



VALORAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS AFETADOS PELO LANÇAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NÃO TRATADOS EM CURSOS D'ÁGUA DA BACIA DO RIO VERDE GRANDE-MG

Cristiano Christofaro

1. Introdução

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 a sua estrutura e funções, sendo comprometidos pela entrada de poluentes no ecossistema. Florestas podem proporcionar a regulação de microclimas, produtos florestais, controle da erosão e beleza (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; COSTANZA et al., 1997; DAILY, 1997). Dessa forma, os desequilíbrios ecológicos levam à degradação dos serviços ecossistêmicos, resultando em prejuízos a toda a sociedade. Apenas recentemente, como resultado das preocupações acerca da capacidade de suporte do ambiente às atividades humanas, a valoração dos serviços ecossistêmicos vem ganhando importância (ULGIATI; BROWN, 2002).

No entanto, alguns serviços ecossistêmicos, como aqueles proporcionados pela absorção e/ou tratamento

de poluentes, que possuem grande importância na sustentabilidade de processos produtivos, são ainda pouco contabilizados. Ao estabelecer medidas de controle das emissões e monitorar a qualidade dos diferentes meios da biosfera, a sociedade tenta evitar a perda desses serviços (ULGIATI; BROWN 2002). Muitas vezes, esses serviços passam a ser contabilizados apenas nos casos em que são verificados problemas derivados de sua sobrecarga, quando tecnologias de tratamento são então implantadas (ULGIATI; BROWN, 2002).

O lançamento de esgotos domésticos sem tratamento ainda é um fato rotineiro em todo Brasil, até mesmo no estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2008). Esse lançamento, apesar de legalmente proibido (BRASIL, 2005), causa diversos danos à estrutura e funções dos ecossistemas aquáticos, levando à degradação ou perda de serviços ecossistêmicos. A matéria orgânica presente nos esgotos é uma característica de extrema importância, sendo causadora do principal problema de poluição para

os corpos d'água: o consumo de oxigênio dissolvido nas águas pelos organismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Além da matéria orgânica, a presença de elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo pode ocasionar danos aos ecossistemas aquáticos. Ambos são elementos essenciais para o crescimento de algas; porém, quando em altas concentrações, resultam em graves efeitos negativos para os ecossistemas aquáticos (e.g. eutrofização) (VON SPERLING, 2005).

Desse modo, a partir da solicitação da Promotoria de Justiça Especializada de Defesa do Rio São Francisco, os objetivos desse estudo são: (i) quantificar os serviços ecossistêmicos afetados pelo lançamento de esgoto sem tratamento em um curso d'água de 1974 a 2007; (ii) estimar os valores monetários relacionados ao uso indevido dos serviços ecossistêmicos quanto ao lançamento desses efluentes, a fim de embasar as ações subsequentes do Ministério Público do Estado de Minas Gerais no âmbito judicial e extrajudicial.

2. Metodologia

Três passos são requeridos para alcançar os objetivos propostos. O primeiro consiste na caracterização dos ecossistemas atingidos. O segundo inclui a identificação e mensuração dos serviços ecossistêmicos afetados pelo lançamento de esgotos sanitários nos cursos d'água. O terceiro, por fim, consiste na estimativa dos valores monetários dos serviços afetados.

2.1. Caracterização do ecossistema afetado pelos lançamentos

De 1974 a 2007, foram afetados trechos dos seguintes cursos d'água pelo lançamento de esgotos sanitários sem tratamento: Córrego Vieira e Rio Verde Grande, localizado no município de Montes Claros, Minas Gerais/Brasil (Figura 1A). A figura 1B apresenta, de forma esquematizada, a interação entre os cursos d'água afetados pelo lançamento de esgoto in natura.



