

Valoração de danos indiretos em perícias ambientais

R.S. Corrêa ^a*; A.N. Souza ^b

^a Perito Criminal da Seção de Engenharia Legal e Meio Ambiente do Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal

^b Professor de Economia Florestal do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília

* Endereço de e-mail para correspondência: rodmanga@yahoo.com.br. Tel.: +55-61-92115452.

Recebido em 02/07/2011; Revisado em 09/04/2012; Aceito em 16/04/2012.

Resumo

A Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998) remeteu à esfera penal infrações contra o meio ambiente. A realização de perícias é, portanto, condição indispensável para a materialização do crime. A precificação do dano ambiental é exigida em laudos periciais e o uso de modelos de valoração tornou-se frequente. O método do custo de restauração é geralmente usado na avaliação de danos ambientais. Porém, a sua utilização como método único negligencia a perda das funções ambientais do ecossistema (danos indiretos) e torna o dano lucrativo para o infrator. O exame pericial deve considerar e precificar os danos indiretos, cuja mensuração econômica é matéria controversa. Nesse sentido, há recomendações de aplicação de taxas de juros como forma de compensar perdas ecossistêmicas provisórias em locais degradados. A aplicação dessas taxas, entretanto, deve resguardar uma relação de proporcionalidade e coerência com os padrões de recuperação ambiental, devido aos princípios da razoabilidade e proporcionalidade. Nesse sentido, taxas simples e compostas de juros mostraram-se discrepantes com a função descrita por sistemas biológicos e ecológicos em processo de recuperação. Este trabalho testou a aplicação de juros compostos decrescentes como meio de valorar danos ambientais indiretos (perdas de funções ecossistêmicas provisórias). Os resultados mostraram que o procedimento prioriza a valoração da extensão e da intensidade do dano e que os valores auferidos são proporcionais aos padrões de perda e de recuperação de funções ambientais.

Palavras-Chave: Valoração; Dano ambiental; Perdas ecossistêmicas provisórias.

Abstract

The Brazilian Law nr. 9,605/1998 has criminalized damages to the environmental. Forensic experts have to evaluate damage extension and price environmental losses and restoration costs. The restoration cost method has been largely used in environmental forensic assessments, but the application of this method alone neglects ecosystemic losses and makes illegal activities profitable. Forensic assessments shall also consider and price the indirect damages to the environment, to which economic evaluation is controversial. Some recommendations in the country advise to apply interest rates as a surrogate for the precification of indirect environmental damages (interim ecosystemic losses). The monetary value from the use of such rates has however to be reasonable and proportional to damage extend and intensity. In this respect, single and compound interest rates have showed to be discrepant to ecosystem recovery rates. We have tested in this work the application of decrescent interest rates as a surrogate for the economic evaluation of indirect environmental damages (interim ecosystemic losses). Results showed that the procedure prioritizes the economic evaluation of damage extension and intensity and that the final monetary value is proportional to the patterns of environmental losses and recovery.

Keywords: Valuation; Environmental damage; Interim environmental losses.

1. INTRODUÇÃO

Crime ambiental refere-se a delitos contra a administração ambiental, os meios biótico e abiótico, o ordenamento territorial, entre outros (Lei nº 9.605/1998). A Lei nº 9.605/1998 e seu decreto regulamentador (Decreto nº 3.179/1999) permitem o enquadramento criminal de danos causados ao meio ambiente. Alterações aprovados pelo Estado por meio de licenças e autorizações são excludentes de ilicitude

e, portanto, legais [1]. As demais alterações ambientais são geralmente consideradas infrações administrativas ou crimes, passíveis de serem apurados e punidos. Nesse sentido, a perícia judicial ambiental é um ramo da criminalística que cuida da produção de provas materiais nos crimes contra o meio ambiente. Ela pode ser solicitada para a produção antecipada de prova, quando a parte interessada em ajuizar a ação judicial requer o exame

pericial, ou na execução da sentença, visando à apuração e valoração do dano ambiental [2].

