



Valoração ambiental por dano aos recursos hídricos

Alexandra Fátima Saraiva Soares¹; Cláudia Lage Michalaros²

Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix; Ministério Público de Minas Gerais

Resumo

Cada vez mais, gestores ambientais, profissionais da área jurídica e outros que atuam na área ambiental encontram-se em situações nas quais é requerida a valoração econômica ambiental. Esta crescente preocupação tem impulsionado de forma significativa esta área de estudo, que pode ser considerada uma fronteira da Ciência Econômica. O presente trabalho apresenta uma das metodologias possíveis de valoração, utilizadas no caso de poluição hídrica e intitulada “eMergia”. Para apresentar a metodologia em questão, um estudo de caso é abordado de forma a facilitar a compreensão.

Palavras-chave: dano ambiental, valoração ambiental, serviços ecossistêmicos.

Introdução

Problemas operacionais no sistema de recalque de esgotos (estação elevatória) ensejaram dano ambiental decorrente de lançamento de esgoto sanitário *in natura* nas águas do Córrego Canabrava, tributário do Rio Preto (Figura 1).

De acordo com levantamento realizado, foram furtados da Estação Elevatória 90 (noventa) metros de fio de cobre, que eram utilizados na instalação elétrica, ocorrendo ainda danos ao padrão de energia (Figuras 2 e 3). Assim, com a inoperação das bombas da estação elevatória resultou no lançamento indevido de esgotos *in natura* no recurso hídrico por 19 (dezenove) dias consecutivos. A partir do exposto, o dano decorrente do lançamento no período mencionado foi quantificado para fins de obter um valor de indenização.

¹ Graduada em Engenharia Civil e em Direito; Pós-graduanda em Direito Sanitário; Pós-graduanda em Direito Ambiental e em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Agrícolas; Mestre e Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos; Pós-doutora em Direito Público. Perita do MPMG e Professora Universitária. Email: alexandra.soares@izabelahendrix.edu.br.

² Graduada em Biologia. Especialista em Ciências do ambiente, Educação ambiental e em Gestão Ambiental. Perita do MPMG. Email: clagemic@gmail.com

