo ser humano.

No relatório TEEB emitido com vistas à orientação dos agentes públicos locais e regionais, é sugerido outro roteiro para incluir a natureza na agenda de tomada de decisões. Em um panorama geral mais ampliado, a fim de que seja possível uma leitura detalhada de um serviço ecossistêmico e os determinantes para sua inclusão no processo de formação de políticas regionais e locais, TEEB (2010b) expõe:

- a) Passo 1: Especificar e chegar a um acordo sobre o problema. Considerar todos os aspectos importantes ao ambiente, à população envolvida e a economia, por meio de uma “avaliação participativa”;

b) Passo 2: Identificar os serviços relevantes, quem interage com eles, em que medida eles estão sendo afetados e como as políticas os influenciariam na prática;

c) Passo 3: Definir informações necessárias e métodos apropriados. Valorar em termos quantitativos, técnicos, monetários? Qual o enfoque que se objetiva? Por que se quer reduzir a redução da degradação de certo bem natural?

d) Passo 4: Avaliar os serviços ecossistêmicos. Através dos instrumentos mais adequados para cada serviço, observando amplitude territorial, dimensão do impacto ao ambiente;

Conforme se depreende da leitura de Instituto Mundial de Recursos¹⁸ (2008 apud TEEB, 2010b, p. 34),

O Instituto Mundial de Recursos (2008) delinea um sistema de ‘cartilha escolar’, útil para o passo 4. Esta técnica envolve identificar:

- Os serviços ecossistêmicos afetados (listá-los);
- O quanto a área local depende do fornecimento de cada serviço;
- Tendências recentes no fornecimento de cada serviço (estáveis, diminuindo ou aumentando?);

• A força do impacto de fatores principais (o quão significativos são os recentes impactos cumulativos – muito, médio ou pouco?);

Para o nosso exemplo da água, as respostas da ‘cartilha escolar’ podem ser:

- Regulação de fluxos/tratamento residual de água;
- Alta (demanda de agronegócio) /alta (instalações de tratamento de água incapazes de lidar com o aumento de sedimentação ou poluição);
- Diminuindo (disponibilidade da água) /aumentando (poluição);
- Alta (mudança decorrente do uso da terra – desmatamento) /alta (mudança decorrente do uso da terra e também intensificação agrícola).

e) Passo 5: Análise das opções de políticas. Através da valoração feita dos serviços, escolher a política mais adequada, promovendo o debate e a análise multicriterial de custo-benefício.

f) Passo 6: Avaliação dos impactos distributivos. Já que as relações de dependência com os serviços prestados variam em forma e intensidade, deve-se procurar prever os impactos das políticas nessas novas distribuições (subsistência/ pobreza).

6.2 TIPOS DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E POLÍTICAS DE GOVERNO LOCAIS

Num ambiente rural, é fácil perceber a presença da natureza e os benefícios advindos da mesma, pois o próprio dia-a-dia trata de evidenciar esta realidade. TEEB (2010b, p. 15) corrobora essa ideia quando afirma

¹⁸ WRI – World Resource Institute (2008) Ecosystem Services: A guide for Decision Makers. URL: [pdf.wri.org/ecosystem_ser- vices_guide_for_decisionmakers.pdf](http://pdf.wri.org/ecosystem_services_guide_for_decisionmakers.pdf).

Nossa dependência da natureza é, às vezes, diretamente visível, como na agricultura, pesca e silvicultura. Em outras situações, é menos visível: o abastecimento de água de áreas urbanas, a comida vendida em supermercados e o ar puro que respiramos também dependem do funcionamento de ecossistemas.

Os ecossistemas, no entanto, estão presentes em toda parte e, logicamente, estão integrados nos grandes centros urbanos do planeta. Nesses locais a percepção da influência dos bens naturais perde nitidez, uma vez que

Tradicionalmente, **os responsáveis pelas políticas locais** têm de proporcionar múltiplos serviços simultaneamente. Estes incluem: infraestrutura pública; gestão de água e resíduos; desenvolvimento da economia local; atenção à educação e à saúde. Seu desafio é manter e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos quando os recursos financeiros e as capacidades são severamente limitados. (TEEB, 2010b, p. 13, grifo do autor).

Apesar da impressão desvirtuada causada pela urbanização e pela modernidade de que os serviços são prestados pelo governo local, são indiscutíveis a importância e a representatividade dos serviços ecossistêmicos.

Nas cidades, parques urbanos e espaços verdes atenuam a temperatura do verão, melhoram a qualidade do ar, reduzem a quantidade de enchentes após fortes chuvas, além de aumentarem significativamente o valor recreativo da vida na cidade e o valor imobiliário da região. Para completar, os ecossistemas e a biodiversidade oferecem inspiração e, frequentemente, são importante base da cultura local. (TEEB, 2010b, p. 15).

[...]

As boas notícias ficam por conta de que **a natureza tem um tremendo potencial para alcançar exatamente isso** [proporcionar serviços]. A proteção dos recursos naturais e da biodiversidade por vezes é vista como um impedimento ao desenvolvimento local – quando, na verdade, poderia elevá-lo:

Uma prefeitura pode economizar dinheiro para assegurar o abastecimento de água, tratamento de água poluída e proteção contra erosão ou enchentes com maiores eficácia e eficiência por meio de soluções naturais do que por soluções técnicas.

Na maior parte do mundo, a natureza é a porta de entrada para economias locais e bem-estar humano fornecendo matéria-prima, água limpa e boas condições ambientais para a indústria, a agricultura e o setor de serviços.

A manutenção e a conservação do bom funcionamento de ecossistemas naturais é a melhor estratégia para os responsáveis pelas políticas locais lidarem com futuras pressões e ameaças – por exemplo, as ligadas a mudanças climáticas. (TEEB, 2010b, p. 13, grifo do autor).

Conforme assevera TEEB (2010b), os benefícios oriundos da natureza são negligenciados com frequência pelas políticas públicas. Dados relevantes dão conta de que aproximadamente metade do consumo demandado pela metade mais pobre da população indiana (480 milhões de pessoas) é proveniente de serviços ecossistêmicos. Analogamente, no

Brasil, o consumo pelas camadas rurais depende de serviços dessa natureza em 90% dos casos. A dependência da natureza e o consumo de seus bens e serviços em ritmo mais acelerado que sua proteção gera um ciclo de degradação ambiental. Muitas vezes, são políticos e/ou financeiros os motivos que levam à negligência anteriormente referida com relação à preocupação ambiental, em um contexto no qual a prioridade é o crescimento econômico – frequentemente conflitante com a conservação da biodiversidade, que presta serviços “invisíveis”. Segundo a mesma fonte, outros motivos são de ordem temporal, já que danos à natureza não tem impactos imediatos, e em virtude de classificarem-se, via de regra, como públicos os bens e serviços ecossistêmicos.

Isto posto, verifica-se que as decisões de cunho local são de suma importância para um desenvolvimento socioambiental mais amplo, o que pode ser feito a partir de instrumentos de gestão pública disponíveis para internalizar serviços ecossistêmicos que se apresentam de diversas formas, boa parte das quais se encontra no ANEXO E, projetado a partir da Avaliação Ecológica do Milênio (AEM).

Naturalmente, um ecossistema não se restringe ao fornecimento de somente um tipo de serviço, mas sim de múltiplos. Outro raciocínio elementar que se pode processar é imaginar que à medida que se intensifique a absorção de certo serviço ecossistêmico pelos demandantes, ele pode reduzir e, na situação extrema em que a capacidade de resiliência da natureza é superada, vir a cessar. De acordo com o observado em TEEB (2010b, p. 25 e 26),

Os ecossistemas têm capacidade de se adaptar a mudanças e de se recuperar de perturbações, mas, quando pontos críticos são atingidos, podem ter sua essência modificada – e não mais produzir certos serviços. [...] o impacto humano sobre os ecossistemas é, hoje, o maior responsável por transformação ecossistêmica; o aumento da densidade populacional e a alteração dos padrões de consumo podem levar à poluição do ar, do solo e da água, resultado da conversão de ecossistemas naturais para agricultura ou mineração, para expansão urbana ou desenvolvimento de infraestrutura.

[...]

Contudo, se o impacto humano excede a capacidade de regeneração dos ecossistemas, pode degradá-los ou mesmo arruiná-los, tornando-os incapazes de fornecer a combinação ou a quantidade de serviços desejados.

Com o subsídio do conteúdo recém exposto, procurou-se elencar os mais pujantes serviços ecossistêmicos fornecidos por um curso d'água como o arroio Dilúvio de Porto Alegre:

- a) de provisão:
 - Água: fornecimento de água de superfície;
- b) de regulação:

- Moderação de eventos extremos: contribuição do curso do Dilúvio contra danos naturais, como alagamentos;
- Controle Biológico: Controle de pestes e vetores de transmissão de doenças;
- c) serviços de suporte:
 - Hábitat para outras espécies: contribuição para manutenção de um ecossistema, pela presença de peixes, répteis e algas;
 - Manutenção da diversidade genética: proporcionando um ecossistema mais completo e variado;
- d) culturais:
 - Recreação e saúde física e mental: importância das paisagens naturais e espaços verdes urbanos nesse sentido;
 - Turismo: Benefícios econômicos diretos com atração de visitantes externos;
 - Existência espiritual: ligação com as origens históricas do local, identidade tradicional;
 - Contemplação estética e inspiração para cultura, arte e design: prazer e bem-estar advindos do contato íntimo com a natureza e sua contemplação.

O uso não sustentável de um serviço – água, por exemplo – pode degradar todo o ecossistema, levando à perda de outros importantes serviços ecossistêmicos. Uma vez gravemente prejudicados, a restauração de ecossistemas é muito custosa, leva um longo tempo e, em alguns casos, é impossível.

[...]

A avaliação de serviços ecossistêmicos nos permite reconhecer os valores que fornecem. Entretanto, não nos informa como os ecossistemas funcionam ou a iminência de pontos críticos. Isto gera considerável incerteza a respeito do quanto podemos intensificar o uso antes de causar dano irreversível. Em tais situações, a precaução é um imperativo. Em muitos casos, balancear o uso equilibra o bem-estar e reduz os riscos de séria degradação. (TEEB, 2010b, p. 26, grifo do autor).