As penas pecuniárias e restritivas de liberdade devem ser condizentes com a gravidade do dano ambiental e com o montante monetário auferido com o crime, devido aos princípios da proporcionalidade e da razoabilidade que regem o ordenamento jurídico brasileiro. O valor da pena pecuniária prevista na Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998) será fixado pelo juiz, tendo como base o laudo pericial e critérios estabelecidos pelo Código Penal brasileiro [3]. A sentença condenatória fixará, sempre que possível, o valor mínimo para a reparação do dano, considerando o prejuízo sofrido pelo ofendido ou pelo meio ambiente (artigo 20 da Lei nº 9.605/1998). Dessa forma, o laudo pericial irá subsidiar os valores de fiança, multa, indenizações, compensações e reparação do recurso danificado. Ele deverá discorrer sobre o valor do prejuízo causado pelo dano e sobre o seu custo de reparação [3].

A Lei de Crimes Ambientais estimulou no Brasil a utilização de modelos, procedimentos e métodos de valoração em perícias criminais [2]. Existem atualmente vários métodos de avaliação econômica de danos ambientais, tendo alguns alto grau de subjetividade e outros são de elevado custo de aplicação [1].

2. DANO AMBIENTAL

A degradação de recursos naturais, ainda que em área particular, impõe à sociedade prejuízos pela deterioração de bens de uso comum (qualidade do ar, água e outros) que não são refletidos pelo mercado [4]. Um dano ao meio ambiente não é um fato isolado, que tenha suas consequências determinadas somente em uma conduta (dano direto), mas ao contrário, ele pode afetar diversos outros sistemas e processos (danos indiretos), que devem ser incluídos no rol de mensuração das perdas ambientais e ecossistêmicas. Sob o aspecto ecológico, danos ambientais causam perda de *habitats*, de diversidade biológica e extinção de espécies [5]. Por isso, ecólogos e conservacionistas recomendam a restauração de comunidades vegetais degradadas por atividades humanas como meio de recuperar forma e funções ecológicas e, conseqüentemente, aumentar a capacidade de suporte do ambiente [6].

A restauração de ecossistemas é atualmente entendida como a criação de condições que permitem a sucessão ecológica restabelecer a comunidade biótica e as funções ambientais em um local degradado, perturbado ou destruído [7]. Projetos de restauração de ecossistemas abandonaram a idéia de

recondução ao *status quo ante* em uma única etapa e trabalham atualmente com metas específicas a serem alcançadas, tais como controle da erosão, cobertura do solo, incremento do porte de plantas, aumento da diversidade de espécies e reintrodução de espécies-chaves [8].

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Lei nº 9.985/2000) reconhece a complexidade que envolve a restauração de um local danificado ao definir em seu artigo 2º:

XIII - recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;

XIV - restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.

Dessa, a avaliação econômica de danos ambientais geralmente refere-se ao custo de reposição de estruturas que impulsionarão a sucessão ecológica [9]. Espera-se que, a partir da reposição dessas estruturas, a regeneração natural recree as funções ecossistêmicas no local ao longo do tempo. A valoração do dano prediz, portanto, o montante de capital necessário para se recompor a paisagem e repor elementos naturais no local degradado (árvores, ervas e outros), cujo preço é de fácil mensuração [10]. Porém, as perdas provisórias de funções ecossistêmicas e ambientais (danos indiretos) em um local degradado raramente são mensuradas.

Ecossistemas se recuperam em um prazo diretamente proporcional à intensidade da degradação ao tipo de ecossistema (tropical, subtropical, boreal, desértico, marinho, lacustre e outros). O tempo típico para que, a partir da execução de um projeto de recuperação, a sucessão ecológica restaure ecossistemas tropicais é de 28 a 42 anos [8]. A valoração das perdas das funções ecossistêmicas deve ser, portanto, mensurada no espaço e no tempo. Esse constitui um desafio ainda não resolvido pelos naturalistas e economistas empenhados na valoração do meio ambiente.

3. VALORAÇÃO AMBIENTAL

A valoração ambiental busca identificar o preço de um recurso ambiental ou o custo de reparação de um dano causado ao meio natural [11]. O preço de um recurso ambiental baseia-se em uma lógica utilitarista e o valor monetário de um dano deve incorporar bens em serviços ambientais que se traduzem em um complexo conjunto de estruturas e processos.