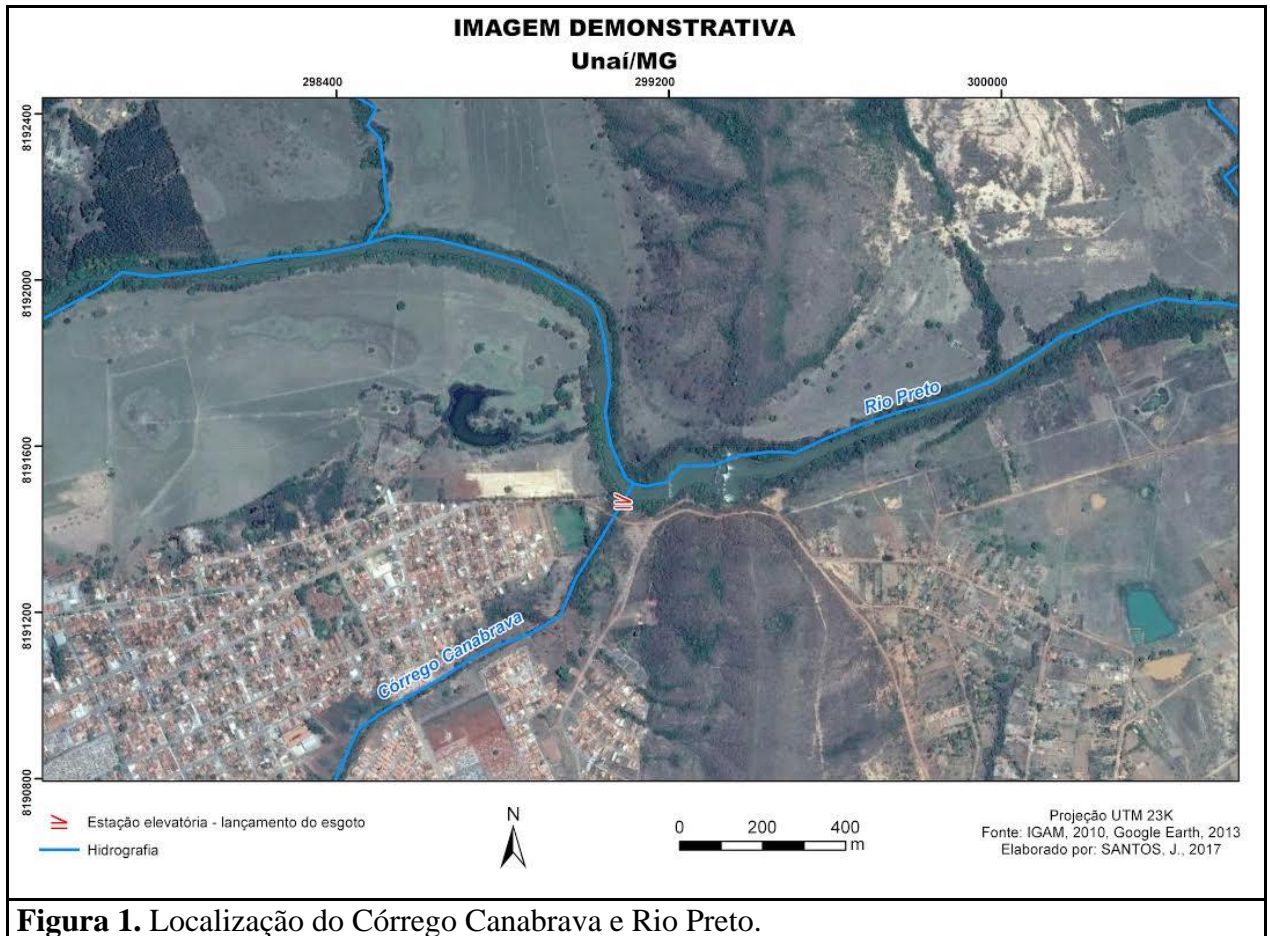


Figura 1. Localização do Córrego Canabrava e Rio Preto.



Figura 2. Ponto onde estava ocorrendo o lançamento dos esgotos sanitários no Córrego Canabrava, por ocasião dos problemas operacionais.
Fonte: Polícia Ambiental de Unai.



Figura 3. Aspecto do Córrego Canabrava a jusante do lançamento de esgotos.

Fonte: Polícia Ambiental de Unai.



Metodologia

Avaliação dos serviços ecossistêmicos afetados pelo lançamento

Os ecossistemas fornecem bens e serviços que garantem o bem estar de toda a sociedade. Tais serviços estão intimamente relacionados ao seu equilíbrio ecológico, especificamente sua estrutura e funções, sendo comprometidos pela entrada de poluentes no ecossistema. Dessa forma, os desequilíbrios ecológicos são diretamente relacionados às degradações dos serviços ecossistêmicos que, por sua vez, resultam em prejuízos a toda sociedade. São essas perdas que a sociedade tenta evitar ao estabelecer medidas de controle das emissões e ao monitorar a qualidade dos diferentes meios da biosfera [4]. Assim, a avaliação dos efeitos de poluentes nos serviços ecossistêmicos corresponde a uma avaliação do desequilíbrio ecológico, que pode ser expressa em termos biofísicos (unidades de energia ou massa) e/ou em termos monetários. No trabalho em questão, os serviços ecossistêmicos analisados são aqueles relacionados à emissão de esgoto sanitário nas águas em pequeno trecho das águas do Córrego Canabrava e no Rio Preto.