Apenas como exemplos de serviços ecossistêmicos essencialmente urbanos, dentre aqueles que são mais comumente encontrados nas cidades, citamos:

Alimentos provenientes da agricultura urbana, que podem ser, por exemplo, reforçados em hortas comunitárias, através do gerenciamento do uso do solo, planejamento urbano, ou arborização urbana.

Áreas verdes ou árvores saudáveis aumentam a saúde mental e a oportunidade de exercício, reduzem estresse, reduzem a poluição do ar e da água e devem ser considerados importantes pelos serviços de saúde, esportes, planejamento e arborização urbana.

Abrigos através da moderação de eventos naturais extremos. Trata-se de planejamento urbano, adaptação a mudanças climáticas e gestão de desastres. (TEEB, 2010b, p. 83 e 84)

Em face do exposto, as autoridades locais precisam engendrar medidas promotoras de sustentabilidade, através das ferramentas disponíveis para a valoração econômica dos serviços ambientais, o que, não raras vezes, não ocorre, seja por deficiência de planejamento, seja pelos elevados custos de implementação, mesmo que sejam inferiores aos benefícios globais por eles gerados.

6.3 FERRAMENTAS PARA VALORAÇÃO E APRECIACÃO

Algumas das ideias-chave transmitidas por TEEB (2010b) dizem respeito às diversas possibilidades para se identificar e proceder à avaliação de serviços ecossistêmicos e da biodiversidade. A vasta gama, tanto de serviços dessa natureza, quanto das formas através das quais os procedimentos de valoração podem ser executados, permite que sejam explicitados **todos** os benefícios gerados e **a quem** eles beneficiam.

O Valor Econômico Total (VET) é, segundo TEEB (2010b, p. 36), a “Abordagem econômica convencional para avaliar ecossistemas em termos monetários. Considera valores intrínsecos, isto é, a conservação como fim em si mesmo [...]”, à parte dos benefícios sociais. Questões sistêmicas não são incluídas nessa abordagem, uma vez que os valores ecossistêmicos são analisados de maneira individualizada, através de seus valores de uso (direto, indireto e opcional) e de não-uso, sendo o somatório desses itens corresponde ao VET do serviço ecossistêmico em questão. O VET está essencialmente ligado à AEM, em virtude de relacionarem aspectos sociais, mais particularmente os impactos da natureza sobre o **bem-estar humano**¹⁹.

Reiteramos uma mensagem que já foi transmitida neste trabalho: “A principal razão para aplicar a valoração é que, se falharmos na valoração de tais serviços, os sistemas econômicos de que dependemos tenderão à degradação e à superexploração ecossistêmica.” (TEEB, 2010b, p. 48). Segundo este autor, complicações podem ser geradas a partir da precificação da natureza, como a possibilidade da criação de mercados fora de equilíbrio, caracterizados por monopolização, por exemplo. Isso acarretaria em um resultado pior do que a condição inicial: perda de biodiversidade mais acentuada. Ampliando este argumento, como teremos certeza se o preço estimado realmente será o adequado? Em virtude da necessidade

¹⁹ Consta no glossário de TEEB (2010b, p. 241): um contexto e um estado que depende da situação, envolvendo material básico para uma boa vida, a experiência de liberdade e escolha, saúde e bem-estar físico, boas relações sociais, segurança, paz de espírito e experiência espiritual.

de responder a esse anseio, surgiram métodos de valoração, que podem ser organizados em grupos distintos (ANEXO F), conforme suas peculiaridades.

Preços de mercado constituem o primeiro e mais simples deles, uma vez que os preços dos bens naturais são dados pelo próprio mercado convencional, como é o caso dos alimentos em geral.

Na grande maioria dos casos, a transação de bens e serviços ecossistêmicos não ocorre de uma forma prontamente observável, razão pela qual, **mercados alternativos** devem ser usados como referência para a busca da valoração. Os procedimentos incluídos neste segmento são os custos de reposição, os custos de dano evitado e a função de produção. Através deles pode-se proceder à valoração de determinado serviço com base, respectivamente, no custo da criação de uma opção artificial, nos custos para remediar algum efeito negativo em potencial no caso de ausência do serviço ecossistêmico em questão, e nos impactos impelidos à curva de produção considerando a variação do serviço ecossistêmico contido nessa função (TEEB, 2010b).

Mercados substitutos são outro grupo de métodos de valoração. Semelhantes ao método anterior, fundamentam-se na comparação com preços hedônicos e custos de deslocamento. No primeiro caso, geralmente o mercado imobiliário é a referência: imóveis localizados em áreas ambientalmente mais agradáveis são mais caros do que se estivessem localizados em áreas desagradáveis. Dessa diferença, obtém-se o valor do “meio ambiente”. No segundo caso, a analogia é feita com relação aos custos despendidos com transportes, muito associado ao turismo. O valor de uma reserva ambiental ou de um parque pode ser estimado a partir dos valores gastos com o deslocamento para essas áreas pelos demandantes.

A **preferência declarada** tenta mensurar a “[...]‘disposição para pagar’ por serviços aos quais é difícil de atribuir valor monetário.” (TEEB, 2010b, p. 53). As categorias pertencentes a esse grupo são o método de valoração contingente e a modelagem de escolha, ambos baseados na opinião de entrevistados, pelas quais eles revelam sua estimativa de valor para o serviço ecossistêmico em questão. Costumeiramente esses métodos são utilizados para capturar valores culturais e espirituais. A omissão ou manipulação das verdadeiras impressões são problemas que podem viesar esses métodos, sobrevalorizando ou subestimando os valores ecossistêmicos em discussão.

Valoração participativa também é um método que considera a opinião social e a sua expressão em termos monetários para revelar e contabilizar a importância de fatores naturais. Geralmente dinâmicas de grupo são empregadas para atingir os objetivos propostos com a valoração participativa.

Transferência de benefícios constitui o último grupo de métodos de valoração. As transferências são assim chamadas porque não se referem à valoração primária de determinado serviço ecossistêmico, mas sim, à apropriação de funções de benefício atribuídas a serviços ecossistêmicos distintos, mas semelhantes. Esses métodos podem revestir-se de alta complexidade estatística e macroeconômica.

6.4 ATUAÇÃO DOS GESTORES

Entre as abordagens que prestam apoio ao tomador de decisão, podemos identificar como uma das principais a Análise Custo-Benefício (ACB). Em se tratando de decisões econômico-ambientais, se torna difícil refutar a relevância de análises dessa natureza.

Todos os benefícios e custos de uma política ou projeto propostos são avaliados, acrescentados e comparados. Quando os benefícios superam os custos (o ‘benefício líquido’ é positivo), a mudança proposta é considerada economicamente eficiente. Pode-se argumentar que a ACB **domina a tomada de decisões econômicas** por permitir aos formuladores de decisões justificarem gastos (importante em um ambiente em que os recursos são limitados), parecer irrefutável (espelha o modo como as pessoas hoje fazem escolhas de consumo) e, frequentemente, ser legislada ou preferida em poderosos níveis de governo. (TEEB, 2010b, p. 57, grifo do autor).

Conforme proposto por TEEB (2010b), são etapas de uma ACB a definição do projeto, a classificação dos impactos, a conversão de impactos físicos em valores monetários, o desconto (que confere o valor real dos recursos no tempo presente), valoração do valor líquido presente e análise sensibilidade. Em linhas gerais, essa perspectiva permite a realização de uma análise ampla de alguma proposta de modificação envolvendo recursos naturais. É feita a comparação, através da diferença dos resultados, do panorama “com” projeto e o “sem” projeto, levando em consideração o saldo de benefícios por ele gerado para decidir se é viável ou não a mudança projetada.

Embora haja uma sólida justificativa para a aplicação da ACB em um contexto ambiental, existem críticas – que, apesar de válidas, argumentamos que não constituem uma razão para não se aplicar a análise. Tais críticas, na verdade, devem incitar a cautela, a transparência e o rigor analítico. A crítica faz com que os analistas se lembrem de documentar meticulosamente suposições, justificativas e limitações conhecidas. (TEEB, 2010b, p. 61).

Entre as dificuldades apontadas pelo autor, mencionamos como primordiais a incerteza e a imprecisão na estimativa, especialmente em casos de resiliência²⁰. A difícil aplicabilidade dessa análise em casos extremos, que levem à extinção de espécies, por exemplo, é outro fator complicador. Além disso, pode não ser justa a distribuição final dos benefícios e dos prejuízos entre os beneficiários e os prejudicados.

Outra vertente de abordagem é a da Análise Multicriterial (AMC), que, como o próprio nome sugere, engloba mais fatores do que os eminentemente de eficiência econômica e tem sua aplicação incentivada principalmente em situações de difícil monetização; do universo de fatores contemplados por esta abordagem, destaca-se: “[...] **critérios sociais, ambientais, técnicos, econômicos e financeiros** [...]” (TEEB, 2010b, p. 69, grifo do autor). As três subseções do AMC são a estruturação do problema, a análise e organização dos dados e o julgamento por sensibilidade, do melhor plano ou política.

A AMC possibilita, nos termos de TEEB (2010b, p. 71 e 72, grifos do autor), “[...] a **combinação de interesses e métodos divergentes**. Pode ser uma ferramenta de apoio à decisão muito útil em situações complexas. Afinal, não requer que cada valor receba um peso monetário [...]”. Apresenta, contudo,

[...] **limitações**: depende do julgamento de partes envolvidas e especialistas; os resultados podem, contudo, não ser representativos. Se as distorções de preços forem ajustadas, a ACB é mais adequada para determinar o custo-efetividade.

Qualquer ente de governo, como prefeituras municipais, no caso de cidades, tem obrigações para com sua sociedade e tudo aquilo que está presente no seu território (incluindo, logicamente, sua biodiversidade). Entre os famigerados assuntos de cunho político, sempre residem no centro dos debates – especialmente em períodos eleitorais – a preocupação com o social. Não há motivos para duvidar que este esteja intimamente ligado às questões ambientais. Logo, é natural pensar que as mesmas façam parte dos planos de governo, conforme sugerido por TEEB (2010b, p. 76, grifo nosso):

Governos locais têm diversas alternativas para agir como, por exemplo: através da promoção e criação de incentivos e através das regulações. Ao valorizar os ecossistemas, as áreas de responsabilidade municipal que podem ser mais impactadas são: arborização urbana, habitação, uso do solo/redução da expansão urbana, resíduos sólidos e **tratamento de água e esgoto; abastecimento de água;** abastecimento de energia e transporte.