Atualmente tem-se conhecimento de pelo menos 23 funções ecossistêmicas que são monetariamente valoráveis [1], [2], [4], [5], [6], [8], [9].

Nas últimas décadas houve um substancial incremento com a preocupação de se valorarem funções ecossistêmicas, bens e serviços ambientais [1], [2], [4], tarefa que ainda permanece elusiva, porque os mercados não estão disponíveis para fornecer unidades contáveis [4], [5]. A valoração ambiental visa representar os benefícios que a natureza provê para pessoas, comunidades e economias. O conceito se popularizou porque transmite a ideia de que ecossistemas naturais são socialmente valiosos. Porém, ecologia e economia ainda não conseguem padronizar a definição e a mensuração de serviços ecossistêmicos [5], [11], [12], [13], [14], [15].

Em perícias ambientais, o método de valoração a ser utilizado é de crucial importância para o resguardo dos princípios da proporcionalidade e da razoabilidade. Valorar significa atribuir preço a algo sujeito a contingências econômicas, antrópicas e naturais. Caso os recursos naturais fossem inesgotáveis, não existiria a necessidade de legislação protecionista e da valoração econômica de danos ambientais. Entretanto, grande parte dos ativos naturais está sujeita à exploração e degradação, e a valoração de externalidades é necessária. Danos causados ao meio ambiente geram custos que impactam as contas nacionais. Portanto, o estoque de capital natural e suas perdas não autorizadas pelo Estado precisam ser contabilizados para efeitos de reparação [4].

O valor econômico total de um bem ou serviço ambiental (VET) é representado pela somatória do valor de uso direto (VUD), valor de uso indireto (VUI), valor de opção (VO) e valor de existência (VE) desse recurso [11], [12]:

$$VET = VUD + VUI + VO + VE$$

em que:

VET - valor econômico total de um recurso ambiental;

VUD - valor de uso direto, atribuído a um recurso ambiental pelo bem-estar que seu uso ou consumo proporciona, tal como sua extração, captação ou visitação;

VUI - valor de uso indireto, atribuído a um recurso ambiental pelo bem-estar que suas funções ecossistêmicas proporcionam, tais como proteção do solo, controle de erosão, produção de água, recarga de aquíferos,

suporte a fauna, controle de vetores, estoque de carbono, biodiversidade entre outros;

VO - valor opção, que se refere ao valor futuro de um recurso ambiental, cujo valor presente é desconhecido, mas que a ciência e tecnologia podem torná-lo economicamente atrativo, como por exemplo, desenvolvimento de fármacos a partir de organismos naturais;

VE - valor de existência ou de não uso de um recurso ambiental. Ele é decorrente de posturas ética, moral, cultural, filosófica e outras em relação ao direito de existência de espécies não humanas e de ecossistemas preservados.

Alguns valores ambientais são de difícil mensuração e, quando calculados, trazem significativa parcela de subjetivismo e imprecisão. Atribuir valores monetários a todos os bens e serviços oferecidos pelo ambiente nem sempre é possível [13]. Vários recursos ambientais não têm preço de mercado [11] e alguns deles simplesmente não podem ser economicamente mensurados [12]. A perda de biodiversidade, por exemplo, pode ser mensurada, mas não plenamente valorada [14]. Outros fatores, tais como falta de mercado para certos bens e serviços e divergências entre beneficiados e pagantes pela manutenção de um determinado recurso dificultam a sua valoração econômica [12]. Além disso, serviços ambientais respondem a demandas e podem ser precificados, mas as funções ambientais não apresentam valores monetários associados a elas [15].

Do ponto de vista prático, há uma tênue, mas importante diferença entre valoração de bens e serviços ambientais e valoração de danos ambientais: a primeira mensura recursos existentes e a segunda, o valor de reposição e compensação pela perda deles. Após a ocorrência de um dano, muitas vezes é inviável precificar o valor de opção (VO) e de existência (VE) de recursos desaparecidos. Além disso, há economistas que defendem simplesmente o abandono do uso do valor de existência (VE) de recursos naturais por causa de problemas teóricos e empíricos relacionados ao conceito [13].