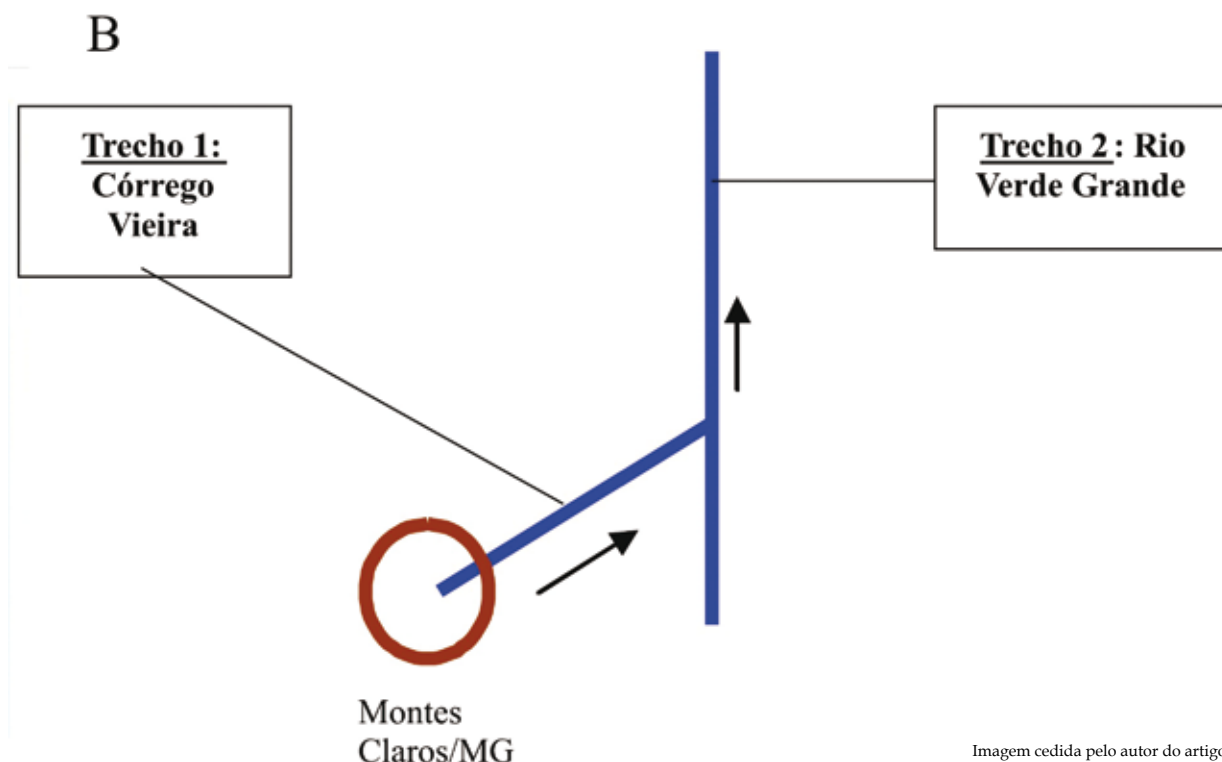


Imagem cedida pelo autor do artigo

Figura 1: Esquema ilustrando a disposição espacial dos cursos d'água afetados pelo lançamento de esgoto in natura. As setas indicam o fluxo das águas e, conseqüentemente, dos efluentes lançados. Sem escala.

Os dados físicos e hidrológicos dos cursos d'água citados, bem como os dados sobre a população abastecida com água em Montes Claros, no período analisado, foram obtidos por meio de consulta à literatura especializada e consulta a imagens de satélite.

2.2. Serviços ecossistêmicos afetados pelo lançamento de esgoto

No trabalho em questão, foram considerados todos os serviços ecossistêmicos relacionados à emissão de esgoto sanitário in natura nos cursos d'água citados. Esses serviços foram contabilizados em função do período de lançamento de 1974 a 2007. Assim, as principais consequências do lançamento estão relacionadas ao excesso de lançamento de matéria orgânica, expressa na forma da concentração do parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO5, e de nutrientes como o Fósforo e o Nitrogênio. Esse aporte excessivo de matéria orgânica e nutrientes está relacionado à perda da produtividade primária nos cursos d'água atingidos durante o período em questão.