²⁰ “Capacidade de um ecossistema de tolerar perturbações sem entrar em colapso.” (TEEB, 2010b, p. 242).

Estudos de caso, citados por TEEB (2010b), corroboram a ideia de que avaliando serviços ecossistêmicos e integrando-os à gestão pode-se alcançar com mais eficiência objetivos como: melhorar a qualidade de vida de áreas urbanas, reduzir o custo da máquina pública, fomentar o crescimento econômico da região, reduzir a pobreza, prevenir desastres ambientais, aliviar a pressão sobre a base de recursos naturais, tornar-se vanguarda política, entre outros.

A atuação de governos locais pode ser conduzida por meio de três opções básicas, quais sejam (TEEB, 2010b):

- a) Atuando como modelo, através de implementação de medidas voltadas para incremento no nível de desempenho da gestão, num processo de ampliação gradual;
- b) Promovendo e criando incentivos para estimular processo de transformação envolvendo todos os setores da sociedade para evoluir em concomitância à preservação do meio ambiente;
- c) Definindo o marco regulamentar, através de um sistema de legislação que privilegie a sustentabilidade ambiental, e monitorando o cumprimento das regras para garantir o uso sustentável e o gerenciamento do capital natural.

Ao encontro da proposta básica deste trabalho, TEEB (2010b, p. 84) referencia como exemplo de medidas a serem tomadas por um governo local, a respeito de gestão de recursos hídricos, o seguinte:

[...] o abastecimento de água é um dos serviços mais comuns prestados pelos governos locais. Programas para economia de água implementados em prédios municipais podem mostrar os benefícios de alternativas tecnológicas disponíveis e encorajam as empresas privadas e cidadãos a seguir o exemplo (atuar como modelo). Apoiar a economia de água através de regimes de fixação de preços ou oferecendo apoio financeiro, pode ajudar a reduzir o consumo (promover e criar incentivos). Restringir o uso do solo em zonas sensíveis de água subterrânea (regulação) minimiza o esgotamento dos recursos hídricos.

Ainda versando sobre esse tema, o autor do trecho acima menciona que, para atuar como modelo, gerir os ecossistemas locais e regionais para melhorar o abastecimento e tratamento de água é uma alternativa adequada, bem como estabelecer programas de economia de água em estabelecimentos públicos, além da promoção da utilização da água da chuva. Estabelecendo parcerias com outros níveis de governo, com o setor privado e com os habitantes, com a finalidade de encontrar formas eficazes de gerenciamento da água para a toda a bacia, estaria o governo local criando incentivos sociais e ambientais eficientes, de forma análoga à criação de programas para pagamento por serviços ecossistêmicos visando

proteção das bacias hidrográficas. Promover dispositivos para economia de água e a utilização da água das chuvas constituiriam, nesse caso, mecanismos regulatórios pertinentes para as propostas acima (TEEB, 2010b).

6.5 ESTUDO DE CASO: BACIA DE CAT-DEL EM NOVA IORQUE

O trabalho realizado por Elliman e Berry (2007) e mencionado por TEEB (2010b, p. 14), mostra que “A partir da aquisição e da restauração da Bacia de Catskill por US\$ 2 bilhões, Nova York garantiu sua fonte de consumo de água. Uma estação de condicionamento prévio equivalente teria custado US\$ 7 bilhões.”

A síntese acima retrata a maneira pela qual um serviço ecossistêmico pode trazer benefícios econômicos em de grandes proporções, além mesmo daqueles benefícios naturais que o próprio serviço, por si mesmo, já concede.

De acordo com o trabalho produzido por Elliman e Berry (2007), o governo da cidade de Nova Iorque construiu no século passado, com o consentimento do governo do estado homônimo, um engendrado sistema de canais, reservatórios e túneis para prover o abastecimento de água da cidade, atravessando mais de 200 km de distância e que hoje atende 9 milhões de nova-iorquinos, o que representa cerca de 90% das necessidades diárias da cidade. O resultado do conjunto de obras, que duraram mais de meio século (1907 a 1965), e captavam as águas das Bacias Hidrográficas de *Catskill* e do Rio *Delaware* (Cat-Del), uma região hidrográfica que cobre mais de 4.200 km², depararam-se na década de 80 com uma nova situação: a necessidade de mudança de paradigma, surgida com a implementação de normas mais rígidas acerca do gerenciamento de recursos hídricos, mais especificamente de águas de superfície não filtradas.

As opções viáveis que se apresentaram eram a construção de novas instalações de filtragem de água, que demandariam custos de capital da ordem de 6 a 10 bilhões de dólares, mais os custos de manutenção e operação, estimados em cerca de 300 milhões de dólares anuais, ou então, restaurar e preservar sua fonte de recursos naturais, através do dispêndio do valor estimado de um bilhão de dólares.

With the financial benefit of avoiding filtration through pollution prevention so clear, the City chose to follow a watershed-protection program that many consider to be the premier example of the economic rationale for protecting and restoring natural capital.

*To date, the City's watershed-protection efforts have sustained and arguably improved water quality*²¹. (ELLIMAN; BERRY, 2007, p. 208).

A questão da propriedade das terras no território das quais se situava Cat-Del passou a constituir um dos problemas após a promulgação da *Surface Water Treatment Rule* (SWTR) em 1889 pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA). Segundo essa imposição legal, passaria a ser exigido sistema de filtração de todas as fontes de água de superfície, **a menos que os operadores das redes públicas de água cumprissem certos requisitos de controle de qualidade**. A cidade e o estado de Nova Iorque detinham a posse de apenas 4% e 20%, respectivamente, dessas terras, o que dificultava controlar todas as atividades humanas que oferecessem potencial impacto adverso sobre a qualidade microbiológica da fonte de água, de acordo com os termos da recém-aprovada legislação (ELLIMAN; BERRY, 2007).

Para solucionar o problema apresentado, foram necessárias medidas caracterizadas pela abordagem ACB, bem como nítidas demonstrações das autoridades locais atuando como modelo, promovendo e criando incentivos e definindo marco regulamentar, condutas típicas de entes de governo que seguem os princípios de valoração dos serviços ecossistêmicos apregoados pelo programa TEEB, conforme se observa da leitura do trecho extraído de Elliman e Berry (2007, p. 211) e reproduzido abaixo:

*[...] representatives of New York State, New York City, watershed communities, and certain environmental groups forged the historic New York City Watershed Memorandum of Agreement (MOA). Signed in January 1997, the MOA brought about the first material changes to watershed regulations since 1953. The overarching goal was to protect the watershed without compromising the lives of its residents. It adopted land-acquisition targets, procedures, and funding levels; introduced more modern watershed regulations; established requirements and funding for improving water-related infrastructure; and committed technical and financial resources for environmentally sound economic development in watershed towns*²².

²¹ Com tão claro benefício financeiro de evitar filtração através da prevenção da poluição, a cidade optou por seguir um programa de proteção de bacias hidrográficas que muitos consideram ser o principal exemplo de racionalidade econômica para proteger e restaurar o capital natural.

Até o momento, os esforços de proteção das bacias hidrográficas da cidade têm continuado e indiscutivelmente melhoraram a qualidade da água. (tradução nossa).

²² [...] representantes do estado de Nova Iorque, cidade de Nova Iorque, comunidades da bacia hidrográfica, e certos grupos ambientais formularam o histórico Memorando de Acordo de Bacia Hidrográfica da cidade de Nova York (MOA). Assinado em janeiro de 1997, o MOA trouxe as primeiras alterações materiais à regulamentação da bacia hidrográfica desde 1953. A meta primordial era proteger a bacia hidrográfica, sem comprometer a vida de seus moradores. Ele adotou metas de aquisição de terras, procedimentos e níveis de financiamento; introduziu regulamentos de bacia hidrográfica mais modernos; estabeleceu requisitos e financiamento para melhorar a infraestrutura relacionada à água; e comprometeu recursos técnicos e financeiros para o desenvolvimento econômico ambientalmente saudável nas cidades das bacia hidrográfica. (tradução nossa).

Encabeçadas pelo MOA e impelidas pela USEPA, foram tomadas medidas em basicamente duas linhas de ação distintas: melhorar a infraestrutura relacionada à água e aprimorar a gestão territorial. Estima-se que até o fim de 2006 tenham sido gastos cerca de 700 milhões de dólares em investimento de infraestrutura envolvendo Cat-Del desde o início dos anos 90. Ressalta-se aqui a representatividade proporcionalmente pequena no dispêndio dessa conta, frente às estimativas de gastos com a criação de sistemas de filtração de água totalmente novos na cidade de Nova Iorque. Ainda mais impressionante foi a relação que se desenhou entre autoridades governamentais e proprietários de terra. Em termos financeiros, estima-se que o governo tenha alocado cerca de 300 milhões de dólares na aquisição de terras nas áreas de interesse para preservação de Cat-Del. O interessante, nesse caso, é que os vendedores das terras poderiam continuar gerenciando-as de acordo com as determinações impostas pela cidade de Nova Iorque, em uma relação similar à de mutualismo²³ entre cidadãos e governo. *“Traditional rural land uses, such as farming and, in particular, forestry, are generally compatible with watershed management, if best management practices are adopted and watercourses are adequately buffered”*²⁴. (ELLIMAN; BERRY, 2007, p. 212). Com este argumento, foi induzido um processo de fomento à agricultura familiar em consonância com a proteção ao abastecimento de água, segundo o qual o produtor é indenizado em seus custos incorridos, quando este adota algum plano de gestão agrícola devidamente aprovado pelos órgãos competentes.