4. MÉTODOS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL

Os métodos de valoração ambiental medem as preferências de indivíduos por um recurso ou serviço ambiental. Portanto, o valor não é dado ao meio ambiente ou ao recurso ambiental, mas às preferências das pessoas em relação a mudanças de qualidade ou quantidade do recurso valorado [4], [11], [12], [13]. Os métodos de valoração ambiental são classificados em métodos diretos (função demanda) e indiretos

(função de produção). Os primeiros utilizam mercados de bens e serviços ou mercados hipotéticos para medirem as variações de bem-estar a partir da demanda de indivíduos pela qualidade ambiental. São métodos de aplicação complexa, onerosa em tempo e recursos financeiros, pois requerem ampla base de dados e o aporte de modelos estatísticos e econométricos [11], [15].

Os métodos indiretos utilizam estimativas de custos associados a danos e devem ser entendidos como aproximações da verdadeira dimensão econômica que o dano causa. Esses métodos devem ser usados quando há falta de dados para se utilizarem métodos diretos de valoração ambiental. Os métodos indiretos podem incorporar valores de uso direto (VUD) e indireto (VUI), pois se baseiam em custos para se evitar ou relocar o dano ou, ainda, para se recompor a qualidade ambiental [11], [16], [17], [18]. Na prática, são mais adaptados ao cotidiano da perícia criminal ambiental.

Todavia, qualquer método de valoração apresenta limitações metodológicas e de informações disponíveis. A escolha de um deles depende do objetivo da valoração, das hipóteses assumidas, da disponibilidade de dados e do conhecimento da dinâmica ecológica do bem a valorar [11]. Apesar do grande número de métodos de valoração ambiental atualmente utilizado, nenhum deles é eficiente para captar sozinho o valor econômico total (VET) de um dano, que deve incluir as perdas ecológicas e as perdas sociais concernentes a casos concretos [18].

A Valoração Contingente é capaz de resgatar o valor monetário das perdas ecológicas e sociais. Porém, esse método fornece estimativas tendenciosas e é de difícil e onerosa aplicação. Por esses motivos, os tribunais não devem solicitar a utilização desse método na valoração pericial rotineira [10]. Um dos mais famosos casos de valoração de dano ambiental em processo judicial refere-se ao derramamento de óleo do navio Exxon Valdez no Alasca, em 1989. O método de Valoração Contingente foi utilizado para se captarem as perdas ecológicas, econômicas, sociais e culturais causadas pelo desastre, bem como as consequências a serem absorvidas pelas futuras gerações [4]. Entretanto, o elevado grau de complexidade e subjetividade que o método apresenta contribuiu para o fomento de discussões jurídicas acerca do caso, que se arrastam por mais de duas décadas. Em decisão de 28/11/2010, a Suprema Corte Norte Americana reduziu para 1/10 a pena pecuniária inicialmente valorada em 1989.

Além do grau de subjetividade e da insegurança jurídica que transmitem, métodos que visam captar valores econômicos de bens e serviços não

precificados pelo mercado são geralmente demandantes em tempo e recursos financeiros para serem aplicados.

5. VALORAÇÃO AMBIENTAL EM PERÍCIAS CRIMINAIS

Métodos e procedimentos de valoração utilizados em perícias criminais devem ser simples, práticos, objetivos, baratos e convincentes, por questões de celeridade e segurança jurídica [1], [19], [20]. Todavia, o valor econômico de danos ambientais mensurado em laudos periciais deve considerar no mínimo o custo de reposição (restauração) do bem suprimido, o seu valor de uso indireto (VUI), representado por perdas de funções ambientais, e os custos administrativos do exame pericial e da elaboração do laudo [18].

O custo de avaliação do dano ambiental, facilmente mensurável, é negligenciado em laudos periciais oficiais [18]. Nesse caso, o passivo monetário referente ao exame e à confecção do laudo é rateado pela sociedade e não arcado pelo autor da infração. Essa prática diverge da atual política dos órgãos ambientais brasileiros, que repassam aos interessados os custos referentes ao licenciamento de suas atividades e empreendimentos.