Considerando as características dos poluentes lançados, verifica-se que seus principais impactos estão relacionados ao lançamento de matéria orgânica no curso d'água, expresso na forma da concentração do parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅). Assim, no que diz respeito às interferências sobre os recursos hídricos, os serviços ecossistêmicos afetados podem ser quantificados em termos da energia necessária para a diluição dos efluentes até os níveis máximos permitidos e pelo consumo do oxigênio dissolvido em suas águas devido à decomposição da matéria orgânica. Assim, a avaliação dos serviços ecossistêmicos afetados foi feita seguindo os seguintes passos:

- quantificação da carga de DBO₅ emitida;
- determinação do volume de água necessário para diluição das emissões calculadas até as concentrações máximas admissíveis;
- cálculo da energia da massa de água necessária para diluição do parâmetro crítico;



- estimativa do oxigênio aquático dissolvido consumido pela decomposição da matéria orgânica lançada pelo empreendimento no curso d'água, para definir as zonas de Recuperação e Águas Limpas.

Para fins da quantificação do dano associado desconsiderou-se o trecho do Córrego Canabrava entre o ponto de lançamento até a foz no Rio Preto.

Quantificação dos esgotos sanitários lançados

A quantificação dos esgotos foi feita considerando:

- a concentração de matéria orgânica biodegradável do esgoto sanitário, expressa em termos de DBO₅, de 300 mg/L [5],
- a concentração de matéria orgânica biodegradável das águas do Rio Preto, expressa em termos de DBO₅, de 2 mg/L [adaptado de 7],
- uma população (Pop) de 47.217 habitantes [6],
- consumo *per capita* (QPC) de 200 L/hab.dia [5],
- coeficiente de retorno (R) de 80% [5].

Assim, a vazão média diária de esgoto sanitário lançada nas águas foi estimada como:

$$Q_{\text{med-diária esgoto}} = (\text{Pop} \cdot \text{QPC} \cdot \text{R}) / 1000 = 7.554,72 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Conseqüentemente, a Carga de DBO₅, lançada por dia foi estimado como:

$$\text{Carga DBO}_5 = 7.554,72 \cdot 1000 \text{ L/dia} \cdot 300 \text{ mg/L} = 2.266,42 \text{ KgDBO}_5/\text{dia}$$

Assim, a estimativa da carga de DBO₅ lançada, no período (19 dias) foi de:

$$\text{Carga DBO}_5 \text{ esgoto período} = 2.266,42 \text{ KgDBO}_5/\text{dia} \cdot 19 \text{ dias} = 43.061,90 \text{ Kg de DBO no período}$$

Determinação da massa de água necessária para diluição das emissões



A massa total de água comprometida na diluição de cada um dos parâmetros até a concentração máxima permitida pela legislação, conforme valores máximos possíveis para Classe 2 na Resolução CONAMA 357/05 e DN COPAM CERH 01/2008, foi obtida por meio da seguinte equação [4]:

$$M = d \frac{W_{DBO5}}{c} \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

M = massa de água, em Kg

d = densidade da água (1 g/cm³)

W_{DBO5} = carga emitida de DBO₅ em Kg

c = concentração máxima permitida para cada um dos parâmetros

Cálculo:

$$M = 1 \text{Kg/L} \cdot [(2.266.416.000 \text{ mg/dia}) / (5 \text{mg/L})]$$

$$M = 4,53\text{E}+08 \text{ Kg/dia}$$

$$M = 8,61\text{E}+09 \text{ Kg/período}$$

Cálculo da energia potencial da massa de água

A energia potencial (E_p) da massa de água utilizada na diluição dos poluentes foi calculada, em Joules, por meio da seguinte equação:

$$E_p = mgh \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

m = massa de água para diluir a DBO₅ até os níveis permitidos, em Kg (equação 1)

g = aceleração da gravidade, (9,8 m/s²)

h = diferença de altitude entre o ponto 1 e o ponto 2 é 16,7 metros

$$E_p = 8,61\text{E}+09 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 16,7 \text{ m}$$