Apesar dos indiscutíveis sucessos na tentativa de aliar objetivos econômicos, sociais e ambientais, o decorrer do tempo volta a apresentar entraves e propor desafios aos tomadores de decisão. Da análise das observações manifestadas por Elliman e Berry (2007), se vislumbra a ameaça real que o crescente desenvolvimento residencial e comercial vem impondo à saúde de Cat-Del e ao abastecimento de água limpa de Nova Iorque. Como parcela significativa da região não é de propriedade do Estado (mesmo depois da série de aquisições que ocorreram), ela continua a perder agricultores e campos agrícolas, muitas vezes para os efeitos da modernização e do desenvolvimento. A expansão natural da população em geral, tanto em virtude do desenvolvimento urbano como uso do solo agrícola, volta-se para perto correntes de água. Entre 1992 e 2001, a cobertura florestal em terras privadas na região caiu de 86% para 79%. O próprio mercado imobiliário norte-americano não cessa seu movimento de

²³ Na biologia, relação harmônica entre indivíduos de espécies diferentes da qual ambos se beneficiam.

²⁴ “Usos tradicionais de terras rurais, como a agricultura e, em particular, silvicultura, são geralmente compatíveis com a gestão de bacias hidrográficas, se as melhores práticas de gestão são adotadas e os cursos de água são adequadamente protegidos.” (tradução nossa).

expansão Os preços dos imóveis subiram substancialmente em apenas alguns anos e continuam a subir na região de Cat-Del, estimulando a conversão de terras em residências ou propriedades comerciais, já que a terra que está se valorizando de forma mais dramática é aquela mais próxima aos cursos d'água.

Ainda não se sabe quais os passos que a cidade irá adotar para enfrentar as tendências do uso da terra na região. Os próprios autores sugerem o oferecimento de um “[...] ‘*water quality premium*²⁵ [...]” (ELLIMAN; BERRY, 2007, p. 214, grifo nosso) pela cidade, como forma de incentivar a proteção das terras e das águas. O fato, porém, é que o escopo e a escala de proteção a Cat-Del exigem que os vários níveis de governo trabalhem em conjunto para proteger com robustez os recursos naturais da região, mediante uma maior fiscalização do uso da terra e regulamentos direcionados, sem os quais a proteção de Cat-Del ficará incompleta e insegura.

A título de contribuição, como os próprios autores sugerem,

This case highlights two major challenges to restoring natural capital in a watershed with multiple owners and private stakeholders. The first is [...] where one party's actions and goals conflict with those of the other. The second is gaining widespread acceptance that ecosystem processes in intact natural landscapes can filter large quantities of water more cost effectively and reliably than human-made filtration plants. In turn, realistic values need to be placed on natural capital, as the use of land for ecological services competes in the economic market with alternative uses such as property development²⁶. (ELLIMAN; BERRY, 2007, p. 215).

6.6 ESTUDO DE CASO: REVITALIZAÇÃO DO ARROIO CHEONGGYECHEON

A história do arroio Cheonggyecheon é bastante similar à do arroio Dilúvio. Localizado no Centro de Seul, a capital da Coreia do Sul, o arroio Cheonggyecheon era, há cerca de cem anos, um córrego de águas limpas utilizado com poucas restrições por sua população. Com o passar do tempo e a chegada da urbanização, surgiram também a degradação e a poluição (BOCHI, 2013). Em virtude dessa similaridade, a revitalização do arroio sul-coreano foi o principal exemplo inspirador do Programa de Revitalização da Bacia

²⁵ ‘prêmio de qualidade da água’ (tradução nossa).

²⁶ Este caso destaca dois grandes desafios para a restauração do capital natural em uma bacia hidrográfica com múltiplos proprietários e agentes privados. A primeira é [...] onde as ações e metas de uma das partes entram em conflito com as do outro. A segunda está ganhando aceitação generalizada de que os processos do ecossistema em paisagens naturais intactas podem filtrar grandes quantidades de água mais econômica e confiavelmente do que as plantas de filtragem criadas pelo homem. Por sua vez, valores realistas precisam ser estabelecidos em capital natural, como o uso da terra para os serviços ecológicos concorre no mercado econômico com usos alternativos tais como o desenvolvimento da propriedade. (tradução nossa).

do Arroio Dilúvio, uma iniciativa das prefeituras municipais de Porto Alegre e Viamão e das universidades UFRGS e PUC/RS (UFRGS, 2012).

De acordo com a autora, por volta da década de 1960, foram construídas pistas rolagem de automóveis dos lados e acima do arroio canalizado, algumas das quais tiveram de ser demolidas, o que ensejou às autoridades locais a possibilidade de revitalizar o arroio de sua cidade. Iniciada em 2003 e concluída em 2005, a revitalização do arroio Cheonggyecheon fez parte de um projeto de renovação urbana, que apresenta como principais aspectos positivos,

[...] a criação de um ambiente urbano de qualidade voltado para o lazer, para a preservação do meio ambiente e atrativo aos visitantes, estimulando também o desenvolvimento econômico da região. Além disso, o parque funciona como um sistema de defesa natural contra inundações e reserva natural. (BOCHI, 2013, p. 46).

Além destas, outras melhorias apareceram, de acordo com Bochi (2013), especialmente aquelas relacionadas ao trânsito, em virtude da ampliação de ciclovias e do transporte público, o que propiciou a purificação natural do ar da região; somando-se a isso a diminuição média da temperatura local em 3°C que melhorou o microclima, entende-se o porquê do aumento da biodiversidade no entorno do arroio Cheonggyecheon.

Bochi (2013) relata acerca de algumas críticas ao projeto e as associa a motivos políticos, em virtude da antecipação dos prazos para conclusão das obras dentro do mandato vigente. Os principais vieses negativos do projeto têm cunho socioambiental e dizem respeito à falta de sustentabilidade do fornecimento de água do arroio, baseado em um sistema de bombeamento que gasta energia em demasia. Ademais, a reivindicação social reside no fato de que, para dar viabilidade ao projeto, milhares de pessoas dependentes do comércio local da região do arroio foram removidas sem o adequado reassentamento.

Guardadas as devidas proporções e levando-se em consideração as medidas socioambientais que foram negligenciadas no caso Cheonggyecheon, esse projeto possui importantes características que podem ser adaptadas ao programa aplicado ao arroio Dilúvio. Segundo especialistas em planejamento urbano (UFRGS, 2012), a situação do arroio porto-alegrense é remediável, motivo pelo qual foi instituído o Programa de Revitalização da Bacia do Arroio Dilúvio, que atualmente está em sua terceira fase, o Projeto Básico, que antecede o Projeto Executivo e a Execução, propriamente dita. As primeiras etapas (Marco Conceitual e Plano de Ação) foram divulgadas em 2011 e 2012, respectivamente, das quais podemos referir como objetivo geral

[...] a recuperação ambiental da Bacia do Arroio Dilúvio através da implantação de sistemas técnicos e naturais de saneamento ambiental para a gestão das águas, da ecologização do espaço urbano com acréscimo de áreas verdes, da retomada da funcionalidade da Bacia próxima à original e da concepção de construções que sejam menos sensíveis aos impactos causados por eventos climáticos e condicionalidades da realidade local. (UFRGS, 2012, p. 27).

As pretensões do programa vislumbram ainda a transformação da Bacia em um lugar seguro, acessível, saudável, verde, voltado à celebração da vida e que sirva de referência ao orgulho cívico, para induzir melhorias à qualidade de vida e elevação de renda. Entre os valores do programa, apontamos aqueles que reforçam sua simetria com o programa TEEB:

- a) Responsabilidade ambiental;
- b) Equidade;
- c) Envolvimento e apoio amplo da comunidade;
- d) Economia sustentável.
- e) Transparência nas ações;
- f) Integridade;
- g) Abordagem ampla e sustentável dos problemas da Bacia.

A revitalização prevê um desembolso total de cerca de R\$ 500 milhões em torno de sete eixos principais: água, urbanismo, mobilidade, educação, economia, governança e gestão de projeto.

A concepção é de que este projeto, de cunho municipal e cujas decisões são tomadas no âmbito do governo local, caminha paralelamente aos preceitos determinados pelo programa TEEB, especialmente nas questões voltadas à política local, nas quais podem ser empregadas análises do tipo ACB, de custo-efetividade e AMC, visando à integração plena da sociedade com o meio ambiente.

6.7 ESTUDO DE CASO: PROJETO INTEGRADO SOCIOAMBIENTAL

O Projeto Integrado Socioambiental (PISA) é um projeto de saneamento para a cidade de Porto Alegre, cujos estudos iniciaram no ano 2000. Seus claros objetivos de ampliar a capacidade de tratamento de esgotos da cidade e, com isso, melhorar a qualidade de vida toda população porto-alegrense, sendo 800 mil pessoas diretamente, foram ofuscados por desacertos de cunho político, administrativo e financeiro, postergando para 2007 o início da realização das obras do PISA (PORTO ALEGRE, 2014d).

De acordo com Ecos (2014), o conjunto de obras contempladas pelo projeto eleva de 27% para 80% a capacidade de Porto Alegre tratar os esgotos gerados por seus habitantes. Viabilizado por recursos oriundos do município, do Governo Federal e de financiamento junto a organismos financeiros nacionais e internacionais, o PISA é responsável pela aplicação de R\$ 672,9 milhões, sendo R\$ 480 milhões destinados diretamente a obras de saneamento (PORTO ALEGRE, 2014b). Essa mesma fonte informa que as principais ações de saneamento básico do projeto (ANEXO G) constituem-se de:

- a) Cerca de 150 km de redes coletoras de esgoto;
- b) 26 km de emissários de esgoto, sendo 14 km subaquáticos;
- c) Sete novas EBE; e
- d) Uma nova Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), localizada no bairro Serraria, com capacidade de tratamento de 4.100 l/s.

Principal obra do PISA, tendo custado R\$ 145,9 milhões mais equipamentos adquiridos, a ETE Serraria iniciou suas operações em 12 de março de 2014, com capacidade parcial, tratando 530 l/s, para, posteriormente, passar à faixa dos 2.500 l/s (PORTO ALEGRE, 2014d), grande parte dessa quantidade proveniente da foz do arroio Dilúvio, conforme colabora Bendati et al. (2000, p. 9, grifo nosso), ao afirmar que “O emissário subfluvial da Ponta da Cadeia lança no Guaíba cerca de 1800 L/s de efluentes de esgotos domésticos ‘*in natura*’ ou após tratamento primário.” A ETE Serraria, com capacidade para tratar 50% de todo o esgoto doméstico coletado em Porto Alegre (que é estimado em apenas 87% do total produzido), pode evitar o lançamento de cerca de 150 milhões de litros diários de esgoto no lago Guaíba.