O emprego do custo de reposição como método de valoração de dano ambiental direto é prático e corriqueiro em exames periciais. Os preços dos elementos e das ações necessárias aos trabalhos de restauração são orçados e o valor obtido é imputado ao infrator [21]. O custo de reposição representa o valor econômico mínimo causado pelo dano e, nesse caso, o valor venal do imóvel onde a degradação ocorreu não influenciará a valoração [10]. Porém, o cálculo final do valor de um dano deve incluir o preço das perdas econômicas diretas e indiretas, desde a ocorrência do dano até a completa recuperação do ambiente [11], [12], [19], [20].

O uso do custo de reposição (restauração) como base da valoração de danos ambientais em perícias é uma simplificação necessária de um tema ecologicamente complexo, porque questões legais precisam ser resolvidas com celeridade. Uma coleção de espécies vegetais introduzidas em um local não representa o ecossistema natural que se pretende recompor [5], [7]. O restabelecimento das relações ecológicas, da forma e das funções ambientais em um local requer, após a execução de um projeto de recuperação, manutenção e tempo [22].

Métodos, técnicas e procedimentos para a valoração de danos indiretos e para se aferir o valor de compensação por perdas provisórias são diversos e

controversos [1], [2], [4], [16], [20], [23]. No Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal, as perícias criminais ambientais adotam o custo de reposição do recurso degradado (danos diretos) e multiplicam o valor obtido por coeficientes que variam de 1,0 a 12,0, com o objetivo de captar o valor de uso indireto (VUI) das funções ecossistêmicas perdidas. O valor do coeficiente a ser usado depende da destinação e previsão de uso da área. Assume-se, portanto, que existe uma proporção entre o impacto gerado e a posição hierárquica da área em uma escala de restrições ambientais - Unidades de Conservação, Áreas de Preservação Permanente e outras [1], [19]. Dessa forma, a derrubada de uma árvore nativa em uma área urbana representaria uma intensidade de dano e a derrubada dessa mesma espécie em uma Unidade de Conservação (Lei nº 9.985/2000) seria um ato mais grave e, conseqüentemente, de custos ecológicos e monetários mais elevados. A aplicação de coeficientes sobre o custo de reposição para a captação de valores subjetivos é indicada por outros autores [20], que propõem também o uso de taxas de juros sobre o custo de reposição como forma de valorar o lucro cessante da área danificada.

Outros procedimentos, tais como a Análise de Equivalência de Habitat, utilizado nos Estados Unidos da América, mensuram o custo de restauração e o valor dos serviços ambientais prestados pelo ambiente quando não degradado (valor de uso indireto), tais como infiltração de águas pluviais, proteção de mananciais, melhoria da qualidade do ar, pesca, turismo ecológico, amenização do microclima e outros. O procedimento determina o valor dos serviços ecossistêmicos perdidos por meio do valor imobiliário de áreas com ecossistema ou serviços ambientais semelhantes [18]. A esse valor são adicionados o custo de reposição da área danificada e os custos administrativos de avaliação e valoração do dano. À medida que o ambiente se recupera, descontos proporcionais à magnitude da recuperação são fornecidos ao infrator. Dessa forma, o valor de uso indireto (VUD) é captado, a restauração do recurso é garantida e as perdas provisórias são proporcionalmente compensadas. Porém, a aplicação da técnica requer um considerável conhecimento prévio das funções, vulnerabilidades e resiliência do ecossistema afetado.

No Brasil, há o entendimento de que se deve aplicar uma taxa social de juros ao valor do custo de reposição, como forma de se compensarem as perdas provisórias das funções ecossistêmicas (danos indiretos) [11]. Esse procedimento é razoável, pois:

- 1) o custo de reposição é proporcional à extensão e à intensidade do dano;
- 2) o tempo de pagamento de juros pelas perdas provisórias é diretamente proporcional à intensidade do dano, porque ecossistemas mais danificados requerem mais tempo para se recuperarem [8].