$$E_p = 1,43\text{E}+12 \text{ J}$$



Para este cálculo foi realizado um estudo de autodepuração do esgoto no Rio Preto, conforme apresentado na planilha em anexo. O fim da Zona de Recuperação do Rio Preto e início da Zona de Águas Limpas se deu a aproximadamente 40 km da foz do Córrego Canabrava no Rio Preto. O Ponto 1 (Figura 4) foi registrado na confluência do Córrego Canabrava com o Rio Preto. O Ponto 2 marca o início da Zona de Águas Limpas, sendo determinado por meio de regra de três a partir da planilha de dados elaborada pela 28ª Cia de Meio Ambiente da Polícia Militar de Unaí.



Figura 4: Vista da foz do Córrego Canabrava no Rio Preto (Ponto1).

A diferença da altitude nos dois pontos forneceu o valor (h), para calcular a energia potencial necessária ao escoamento gravitacional da massa de água requisitada, a fim de diluir a matéria orgânica até atingir o limite estabelecido pela e DN COPAM/CERH 01/2008 (DBO₅ igual a 5 mg/L – Classe 2).

O estudo da autodepuração foi realizado utilizando-se o modelo de Streeter-Phelps [5] que considera as *condições do corpo d'água estacionárias*, isto é assume que todas as condições são permanentemente as mesmas, e não simula eventos transientes ou que variem no tempo e *características uniformes* do trecho simulado (declividade, velocidade, profundidade, etc).

A partir do modelo de Streeter-Phelps é construída a curva de oxigênio dissolvido em um curso d'água permitindo identificar as Zonas de Autodepuração (Degradação, Decomposição Ativa, Recuperação e Águas Limpas) advinda do consumo de oxigênio



demandado pelos microrganismos para oxidar a matéria orgânica lançada nas águas. Cabe destacar que o oxigênio dissolvido é um parâmetro essencial para a manutenção das comunidades aquáticas e do equilíbrio desse ecossistema.

No cálculo da autodepuração dos esgotos no Rio Preto considerou-se:

- vazão do Rio Preto de 124,10 m³/s [7],
- declividade da calha do Rio Preto de 0,5 m/Km [8].

Valoração monetária dos serviços ecossistêmicos

Na economia convencional, o preço de um produto corresponde aproximadamente ao somatório das despesas realizadas com insumos, mão-de-obra, outro tipo de serviços e a margem de lucro desejada. De certa forma o preço econômico mede o trabalho humano agregado; porém, não considera a contribuição da natureza na formação dos insumos utilizados, nem o custo das externalidades negativas no sistema regional, pagas pela sociedade local. Na economia convencional, a riqueza real dos recursos ambientais é inversamente proporcional aos custos monetários. Assim, quanto maior é o trabalho da natureza na produção de recursos, menor é seu preço devido a sua abundância. Da mesma forma, quando os recursos do ecossistema se tornam escassos, seus preços de mercado tendem a aumentar e, nesses casos, a pressão da demanda poderá por em risco a sustentabilidade do recurso.

A metodologia emergética (escreve-se com M), apresentada pelo pesquisador Howard T. Odum [1], se propõe medir todas as contribuições (moeda, massa, energia) em termos equivalentes (ou seja a energia incorporada ou eMergia). Em outras palavras, isso significa que o trabalho da natureza deve ser reconhecido e corretamente valorizado no mercado. Assim, os valores expressos em energia ou eMDólares representam os verdadeiros valores dos recursos, sejam estes naturais ou antrópicos. A energia pode ser definida da seguinte forma [1]:

“Energia é a energia disponível (exergia) de um mesmo tipo, por exemplo, energia solar equivalente, que foi previamente requerida, em forma direta ou indireta, para produzir um certo produto ou serviço”.