Medidas como o PISA vão ao encontro da teoria TEEB, no tocante aos aspectos em que o governo local atua como modelo, através do fornecimento e ampliação de serviços básicos de saneamento e cria incentivos à adesão popular, mediante programas de conscientização pelo monitoramento da qualidade das águas, bem como pelo estímulo ao engajamento dos cidadãos em ligar suas casas às redes municipais de esgoto.

Os benefícios econômicos também se evidenciam uma vez que “Segundo a Organização Mundial da Saúde, cada R\$ 1,00 investido em saneamento representa uma economia de R\$ 4,00 com gastos em saúde.” (ECOS, 2014, p. 94). Além de se esperar reduzir em 25% as doenças de veiculação hídrica junto à comunidade atendida, projeta-se devolver em um futuro próximo as condições de balneabilidade às praias da capital gaúcha, promovendo a exploração positiva do potencial turístico da cidade e fornecer água de maior qualidade à população porto-alegrense. Objetivos a serem atingidos concomitantemente à

redução dos gastos com tratamento, em virtude da redução do uso de produtos químicos neste processo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo acerca dos parâmetros de qualidade da água e da evolução temporal dos respectivos valores encontrados ao longo do curso do arroio Dilúvio em Porto Alegre/RS permite afirmar que a poluição, eminentemente aquela proveniente dos esgotos domésticos, tornou-se um problema crônico nas últimas décadas. O prejuízo social, dado pela degradação desse recurso natural tem sua origem no somatório das buscas privadas por minimização de custos, em um típico processo caracterizado pela presença de externalidades ambientais negativas.

Tanto sob a ótica do IQA, quanto do enquadramento por classes do CONAMA, os baixos padrões obtidos pela qualidade da água do arroio Dilúvio, que muito se afastam das características naturais de outrora, sugerem a necessidade de intervenção de mecanismos econômicos para promover desenvolvimento sustentável e preservação da biodiversidade, que envolvem, potencialmente, medidas de cobrança pelo uso de suas águas.

O estudo TEEB fornece subsídio por uma gama de ferramentas e métodos de análise para que famílias, empresas e - fundamentalmente, na opinião deste autor - gestores de governos, apliquem medidas ou políticas voltadas com o duplo objetivo retratado no parágrafo anterior. Os três estudos de caso mantêm similaridade nesse aspecto, representando iniciativas de governos locais ante a iminência de choques ambientais de grave repercussão social, ou a própria convivência com eles. Preocupações com o abastecimento de água de uma região, revitalização de corpos d'água naturais e tratamento de esgoto devem estar no cerne do planejamento político dos governos, sob pena de condenar sua população e seu meio ambiente à degradação irreparável.

Em suma, se pode dizer que a presente monografia atingiu parcialmente os objetivos a que se propôs, no sentido de que ainda pode ser feita a mensuração monetária do valor global ecossistêmico do arroio Dilúvio. Do ponto de vista metodológico, este trabalho de pesquisa deixa como legado a exposição de métodos pelos quais se pode instrumentalizar essa valoração, com vistas ao controle do contínuo processo puramente exploratório, como por exemplo, a construção de um índice de preço ponderado pelos serviços ecossistêmicos prestados pelo arroio. A sugestão para trabalhos acadêmicos futuros, então, é o estabelecimento preciso de uma metodologia de cálculo que englobe cada serviço ecossistêmico presente no Dilúvio associado a seus respectivos usuários, a fim de internalizar os prejuízos sociais, promovendo a preservação do arroio mediante o consumo equitativo dos serviços prestados por suas águas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. et al. Lago Guaíba (RS): índice de qualidade da água - IQA, 2000 a 2009. **Ecos: Técnica**, Porto Alegre, v. 4, p. 5-14, maio 2012.

BENDATI, M. et al. Avaliação da qualidade da água do lago Guaíba (Rio Grande do Sul, Brasil) como suporte para a gestão da bacia hidrográfica. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Abes, 2000. Não paginado. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/v-076.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.

BOCHI, T. **Corredores fluviais urbanos: percepção ambiental e desenho urbano**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Planejamento Urbano e Regional, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFRGS, Porto Alegre, 2013.

BRASIL. Presidência da República. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 10 set. 2014.

____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Seção 1, p. 470.

____. Agência Nacional das Águas. Ministério do Meio Ambiente. **Indicadores de qualidade: índice de qualidade das águas (IQA)**. 2014. Não paginado. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 18 set. 2014.

____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do CONAMA: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. Edição especial. Brasília, 2012a. p. 371-373. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2014.

____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do CONAMA: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. Edição especial. Brasília, 2012b. p. 374-400. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2014.

COASE, R. The problem of social cost. **The Journal of Law & Economics**, Virginia, p. 1-44, 1960.

ECOS: Socioambiental: uma nova realidade para o saneamento em Porto Alegre. Porto Alegre: Dmae, v. 20, n. 34, mar. 2014. Edição especial.

ELY, A. Economia, ecologia e poluição: uma apreciação sobre o meio ambiente para uma nova ordem econômica e constitucional. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 7, p.63-76, 1986.

____. **Economia do meio ambiente**: uma apreciação introdutória interdisciplinar da poluição, ecologia e qualidade ambiental. 4. ed. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser, 1990.

ELLIMAN, C.; BERRY, N. Protecting and restoring natural capital in New York city's watersheds to safeguard water. In: ARONSON, J.; MILTON, S.; BLIGNAUT, J. (Ed.). **Restoring Natural Capital**: science, business and practice. Washington: Island Press, 2007. Cap. 24. p. 208-215. Disponível em: <<http://biblio.telug.ca/LinkClick.aspx?fileticket=ZWYgaFppOxY=&tabid=42141&language=fr-CA>>. Acesso em: 06 out. 2014.

FARIA, C.; NEUVALD, I.; ALVES, P. **Avaliação da evolução de alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos no arroio Dilúvio**. Porto Alegre: Dmae, 1994. Não paginado. (Publicação técnica, n.54).

FUJIMOTO, N. **Análise ambiental urbana na área metropolitana de Porto Alegre - RS: sub-bacia hidrográfica do arroio Dilúvio**. 2001. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Departamento de Geografia, USP, São Paulo, 2001.

GUERRA, T. (Org.). **Relatório de estágio em educação ambiental**: estudos de arroios urbanos de Porto Alegre como base para educação ambiental. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, 2012.

HARRIS, J. The theory of environmental externalities. In: HARRIS, J.; ROACH, B. **Environmental and natural resource economics**: a contemporary approach. 3th. ed. New York: M. E. Sharpe, 2013. p. 33-75. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=GUolAAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=environmental+and+natural+resources&hl=PT-BR&sa=X&ei=Lr9cVJrvEbLesATYkYLIDw&redir_esc=y#v=onepage&q=environmental%20and%20natural%20resources&f=false>. Acesso em: 07 nov. 2014.

HARTMANN, P. **A cobrança pelo uso da água como instrumento econômico na política ambiental**: estudo comparativo e avaliação econômica dos modelos de cobrança pelo uso da água bruta propostos e implementados no Brasil. Porto Alegre: Aeba, 2010.

LANNA, A. **Estudo comparativo entre os modelos de cobrança pelos usos da água propostos e em execução atualmente no Brasil**: uma avaliação tendo em perspectiva o Rio Grande do Sul. [S.l.]: Alfasigma Consultoria, 2011.

MENEGAT, R.; KIRCHHEIM, R. E. Lagos, rios e arroios: as doces águas da superfície. In: MENEGAT, R. et al. (Org.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Ufrgs, 2006. p. 35-42.

MORANDI, I.; FARIA, C. A difícil recuperação de arroios em áreas urbanas: Arroio Dilúvio - Porto Alegre/RS. **Ecós: Pesquisa**, Porto Alegre, v. 3, n. 6, p.7-22, maio 2002.

NETO, P.; FREITAS, M.; AGRA, S. Processo de gestão das águas na bacia hidrográfica do lago Guaíba. In: ENCONTRO ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 1., 2002, Indaiatuba-SP. **Trabalhos apresentados...** São Paulo: ANPPAS, 2002. Não paginado. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro1/gt/recursos_hidricos/Soares%20Neto%20-%20Freitas%20-%20Agra.pdf>. Acesso em: 18 set. 2014.

OLIVEIRA, O. **Modelo para negociar as alternativas de gestão de bacias**: o caso do programa Pró-Dilúvio em Porto Alegre. 2006. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

PEREIRA, R. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-36, jul./dez. 2004. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2014.

PINDYCK, R.; RUBINFELD, D. **Microeconomia**. 7. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.

PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais. Prefeitura Municipal. **O Arroio Dilúvio**. 2014a. Não paginado. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=71>. Acesso em: 27 out. 2014.

_____. Departamento Municipal de Águas e Esgotos. Prefeitura Municipal. **Programa integrado socioambiental**: socioambiental: uma referência nacional no cenário do saneamento. 2014b. Press Kit. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/cs/usu_doc/socioambiental_-_uma_referencia_nacional_no_cenario_do_saneamento.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2014.

_____. Departamento Municipal de Águas e Esgotos. Prefeitura Municipal. **A melhoria da qualidade da água do arroio Dilúvio (sub-bacia D-11, Porto Alegre / RS) e sua relação com as ligações de esgoto no sistema separador absoluto do DMAE**. 2009. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/laudo_diluvio_d11_n_14_2009_dvp.pdf>. Acesso em: 14 out. 2014.

_____. Prefeitura Municipal. **Origens e história**. 2014c. Não paginado. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_cidade/?p_secao=3>. Acesso em: 26 out. 2014.

_____. Prefeitura Municipal. **Projeto integrado socioambiental**. 2014d. Não paginado. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/pisa/default.php>>. Acesso em: 31 out. 2014.