Nesse sentido há que se considerar a aplicação das taxas de juros existentes: simples, compostos e séries decrescentes [24]:

Juros simples

$$j = i \cdot t \quad (1)$$

Juros compostos

$$j = (1 + i)^t \quad (2)$$

Juros compostos decrescentes

$$j = \frac{i}{(1 + i)^t} \quad (3)$$

Em que:

j = juros

i = taxa

t = tempo

Sistemas biológicos e ecológicos apresentam respostas assintóticas de crescimento, incremento, ganho, produção, produtividade, recuperação, restauração e outros ($Y = A - BC^X$, Fig.(1)). Após a execução de um projeto de recuperação, espera-se que os incrementos no porte dos vegetais, na cobertura vegetal do solo, em biodiversidade e em outros parâmetros sejam mais pronunciados nos primeiros anos, tendendo à estabilidade nos períodos posteriores. A recuperação das funções ambientais é mais pronunciada nos primeiros anos após a reposição dos elementos ecossistêmicos [7]. Portanto, a aplicação de uma taxa social de juros deve ser inversamente proporcional às respostas assintóticas. O valor dos juros a serem pagos será, dessa forma, inversamente proporcional à recuperação dos danos indiretos sofridos pelo ecossistema.

A aplicação de taxas de juros simples (Equação 1) ou de juros compostos (Equação 2) é desproporcional ao ganho de funções ambientais nos anos posteriores à execução de um projeto de recuperação (Fig.(2)). Ao se aplicar uma taxa de juros simples, a cobrança pelas perdas provisórias dá-se de maneira linear, enquanto a recuperação ecossistêmica segue um padrão assintótico ao longo do processo.

A aplicação de juros compostos aumenta a distorção, pois os maiores valores cobrados incidirão

sobre os estágios finais de recuperação, quando as funções ambientais encontram-se mais estabelecidas. A cobrança monetária pelas perdas provisórias deve ser mais elevada nos estágios iniciais de evolução do projeto de recuperação, quando as funções ambientais encontram-se ausentes ou incipientes. Os valores referentes às perdas provisórias (danos indiretos) devem então ser progressivamente reduzidos, até que a área atinja um nível de função e forma semelhante ao existente antes do dano [18]. A aplicação de uma série decrescente de juros compostos [24], para a valoração de danos ambientais indiretos, resguarda uma relação simétrica ao padrão de restabelecimento de funções ecossistêmicas em um ambiente em processo de recuperação (Equação 3, Fig.(3)).

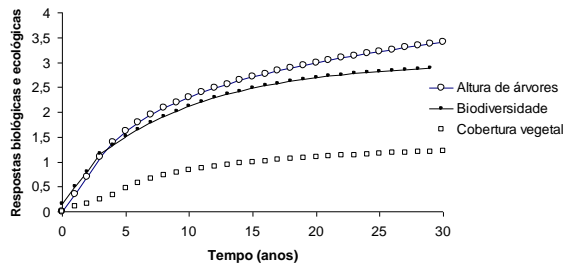


Figura 1. Incrementos de parâmetros biológicos e ecológicos após a reposição de elementos ecossistêmicos em uma área degradada hipotética ao longo do tempo.

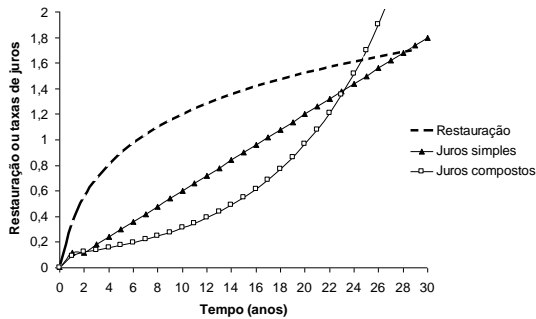


Figura 2. Incrementos de parâmetros de restauração das taxas de juros simples e compostos ao longo do tempo.

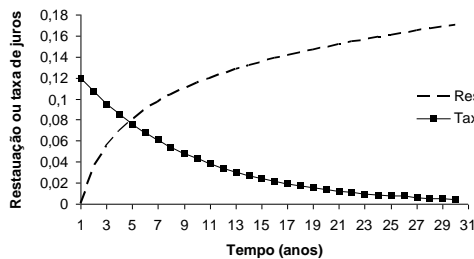


Figura 3. Incrementos de parâmetros de restauração e das taxas de juros decrescentes ao longo do tempo.