Assim, os serviços ecossistêmicos afetados pelo lançamento de esgotos sem tratamento incluem: (i) aporte de energia associada ao excesso de matéria orgânica e nutrientes lançados no corpo receptor; (ii) energia necessária para a diluição dos efluentes até os níveis máximos permitidos; (iii) consumo do oxigênio dissolvido em suas águas durante o processo de autodepuração; e (iv) produtividade primária aquática perdida.

O consumo de oxigênio dissolvido pela degradação matéria orgânica faz parte do processo de autodepuração dos cursos d'água. Esse processo é considerado um meio natural de recuperação dos ecossistemas aquáticos, estando vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes e ao seu uso previsto (VON SPERLING, 2005).

O seguinte modelo de autodepuração será utilizado para a quantificação da extensão total dos cursos d'água afetados pelo lançamento de esgotos (ANA, 2005)

$$L = L_0 \cdot e^{\frac{-K_1 \cdot \lambda}{v}}$$

Equação 1

Onde, L e L0 correspondem à carga orgânica nos trechos λ final e inicial, respectivamente. λ é o comprimento do trecho, K1 o coeficiente de desoxigenação, assumido igual a 0,1 dia-1 e v a velocidade média do rio. Uma vez que o lançamento de esgotos é contínuo, os cursos d'água afetados foram considerados autodepurados a partir do trecho em que for verificado, por meio do modelo de autodepuração, o atendimento da concentração de matéria orgânica, expressa na forma de DBO5, prevista para águas de Classe 2. Assim, considerando que os esgotos

afetam primeiramente o afluente (Córrego Vieira), para o qual foi considerado um trecho de 35 km de extensão, e depois o curso principal (Rio Verde Grande), a equação aplicada para o Córrego Vieira foi reajustada, fixando-se a extensão em 35 km. Dessa forma, obteve-se a carga inicial que alcançou o Rio Verde Grande, que foi utilizada para a estimativa da extensão desse curso d'água afetada pela matéria orgânica. Assim, a extensão total dos cursos d'água afetada pelo lançamento considerou os 35 km do Córrego Vieira mais o trecho do Rio Verde Grande, calculado pela equação 1.

Considerando que a legislação permite o uso limitado da capacidade de autodepuração dos cursos d'água (BRASIL, 2005), a carga lançada ilegalmente foi obtida a partir da fórmula:

$$CI = CT - CL$$

Equação 2

Onde,

CI = Carga ilegalmente lançada

CT = Carga total

CL = Carga máxima legalmente permitida

A quantificação dos serviços relacionados ao lançamento de nutrientes, representados pelo fósforo e nitrogênio, foram feitas a partir da carga estimada lançada ao longo do período analisado. Para esses nutrientes também foi considerada a carga ilegal, conforme equação 2.

Além do aporte de matéria orgânica e nutrientes, considerou-se ainda a produtividade aquática primária perdida no trecho dos cursos d'água afetados pelo esgoto. A produtividade primária corresponde a toda a biomassa que seria gerada pelos trechos afetados, sendo uma função ecossistêmica relacionada à biodiversidade do meio (EHRlich, 1994). Neste trabalho, considerou-se, para fins de simplificação, que a produtividade no trecho do Córrego Vieira afetado pela matéria orgânica foi nula no período analisado, tendo em vista o descumprimento do limite legal estabelecido (BRASIL, 2005) para o parâmetro DBO5 em todo seu trecho. Ao mesmo tempo, considerou-se que a produtividade primária no trecho do Rio Verde Grande não teria sofrido nenhuma influência do esgoto lançado.