PORTO, M.; OLIVEIRA, P. (Org.). **Avaliação preliminar das condições ambientais da bacia do Arroio Dilúvio, em Porto Alegre/RS, com ênfase na qualidade da água**. Porto Alegre: Instituto de Biociências, UFRGS, 1995.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Qualidade ambiental**: região hidrográfica do Guaíba. [2014?]. Não paginado. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqagua.asp>>. Acesso em: 10 set. 2014.

SEROA DA MOTTA, R. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Rio de Janeiro: Ipea, 1997.

_____. Valoração e precificação dos recursos ambientais para uma economia verde. **Economia Verde**: desafios e oportunidades, Rio de Janeiro, v. 8, p.179-190, jun. 2011.

SILVEIRA, J. C. Turvo destino das águas. **Jornal da Universidade**, Porto Alegre, n. 167, jan./fev. 2014. Caderno JU, nº 16, p. 1-3.

THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY (TEEB). **A economia dos ecossistemas e da biodiversidade**: integrando a economia da natureza: uma síntese da abordagem, conclusões e recomendações do TEEB. Traduzido pela Confederação Nacional da Indústria. [S.l.]: Pnud, 2010a. Disponível em: <http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/StudyandReports/Reports/Synthesisreport/TEEB_Sintese-Portugues.pdf>. Acesso em 4 out. 2014.

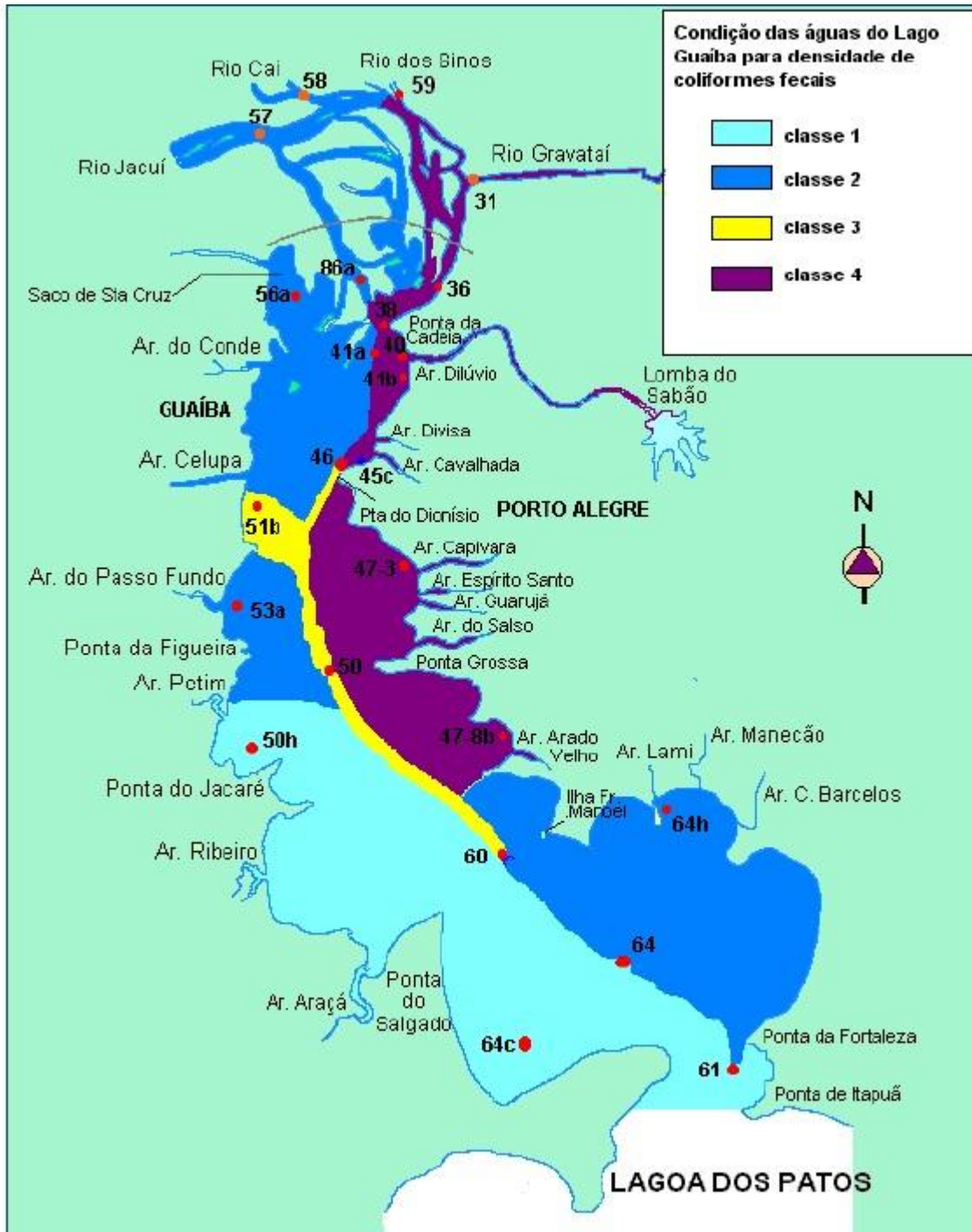
_____. **A economia dos ecossistemas e da biodiversidade para formuladores de políticas locais e regionais**. Traduzido pela Confederação Nacional da Indústria. Londres: [Earthscan], 2010b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/143-economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade?download=1010:teeb-a-economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade-para-formuladores-de-politicas-locais-e-regionais>>. Acesso em: 13 jun. 2014.

_____. **A economia dos ecossistemas e da biodiversidade**: um relatório preliminar. Traduzido pela Confederação Nacional da Indústria. Bruxelas: European Communities, 2008. Disponível em: <http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Additional%20Reports/Interim%20report/TEEB%20Interim%20Report_Portuguese.pdf> Acesso em: 4 out. 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). (Org.). **Programa de revitalização da bacia do Arroio Dilúvio**: Plano de ação. Porto Alegre: [s.n.], 2012.

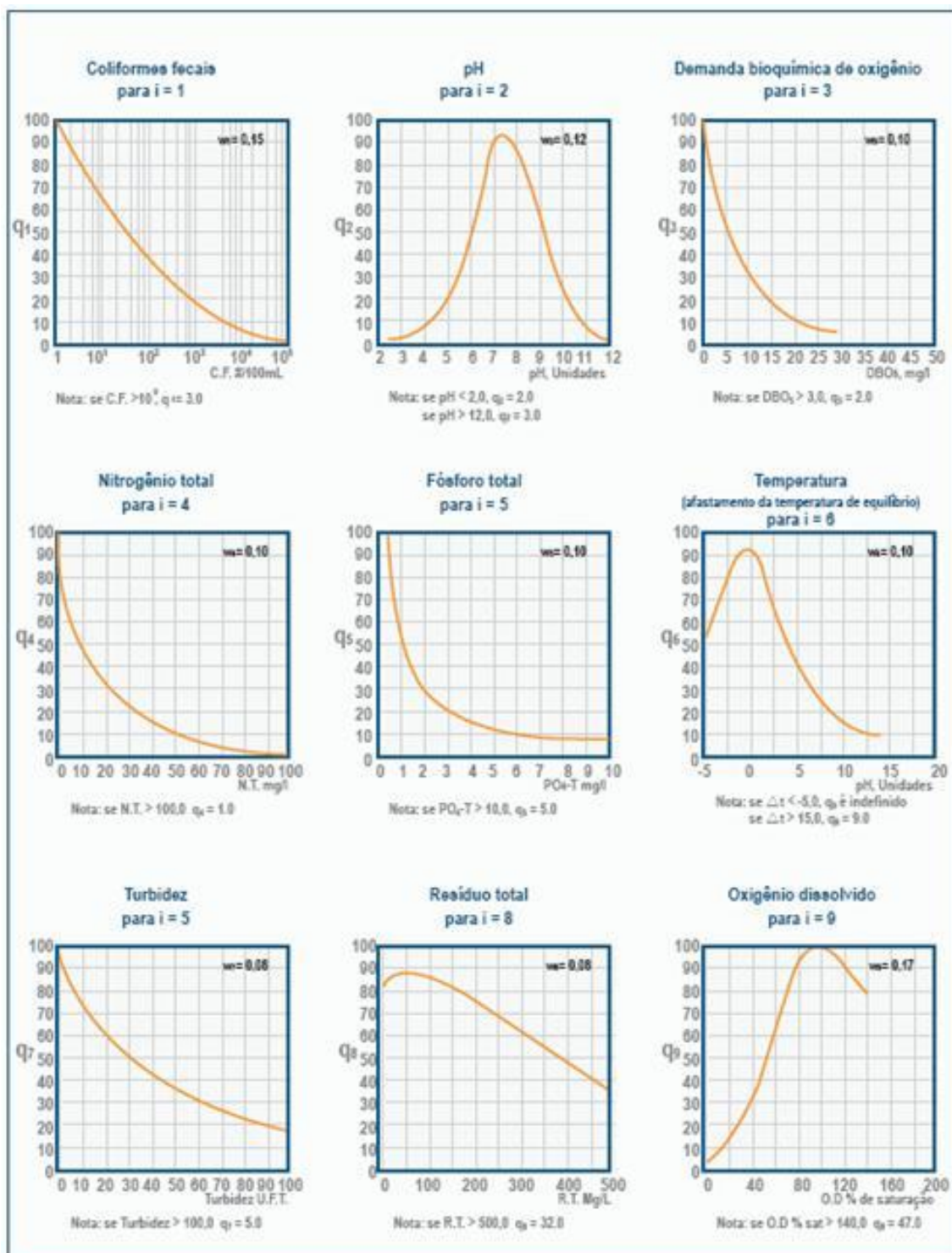
UNGARETTI, A. **Perspectiva socioambiental sobre a disposição de resíduos sólidos em arroios urbanos: um estudo na sub-bacia hidrográfica Mãe d'Água no município de Viamão - RS**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Planejamento Urbano e Regional, Faculdade de Arquitetura, UFRGS, Porto Alegre, 2010.