6. APLICAÇÃO DA TAXA DE JUROS COMPOSTOS DESCRENTES EM UM CASO CONCRETO

A extração ilegal de bem mineral em uma área de pastagem de 64 hectares rendeu ao infrator cerca de R\$ 3 milhões. O custo de reposição da pastagem foi orçado em R\$ 76.800,00 (R\$ 1.200,00/hectare) e o tempo para a recuperação das funções ambientais (cobertura vegetal da superfície exposta e infiltração de água) foi estimado em quatro anos. Considerado os custos envolvidos em uma taxa de juros constitucional de 12% ao ano (0,12), tem-se:

$$V_{\text{dano}} = CR + CP$$

Em que:

V_{dano} = valor do dano

CR = custo de reposição

CP = custo das perdas ecossistêmicas provisórias (danos indiretos)

$$CP = \sum CR \frac{i}{(1+i)^t}$$

No caso acima exemplificado, CR = R\$ 76. 800,00 e t varia de 1 a 4, como segue:

Ano (t)	Taxa anual	CR (R\$)	Subtotal (R\$)
1	0,12	76.800,00	9.216,00
2	0,107143	76.800,00	8.228,60
3	0,095663	76.800,00	7.346,90
4	0,085414	76.800,00	6.559,80
Total		CP = 31.351,30	

$$V_{\text{dano}} = CR + CP$$

$$V_{\text{dano}} = 76.800,00 + 31.351,30$$

$$V_{\text{dano}} = \text{R\$ } 108.151,30$$

O valor das perdas das funções ecossistêmicas em quatro anos (danos indiretos) representou 40% do custo de reposição (CR).

Caso o órgão ambiental demandasse a recondução da área ao *status quo ante* (restauração), o custo de reposição dos elementos necessários (mudas arbóreas

e outros) seria de R\$ 576.000,00 (R\$ 9.000,00/hectare) e o tempo de recuperação seria de 30 anos [8]. Dessa forma, o custo das perdas ecossistêmicas provisórias (CP, t variando de 1 a 30, Tab.(1)) atingiria R\$ 623.587,20, ou 1,1 vezes o custo de reposição (CR). O valor calculado para se reparar e compensar o dano ($V_{dano} = CR + CP$) atingiria **R\$ 1.199.587,20**.

A utilização de uma **taxa de juros simples** ($CP = CR \cdot i \cdot t$) para o cálculo das perdas

ecossistêmicas provisórias resultaria em R\$ 2.073.600,00, ou 3,6 vezes o custo de reposição. O valor calculado para se reparar e compensar o dano ($V_{dano} = CR + CP$) atingiria **R\$ 2.649.600,00**.

A aplicação de **juros compostos** ao cenário [$CP = CR \cdot (1 + i)^t$] elevaria V_{dano} para **R\$ 17.255.915,00**, valor cuja desproporcionalidade o torna impagável.

Tabela 1. Taxas anuais decrescentes de juros, calculadas a partir de uma taxa juros de 12% ao ano (Equação 3)

Ano	Taxa	Ano	Taxa
1	0,12	16	0,021924
2	0,107143	17	0,019575
3	0,095663	18	0,017477
4	0,085414	19	0,015605
5	0,076262	20	0,013933
6	0,068091	21	0,01244
7	0,060796	22	0,011107
8	0,054282	23	0,009917
9	0,048466	24	0,008855
10	0,043273	25	0,007906
11	0,038637	26	0,007059
12	0,034497	27	0,006302
13	0,030801	28	0,005627
14	0,027501	29	0,005024
15	0,024554	30	0,004486

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A valoração ambiental é matéria complexa e a mensuração dos valores de opção (VO) e de existência (VE) com os atuais métodos disponíveis é inviável em perícias oficiais. Os métodos disponíveis que captam esses valores trazem elevado grau de subjetividade e demandam significativo investimento de tempo e de recursos financeiros.

O emprego do custo de restauração capta o valor mínimo do dano e utilizá-lo em perícias ambientais como método único de valoração negligencia os danos indiretos e é lucrativo para o infrator. Áreas degradadas pela mineração, por exemplo, apresentam os mais elevados graus de impacto e degradação entre as atividades antrópicas terrestres.

Conseqüentemente, locais minerados apresentam os mais elevados custos de restauração e os prazos

mais longos de perdas ecossistêmicas. Entretanto, a comparação entre os custos de revegetação e os valores monetários auferidos com a atividade revela que os valores de recuperação ambiental restringem-se a 0,26 - 10% da arrecadação bruta desses empreendimentos.