2.2. Valoração monetária dos serviços afetados pelos esgotos domésticos

O valor monetário dos serviços ecossistêmicos afetados pelos esgotos foi quantificado pela metodologia eMergética ou Ecoenergética (ODUM 1996; PILLET 1997). A metodologia baseia-se na proposta de se buscar medir e converter todas as contribuições (moeda, massa, energia, informação) em termos equivalentes (ou seja, a energia incorporada ou eMergia), geralmente representados em termos de energia solar incorporada. Assim, busca-se reconhecer e valorizar corretamente o trabalho da

natureza no mercado. A emergia pode ser definida da seguinte forma (ODUM, 1996):

Emergia 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, faz uso 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 contribuição da natureza e da economia humana nos recursos analisados (ORTEGA, 2002).

No presente trabalho, a emergia dos serviços ecossistêmicos afetados, e seu respectivo valor monetário, foram calculados considerando:

1 - a conversão dos diversos 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 ecossistêmicos 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 especializados da internet;

2 - a conversão da emergia calculada em valores monetários dividindo o valor emergético pelo índice de equivalência emergia/dólar calculado para o Brasil como igual a $3,0 \times 10^{12}$ Joules de dólar/energia (ORTEGA, 2002). 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;

3 - a conversão do valor em dólar para real, utilizando o câmbio de 1 U\$ = R\$ 2,00 (em 2007).

3. Resultados

3.1. Quantificação dos serviços ecossistêmicos afetados

A partir dos dados apresentados em Minas Gerais (2008), obteve-se a população abastecida com água em Montes Claros, nos anos de 1974 a 2007, bem como a população média anual para o período.

Assim, verifica-se que, no período analisado, uma população anual média de 209.738 (duzentos e nove mil, setecentos e trinta e oito habitantes) foi atendida pelo

abastecimento de água pela empresa de saneamento em Montes Claros, de 1974 a 2007.

Considerando a população média (209.738 habitantes) no período, o número de dias no período (12.045) e a carga per capita de DBO5 como igual a 54 g/hab.dia (VON SPERLING, 2005), obteve-se uma carga total lançada de matéria orgânica no Córrego Vieira, expressa em DBO5, igual a 136.419.966,180 kg (cento e trinta e seis milhões, quatrocentos e dezenove mil, novecentos e sessenta e seis quilogramas). As tabelas 1 e 2 apresentam os dados físicos e hidrológicos utilizados e gerados após aplicação do modelo de autodepuração, descrito na equação 1, nos trechos dos cursos d'água afetados pelo lançamento do esgoto.

Tabela 1: Dados físicos, hidrológicos e resultados do modelo de autodepuração do esgoto lançado no Córrego Vieira.

Trecho1 – Rio Vieira		
Vazão, m³/s	1,75	Ministério do Meio Ambiente - MMA (1996)
Vazão, m³/d	151200	m³/s x 86400 segundos/dia
Velocidade Rio, m/s	0,15	MMA (1996)
K1, 1/dia	0,6	MMA (1996 b)
Latitude ponto inicial (S)	16° 44' 57.79"	Google Earth
Longitude ponto inicial (W)	43° 52' 7.44"	
Altitude ponto inicial, m	640	
Largura curso d'água, m	7	
Latitude final (S)	16° 36' 16.23"	
Longitude final (W)	43° 44' 25.01"	
Carga Inicial, kg/dia	11325,86	0,054 KgDBO5/hab.dia x população média
Carga Final, kg/dia	2200	Equação 1
Concentração Final do trecho, Kg/m³	0,015	Carga Final/Vazão, m³/dia
Concentração Final do trecho, mg/L	14,55	Concentração Final x 1000
Velocidade Rio, m/d	12960	m/s x 86400 segundos/dia
Distância total, m	35394,43	Google Earth
Área, m²	247761,03	Distância x largura
Tempo diluição da carga de um dia, s	235962,88	Equação 1
Volume água para diluição carga de um dia, m³	412935,04	Vazão x tempo
Volume água total, m³	4,97E+09	Volume diário x 12045 (nº dias período)
Massa água utilizada total, kg	4,97E+12	Volume total x 1000

Tabela 2: Dados físicos, hidrológicos e resultados do modelo de autodepuração do esgoto lançado no Rio Verde Grande.