ANEXO A – Enquadramento do lago Guaíba por coliformes fecais em 2000



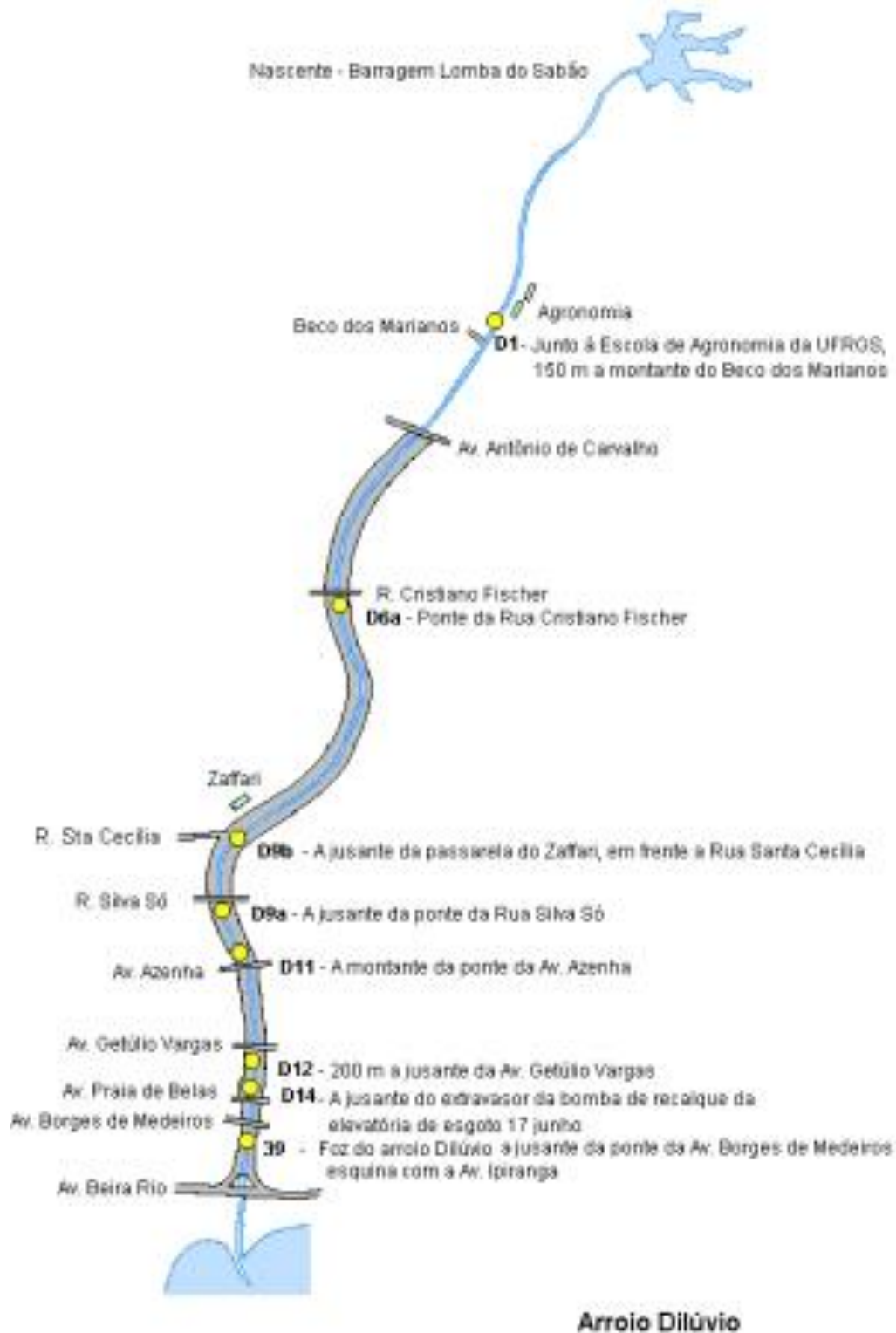
Fonte: Bendatti et al. (2000).

ANEXO B – Valores dos parâmetros do IQA em função de sua concentração ou medida



Fonte: Brasil (2014).

ANEXO C – Alguns pontos de coleta de água no arroio Dilúvio



Fonte: Morandi e Faria (2002).

ANEXO D – Resultados obtidos para os parâmetros analisados do arroio Dilúvio entre 1996 e 1999

TABELA II - Arroio Dilúvio - Cor (mgPt/L)

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo
D1	16	42	23,6	18	90
D6a	15	41	17,0	13	70
D9b	16	35	22,1	10	90
D9a	16	36	15,2	13	60
D11	16	34	13,8	13	55
D12	15	37	16,3	10	70
D14	16	34	16,3	10	70
39	16	36	16,3	13	70

TABELA IV - Arroio Dilúvio - pH

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo
D1	16	7,5	0,15	7,2	7,7
D6a	15	7,7	0,22	7,4	8,2
D9b	16	7,7	0,19	7,4	8,1
D9a	16	7,7	0,15	7,4	8,1
D11	16	7,6	0,20	7,3	7,9
D12	15	7,6	0,12	7,4	7,9
D14	16	7,6	0,15	7,3	7,9
39	16	7,5	0,15	7,3	7,8

TABELA VI - Arroio Dilúvio - DQO (mgO₂/L)

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo
D1	17	33,7	13,25	14,0	63,4
D6a	16	73,6	29,80	35,0	120,0
D9b	17	98,5	51,76	34,0	210,0
D9a	17	94,0	42,67	35,0	210,0
D11	17	70,2	20,33	40,2	100,0
D12	15	77,6	56,65	28,1	235,0
D14	17	87,2	71,68	31,0	337,0
39	17	93,2	78,87	30,7	310,0

TABELA VIII - Arroio Dilúvio - Nitrogênio amoniacal (mgN/L)

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo
D1	17	6,49	3,742	0,79	12,22
D6a	16	10,09	4,661	1,73	15,84
D9b	17	10,30	4,500	1,82	17,22
D9a	17	10,18	4,894	1,94	21,56
D11	17	9,72	4,470	1,84	18,48
D12	16	10,62	5,486	2,88	22,40
D14	17	10,75	5,827	2,23	21,56
39	17	10,94	6,296	2,96	24,36

TABELA X - Arroio Dilúvio - Nitrato (mgNO₃/L)

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo
D1	17	0,78	0,788	0,00	2,93
D6a	16	1,10	1,203	0,12	4,70
D9b	17	0,70	0,788	0,06	3,10
D9a	17	0,87	1,482	0,09	6,22
D11	17	0,58	0,578	ND	1,91
D12	16	1,21	1,345	0,06	5,24
D14	17	0,77	1,078	ND	4,07
39	17	0,63	0,849	0,07	3,14

TABELA XII - Arroio Dilúvio - Sulfeto (mgS/L)

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo
D1	15	<0,1	-	ND	<0,1
D6a	14	<0,1	-	ND	<0,1
D9b	15	<0,1	-	ND	<0,1
D9a	15	<0,1	-	ND	<0,1
D11	15	<0,1	-	ND	<0,1
D12	14	<0,1	-	ND	<0,1
D14	14	<0,1	-	ND	<0,1
39	15	<0,1	-	ND	<0,1

TABELA III - Arroio Dilúvio - Sólidos dissolvidos (mg/L)

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo
D1	16	171	44,1	112	282
D6a	15	174	22,8	134	207
D9b	15	188	27,8	157	264
D9a	16	183	25,2	148	238
D11	16	180	19,4	153	219
D12	15	186	24,3	163	245
D14	15	180	21,4	149	222
39	15	188	23,1	155	238

TABELA V - Arroio Dilúvio - DBO (mgO₂/L)

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo
D1	15	7,6	3,33	3,4	17,0
D6a	15	17,7	8,00	6,0	38,0
D9b	15	29,2	16,37	10,0	72,0
D9a	15	27,8	13,03	9,0	52,0
D11	16	21,5	5,42	13,0	33,0
D12	14	31,8	39,79	8,4	155,0
D14	16	31,3	39,76	10,0	168,0
39	15	34,3	42,26	6,0	170,0

TABELA VII - Arroio Dilúvio - OD (mgO₂/L)

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo
D1	17	5,1	1,30	3,2	7,6
D6a	16	6,0	1,43	2,7	8,1
D9b	17	4,7	1,71	1,1	7,0
D9a	17	4,5	1,77	1,4	7,0
D11	17	3,4	1,64	ND	6,5
D12	16	3,3	1,84	ND	6,7
D14	17	3,3	2,25	ND	8,6
39	17	3,0	2,15	ND	7,5

TABELA IX - Arroio Dilúvio - Nitrito (mgNO₂/L)

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo
D1	16	0,690	0,3148	0,200	1,276
D6a	15	0,543	0,2236	0,248	0,971
D9b	16	0,650	0,3684	0,132	1,400
D9a	16	0,541	0,2898	0,106	1,220
D11	16	0,556	0,3127	0,130	1,108
D12	15	0,505	0,3244	0,0029	1,133
D14	16	0,466	0,3263	0,0029	1,073
39	16	0,512	0,4487	0,0029	1,698

TABELA XI - Arroio Dilúvio - Fosfato total (mgPO₄/L)

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo
D1	17	1,60	0,791	0,54	3,16
D6a	16	3,59	1,544	1,17	6,77
D9b	17	6,20	4,905	1,44	22,93
D9a	17	5,65	2,726	1,33	11,94
D11	17	4,36	1,513	1,28	6,47
D12	16	5,27	3,345	1,55	13,14
D14	17	3,96	2,243	1,33	10,35
39	17	4,56	3,130	1,30	14,15

TABELA XIII - Arroio Dilúvio - Coliformes fecais (NMP/100mL)

Estação	Nº dados	Mediana	Desvio	Mínimo	≤= 80%
D1	16	72.458	1.042.303	10.000	130.000
D6a	15	523.525	1.233.646	50.000	956.000
D9b	16	1.116.831	1.890.845	140.000	4.200.000
D9a	16	1.179.277	1.759.045	50.000	3.000.000
D11	16	1.071.503	2.704.826	220.000	2.720.000
D12	15	911.625	6.224.598	130.000	2.100.000
D14	16	595.485	7.695.454	90.000	1.820.000
39	16	888.119	13.276.326	40.000	7.020.000

Fonte: Morandi e Faria (2002).