Para alcançar esse objetivo, utiliza-se da Teoria de Sistemas, da Termodinâmica, da Biologia e de novos princípios do funcionamento de sistemas abertos, convertendo os recursos usados em um sistema produtivo em termos de Emergia e a forma de fazer a contabilidade em eMDólares ou dólares emergéticos. A emergia por unidade monetária mede a capacidade de compra de riqueza real, sendo um índice utilizado para converter os fluxos de emergia em fluxos de eMDólares, ou seja, a emergia associada ao dinheiro, ou seu valor econômico equivalente. Essa medida, expressa em eMDólares, consegue indicar a verdadeira contribuição da natureza e da economia humana no recurso [3].

No presente trabalho, a emergia dos serviços ecossistêmicos afetados (capacidade de autodepuração do corpo d'água), e seu respectivo valor monetário foi calculado por meio dos seguintes passos:

- a) conversão dos serviços ecossistêmicos previamente calculados em uma medida emergética equivalente, no caso energia solar incorporada, adotando-se índices de Transformidade, que avaliam a qualidade do fluxo de energia dos serviços ambientais associados a determinado recurso natural ou antrópico. Tais índices são calculados por pesquisadores em todo o mundo, sendo amplamente divulgados em periódicos científicos e sites da internet especializados;
- b) conversão da emergia calculada em valores monetários por meio do índice de equivalência emergia/dólar calculado para o Brasil. Tal índice permite comparar a emergia do serviço afetado à emergia do dinheiro que circula no país em determinado ano, possibilitando a conversão dos valores de energia em dinheiro.
- c) conversão do valor em dólar para Real, utilizando o câmbio atual.

Resultados e Discussão

Avaliação e Valoração dos danos ambientais

A Tabela 1 apresenta os valores calculados no presente trabalho:



Tabela 1: Energia, emergia, Emdólares e valores monetários em Reais associados aos esgotos sanitários.

Serviços Ambientais afetados	Carga Total, kg	Massa de água para diluição, kg	Energia Potencial, J	Transformidade	Emergia, Sej	Em dólares, US\$ ^(e)	Reais, R\$ ^(f)
Diluição DBO ₅	43.061,90 ^(a)	8,61E+09 ^(b)	2,68E+13 ^(c)	2,8E+04 sej/J ^(d)	7,46E+17	248.826,95	764.894,04

a – conforme calculado no item 2.1.1

b – equação 1

c – equação 2

d – [1]

e - EMDólar = emergia / Transformidade Emergia-Dólar,

onde:

Transformidade Emergia-Dólar = $3,0 \times 10^{12}$ sej/US\$ (Ortega 2000)

f – US\$1,00 = R\$3,0740 (em 20/03/2017)

Considerações Finais

Conforme resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que os esgotos sanitários *in natura* lançados no Rio Preto no período considerado, causaram danos ambientais correspondentes ao valor de R\$ **764.894,04** (Setecentos e sessenta e quatro mil, oitocentos e noventa e quatro reais e quatro centavos).

Referências

Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais**. Relatório de Monitoramento das Águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco Norte em 2.004.

Odum, H.T. 1996. **Environmental Accounting, Emery and Decision Making**. J. Wiley, NY, 370 pages. ISBN-471-11442-1.

Ortega, E. 2000. **Tabela de Transformidades - (emergia / Joule, emergia / kg, emergia / US\$) de recursos naturais, insumos industriais e produtos de**



ecossistemas. Disponível em <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm> [acesso em 15/08/2005].

Ortega, E. 2002. **Contabilidade e Diagnóstico de Sistemas Usando os Valores dos Recursos Expressos em Energia.** Departamento de Engenharia de Alimentos UNICAMP -Universidade Estadual de Campinas. SP, Brasil.

POLÍCIA MILITAR. Planilha de Dados do Rio Preto, elaborada pela 28ª Cia. De Meio Ambiente e Trânsito Rodoviário da Polícia Militar de Unaí, em 2 de fevereiro de 2.006.

Von Sperling, M. 2005. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** - 3ª Edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

Ulgati, S. & Brown, M.T. 2002. **Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The Case of Electricity Production.** Journal of Cleaner Production 10 (2002). 335-348.