Trecho2 – Rio Verde Grande		
Vazão, m³/s	2,3	MMA (1996)
Vazão, m³/d	198720	m³/s x 86400 segundos/dia
Velocidade Rio, m/s	0,2	MMA(1996)
K1, 1/dia	0,6	MMA (1996 b)
Latitude ponto inicial	16° 36' 16.23"	Google Earth
Longitude ponto inicial	43° 44' 25.01"	
Altitude ponto final, m	551	
Largura curso d'água, m	13	
Latitude final (S)	16° 29' 28.81"	
Longitude final (W)	43° 44' 16.48"	
Carga Inicial, kg/dia	2200	Equação 1
Carga Final, kg/dia	993,6	5 mg/L (CONAMA) x vazão, m³/d
Concentração Final do trecho, Kg/m³	0,005	5 mg/L (CONAMA)/1000
Concentração Final do trecho, mg/L	5	Res. CONAMA nº 357/2005
Velocidade Rio, m/d	17280	m/s x 86400 segundos/dia
Distância total, m	22892,48	Equação 1
Área, m²	297602,3	Distância x Largura
Tempo diluição da carga de um dia, s	114462,42	Distância/Velocidade
Volume água para diluição carga de um dia, m³	263263,57	Vazão diária, m³/s x tempo diluição, s
Volume água total, m³	3,17E+09	Volume diário x 12045 (nº dias período)
Massa água utilizada total, kg	3,17E+12	Volume total, m³ x 1000

Considerando os resultados da modelagem apresentados nas tabelas acima, verifica-se que o lançamento de esgotos degradou, ao longo do período analisado, uma extensão média de cerca de 35 km do Córrego Vieira e 23 km do Rio Verde Grande.

3.2. Valoração monetária dos serviços ecossistêmicos

A tabela 3 apresenta os valores monetários calculados a partir danos ambientais e dos serviços ecossistêmicos afetados pelo esgoto in natura lançado no período analisado nos cursos d'água.

Nota	D a n o s / S e r v i ç o s ecossistêmicos	Massa, g	Energia, J	Transformidade	Energia, sej	Em dólares, U\$	Reais, R\$
1	Carga de Matéria Orgânica (DBO5) superior ao limite	1,27E+11	-	1,53E+09 (sej/g)	1,95E+020	\$ 64.930.112,55	R\$ 129.860.225,10
2	Carga de Fósforo superior ao assimilável pelo curso d'água	2,34E+09	-	6,85E+09 (sej/g)	1,61E+019	\$ 5.352.533,53	R\$ 10.705.067,07
3	Carga de Nitrog. Amoniacal superior ao assimilável pelo curso d'água	9,55E+09	-	1,91E+008	1,82E+018	\$ 607.833,72	R\$ 1.215.667,44
4	Energia Potencial da água utilizada na autodepuração da carga de Matéria Orgânica (DBO5)	8,14E+15	7,10E+015	2,78E+04 (sej/J)	1,97E+020	\$ 65.744.275,28	R\$ 131.488.550,55
5	Oxigênio Consumido para degradação da Matéria Orgânica (DBOu)	1,99E+11	-	5,16E+07 (sej/g)	1,03E+019	\$ 3.425.778,19	R\$ 6.851.556,38
6	Produtividade Primária perdida no Trecho 1 - Córrego Vieira	2,48E+05	5,03E+15	4,50E+03(sej/J)	2,26E+019	\$ 7.546.659,35	R\$ 15.093.318,70
Total						\$ 147.607.192,62	R\$ 295.214.385,25

Tabela 3: Energia, energia, EMdólares e valores monetários em reais associados aos danos causados ao Córrego Vieira e Rio Verde Grande pelo lançamento de esgoto in natura pela empresa de saneamento, de 1974 a 2007, no município de Montes Claros. A conversão em EmDólar foi feita dividindo-se o valor da coluna Energia por 3×10^{12} \$/Sej. Adotou-se o valor de conversão de 1 dólar = R\$ 2,00.