ANEXO E - Serviços ecossistêmicos

Nosso bem-estar econômico, físico, mental e cultural depende da saúde dos ecossistemas. Seus serviços podem ser definidos da seguinte maneira (Avaliação Ecossistêmica do Milênio, MA 2005).

Serviços de Provisão são serviços ecossistêmicos que descrevem os resultados materiais ou de energia advindos dos ecossistemas. Os serviços de provisão incluem alimentos, água e outros recursos.



Alimentos: os ecossistemas fornecem as condições para o cultivo de alimentos – em habitats selvagens e ecossistemas agrícolas manejados.



Matéria Prima: os ecossistemas fornecem uma enorme diversidade de materiais para construção e combustíveis.



Água: os ecossistemas fornecem águas subterrâneas e de superfície.



Recursos medicinais: muitas plantas são utilizadas como remédios tradicionais e como insumos para a indústria farmacêutica.

Serviços de regulação são os serviços que os ecossistemas fornecem quando agem como reguladores, por exemplo: regulando a qualidade do ar e do solo ou agindo no controle de inundações e doenças.



Regulação local do clima e da qualidade do ar: árvores fornecem sombra e removem poluentes da atmosfera. Florestas influenciam a quantidade de chuva.



Sequestro e armazenamento de carbono: árvores e plantas crescem, removem o dióxido de carbono da atmosfera e efetivamente armazenam esse carbono em seus tecidos.



Moderação de eventos extremos: ecossistemas e organismos vivos criam amortecimentos contra danos naturais como inundações, tempestades e deslizamentos de terra.



Tratamento de efluentes: micro-organismos no solo e em áreas úmidas decompõem resíduos humanos e animais.



Prevenção contra erosões e manutenção da fertilidade do solo: a erosão do solo é um fator chave no processo de degradação da terra e de desertificação.



Polinização: cerca de 87 das 115 plantações líderes globais de alimentos dependem da polinização animal, incluindo importantes plantações de cacau e café (Klein et al. 2007).



Controle biológico: os ecossistemas são importantes na regulação de pestes e vetores transmissores de doenças.

Habitats ou Serviços de Suporte sustentam quase todos os outros serviços. Os ecossistemas fornecem espaços para a vida de plantas e animais; eles também mantêm uma diversidade de tipos de plantas e animais.



Habitats para espécies: os habitats fornecem tudo que uma planta ou animal precisa para sobreviver. Espécies migratórias necessitam de habitat ao longo de suas rotas migratórias.



Manutenção da diversidade genética: a diversidade genética distingue diferentes espécies, fornecendo a base para cultivares bem adaptados e um patrimônio genético para o desenvolvimento comercial de plantações e gado.

Serviços culturais incluem os benefícios não-materiais que as pessoas obtêm a partir do contato com ecossistemas. Esses serviços incluem benefícios estéticos, espirituais e psicológicos.



Recreação e saúde física e mental: o papel das paisagens naturais e espaços verdes urbanos para manter a saúde física e mental é cada vez mais reconhecido.



Turismo: o turismo natural fornece benefícios econômicos consideráveis e é uma fonte de renda vital para muitos países.



Contemplação estética e inspiração para cultura, arte e design: a linguagem, o conhecimento e contemplação do ambiente natural têm sido intimamente relacionados em toda a história da humanidade.



Experiência espiritual e sentido de pertencer a algum lugar: a natureza é um elemento comum nas principais religiões; paisagens naturais também formam a identidade local e o "sentido de pertencer".

Fonte: TEEB (2010a).

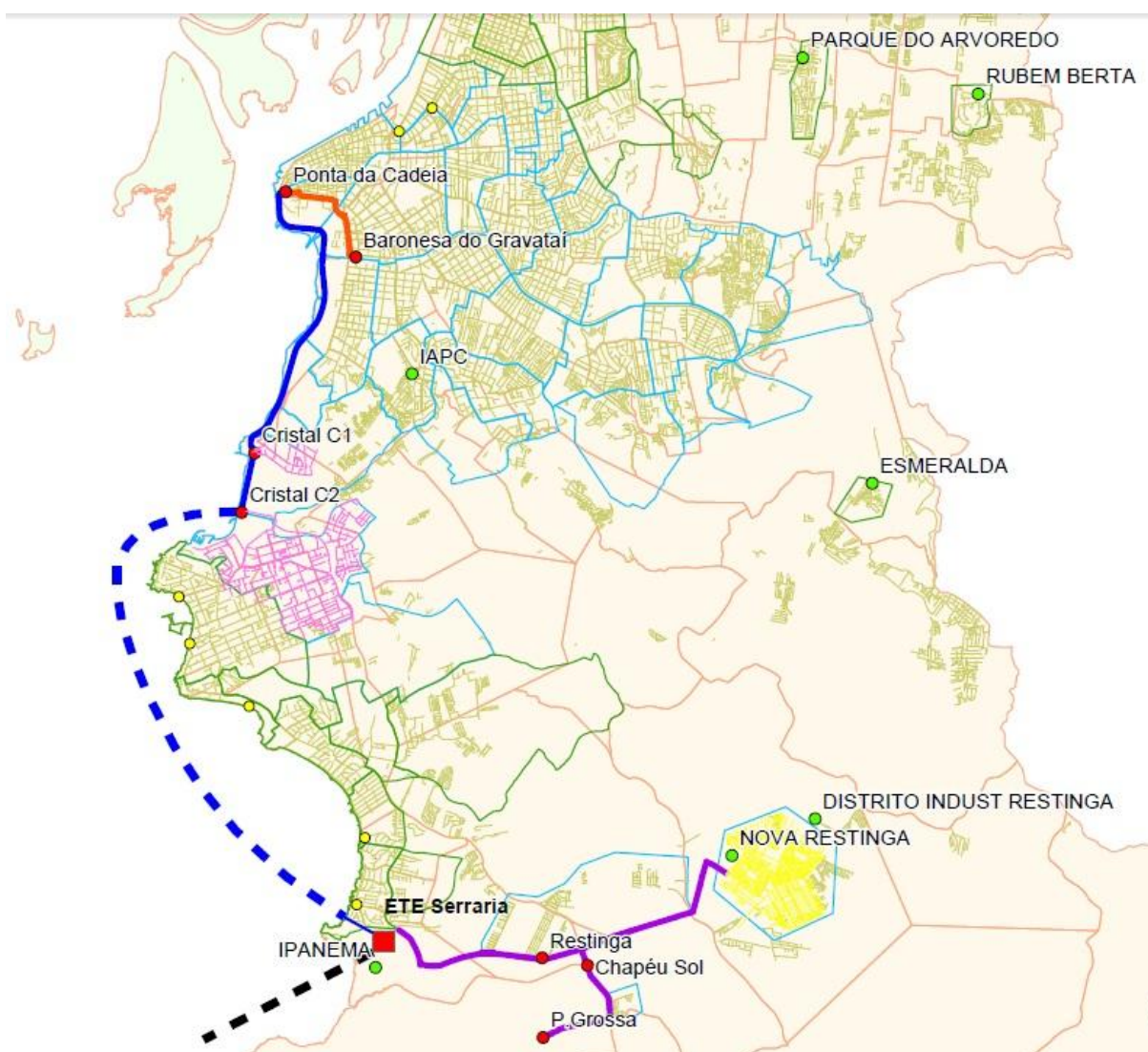
ANEXO F – Tipologias e metodologias de valoração ambiental

Grupo	Métodos	Resumo	Análise estatística	Serviços avaliados
1. Preços diretos de mercado	Preços de mercado	Observação de preços de mercado	Simple	Serviços de fornecimento
2. Mercado alternativo	i. Custos de reposição	Busca de uma solução humana como alternativa para o serviço ecossistêmico	Simple	Polinização, purificação da água
	ii. Custo de dano evitado	Quanto gasto foi evitado devido ao serviço ecossistêmico fornecido?	Simple	Atenuação de danos, sequestro de carbono
	iii. Função de produção	Quanto é o valor agregado pelo serviço ecossistêmico com base em sua contribuição para os processos de produção?	Complexo	Purificação da água, disponibilidade de água doce, serviços de fornecimento
3. Mercados substitutos	i. Método do Preço Hedônico	Consideram o mercado imobiliário e a quantia extra paga por maior qualidade ambiental	Muito complexo	Valores de uso apenas, recreação e lazer, qualidade do ar
	ii. Método do Custo de Deslocamento	O custo para se visitar um local: despesas de deslocamento (passagens, uso de carro, etc.) e também o valor do tempo livre gasto	Complexo	Valores de uso apenas, recreação e lazer

Grupo	Métodos	Resumo	Análise estatística	Serviços avaliados
4. Preferência declarada	i. Método de valoração contingente	Quanto o entrevistado está disposto a pagar para ter mais de determinado serviço	Complexo	Todos os serviços
	ii. Experiências de escolha	Dado um “cardápio” de opções com diferentes níveis de serviços ecossistêmicos e custos variados, qual é o preferido?	Muito complexo	Todos os serviços
5. Participativa	Valoração ambiental participativa	Solicitação para que membros de uma comunidade determinem a importância de um serviço ecossistêmico não mercantil em relação aos bens ou serviços comercializados	Simple	Todos os serviços
6. Transferência de benefícios	Transferência de benefícios (valor médio, valor médio ajustado, função do benefício)	“Empréstimo” ou transferência do valor de um estudo existente, a fim de fornecer uma estimativa aproximada para a atual decisão	Pode ser tanto simples quanto complexo	Quaisquer serviços valorados no estudo original

Fonte: TEEB (2010b).

ANEXO G – Obras de esgoto do PISA



Legenda

- Rede Cavalhada - PISA
- Rede Restinga - PISA
- EBEs - PISA
- EBEs
- ETEs
- Emissário e Interoceptor Restinga/P.Grossa
- Emissário Subaquático
- Emissário Efluente Tratado
- Emissário Baronesa
- Emissários Terrestres - PISA
- Sub Bacias - Esgoto Tratado
- Sub Bacias - Esgoto a Ser Tratado
- Rede de Esgoto Atual

Fonte: Porto Alegre (2014d).