1- Carga Matéria orgânica superior ao limite (DBO5) = Carga Total - Carga Máxima permitida classe 2; Onde,

Carga Total no período = carga per capita x nº dias no período x população média no período

= 54 gDBO5/habitante*dia (Von Sperling 2005) x 12.045 dias x 209.738 habitantes

Carga Máx. permitida Classe 2 = Vazão média no período x concentração máx. (CONAMA 357/2005)

= 1,75 m3/s x 86400 seg/dia x 365 dias/ano x 33 anos (2007-1974) x 5 g/m3

Transformidade conforme Brown & Bardi (2001)

2- Carga Fósforo superior ao limite (Fósforo) = Carga Total - Carga Máxima permitida classe 2; Onde,

Carga Total no período = carga per capita x nº dias no período x população média no período

= 1 gP/habitante*dia (Von Sperling, 2005) x 12.045 dias x 209.738 habitantes

Carga Máx. permitida Classe 2 = Vazão média no período x concentração máx. (CONAMA 357/2005)

= 1,75 m3/s x 86400 seg/dia x 365 dias/ano x 33 anos (2007-1974) x 0,1 g/m3

Transformidade conforme Brown & Bardi (2001, pg 38)

3 - Carga de Amônia Superior ao limite = Carga Total Amônia - Carga Máx. Amônia para classe 2; Onde,

Carga Total no período = carga per capita x nº dias no período x população média no período

= 4,5 g/habitante*dia (Von Sperling 2005) x 12.045 dias x 209.738 habitantes

Carga Máx. permitida Classe 2 = Vazão média no período x concentração máx. (CONAMA 357/2005)

= 1,75 m3/s x 86400 seg/dia x 365 dias/ano x 33 anos (2007-1974) x 1 g/m3

Transformidade conforme Brown & Bardi (2001)

4 - Energia Potencial utilizada na diluição dos poluentes = massa de água consumida total (kg) x 9,8 m/s2 x ΔH (m); Onde,

Massa de água consumida total (Kg) = massa de água trecho 1 (Tab. 2)+ Massa de água trecho 2 (Tab 3)

ΔH = altitude ponto inicial (Tab. 2) - altitude ponto final (Tab 3) = 640 - 551 = 89 metros

Transformidade conforme Odum (1996)

5 - Oxigênio Consumido (g) = Carga Total de DBOu (g); Onde,

Carga DBOu = 1,46 x DBO5 (g) (Von Sperling, 2005)

Transformidade conforme Ulgiati & Brown (2002)

6 - Produtividade Primária = área afetada (m²) x período total (anos) x Produtividade esperada (g/m²/ano) x 4,9 (Kcal/g) x 4186 (Joules/Kcal) x $\mathfrak{B}$; Onde,

Área afetada = (35.000 m x 7 m) = 245000 m²

Período total = 33 anos

Produtividade Esperada = 1500 g/m²/ano (Whittaker & Likens (1975 apud Dajoz, 2005))

$\mathfrak{B}$ (coeficiente de variabilidade genética - biodiversidade) = 20 (Jorgensen et al, 2005)

Transformidade conforme Ortega (2000)

Conforme resultados apresentados nas tabelas de 1 a 3, os serviços ecossistêmicos afetados pelo lançamento de esgoto sanitário in natura, de 1974 até 2007, no Córrego Vieira e no Rio Verde Grande correspondem ao valor monetário de R\$ 295.214.385,25 (duzentos e noventa e cinco milhões, duzentos e quatorze mil, trezentos e oitenta e cinco reais). O valor calculado refere-se aos danos ocorridos até o ano de 2007, com o câmbio desse ano. Considerando a população atual do município, havendo continuidade do lançamento do esgoto sem tratamento, ao valor calculado para o dano ambiental já ocorrido deverá ser acrescido pelo menos R\$ 12.476.192,62 (doze milhões, quatrocentos e setenta e seis mil, cento e noventa e dois reais) por ano.

Considera-se que, no âmbito legal, a quantificação dos serviços ecossistêmicos para fins de cálculos de indenizações deve incluir apenas os aspectos considerados irregulares e/ou ilegais, como o lançamento de efluentes em concentrações acima do permitido pela legislação. Também se deve atentar ao fato de que os valores calculados dizem respeito exclusivamente ao serviço ambiental analisado que, no caso em questão, consiste principalmente na diluição natural dos efluentes não tratados até os níveis máximos permitidos pela legislação. Assim, outros custos monetários relativos à poluição, como aqueles associados aos danos à saúde humana, não foram quantificados no presente trabalho.

A aplicação da metodologia emergética na valoração dos serviços ecossistêmicos apresenta vantagens em relação aos métodos econômicos, uma vez que a economia convencional mede o trabalho humano agregado e baseado nas preferências do consumidor, porém não considera a contribuição da natureza no controle da poluição. Portanto, a metodologia emergética resulta em um valor monetário diretamente proporcional ao uso dos serviços ecossistêmicos (ULGIATI; BROWN, 2002), ou seja, no caso em questão, baseia-se diretamente na contribuição da natureza no controle da poluição gerada pelos esgotos sanitários.

Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. Cadernos de Recursos Hídricos 1: Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil. Superintendência de Recursos Hídricos. ANA. Brasília. 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA 357/05, de 17/03/2005. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 2005.

BROWN, M.T. & BARDI, E. Handbook of Emergy Evaluation. Folio #3. Center for Environmental Policy Environmental Engineering Sciences University of Florida Gainesville. 2001.

COSTANZA et. al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, v. 387:253-260.1997.

DAILY, G.C. (Ed.). Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Washington DC: Island Press, 1997.

DAJOZ, R. Princípios de Ecologia. 7. ed. Porto Alegre: ArtMed Editora, 2005.

DALY, H., FARLEY, J. Ecological Economics: Principles and Applications. Washington DC: Island Press, 2004.

JORGENSEN, S.E.; LADEGAARD, N.; DEBELJAK, M. AND MARQUES, J.C. Calculations of Exergy for Organisms. Ecological Modelling, 185. 2005.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT - MEA. Ecosystems and Human Well-being: Policy Responses: Findings of the Responses Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Washington D.C: Island Press, 2005.

MINAS GERAIS. Anuário Estatístico do Estado de Minas Gerais. Volumes 1 a 9. Secretaria de Estado de Planejamento/Fundação João Pinheiro. Minas Gerais. 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde Grande. Volume 1 - Relatório Geral. Tecnoso-EEptisa. Brasil. 1996.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde Grande. Volume 2 - Modelos Matemáticos de Qualidade de Água e Definição do Modelo das Bacias Afluentes do Rio São Francisco. Tecnoso-EEptisa. Brasil. 1996b.

ODUM, H.T. Environmental Accounting, Emergy and Decision Making. Nova Iorque: J. Wiley, 1996.

ORTEGA, E. Tabela de Transformidades - (emergia / Joule, emergia / kg, emergia / US\$) de recursos naturais, insumos industriais e produtos de ecossistemas. 2000. Disponível em <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm>>. Acesso em 01/04/2011].

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

PILLET, G. Economia ecológica: Introdução à economia do ambiente e dos recursos naturais. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.

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

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2005.