A NBR 14653-6/2008 da Associação Brasileira de Normas Técnicas [11] e alguns autores recomendam [20] a aplicação de taxas de juros como forma de valorar os danos indiretos e as perdas ecossistêmicas provisórias. A aplicação dessas taxas, porém, deve resguardar uma relação de proporcionalidade e coerência com os padrões de recuperação ambiental. Nesse sentido, taxas simples e compostas de juros mostram-se discrepantes com a função descrita por sistemas biológicos e ecológicos em fase de recuperação. Juros compostos

decrecentes se adaptaram bem aos padrões de sistemas em processo de restauração.

A aplicação de taxas de juros sobre o custo de reposição de ecossistemas prioriza a valoração da extensão e da intensidade de danos ao longo do tempo, sem considerar a raridade do ambiente ou a posição hierárquica da área em uma escala de restrições ambientais. Porém, a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998) prevê agravantes e atenuantes pecuniários. Entre eles, atingir Unidades de Conservação, áreas sujeitas a regimes especiais de uso, espaços protegidos, espécies ameaçadas podem agravar a pena. Dessa forma, a valoração do local e a circunstância em que o dano ambiental ocorreu poderão ser tratadas aparte do laudo pericial.

O procedimento de valoração proposto neste trabalho visa à sistematização e celeridade de exames e confecção de laudos periciais. Porém, não se exclui aqui a utilização dos métodos neoclássicos de valoração ambiental, quando e caso sejam necessários. A Lei de Crimes Ambientais prevê, por exemplo, que a multa aplicada poderá considerar o valor da vantagem econômica auferida pelo infrator. Nesse caso, o laudo pericial deverá considerar outros métodos e rotinas de valoração monetária.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos revisores, cujas críticas e sugestões contribuíram para a melhoria deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Almeida. *Perícia em local de extração mineral. Mineração e áreas degradadas no Cerrado*, Universa Brasília (2004) 105-122.
- [2] G. Kaskantzis Neto. Modelos para valoração econômica do dano ambiental. Retirado em 16/11/2008, de <http://geo-kas.blogspot.com>.
- [3] A. Lazzarini. (org.). Coletânea de legislação ambiental. Rev. Tribunais (2008).
- [4] J. A. Mota. *O valor da natureza: economia e política dos recursos naturais*, Garamond, Brasília (2001).
- [5] R. B. Primack; E. Rodrigues. *Biologia da conservação*, P & R, Londrina (2002).
- [6] M. Anand; R. Desrochers. Quantification of restoration success using complex systems concepts and models. *Restoration Ecology* **12**: 117-123 (2004).
- [7] R. S. Corrêa. *Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: manual para revegetação*, Universa, Brasília (2009).
- [8] H. P. Jones; O. J. Schmitz. Rapid Recovery of Damaged Ecosystems. *Rapid Ecosystem Recovery* **4**: 1-6 (2009).
- [9] L. O. L. Pereira. Métodos de avaliação de benefícios indiretos de florestas: uma revisão. *Anais do Congresso Florestal Brasileiro*. 23-29 (1990).
- [10] R. Almeida. Identificação e valoração dos danos causados ao meio ambiente. *Anais do IV Comitê Nacional em Perícias em Crime Contra o Meio Ambiente*. 177 (2008).
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT *Avaliação de bens. Parte 6: Recursos naturais e ambientais*. NBR 14653-6:2008 (2009).
- [12] J. M. Nogueira; A. A. Medeiros; F. S. T. Arruda. Valoração Econômica do meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo? *Cadernos de Ciência & Tecnologia* **17**: 81-115 (2000).
- [13] J. M. Nogueira; A. A. Medeiros. Quanto vale aquilo que não tem valor? Valor de existência, economia e meio ambiente. Brasília: *Cadernos de Ciência & Tecnologia* **16**: 59-83 (1999).
- [14] J. F. Marques; A. Comune. Quanto vale o ambiente: interpretações sobre o valor econômico ambiental. *Anais do Encontro Nacional de Economia*. 633-651 (1995).
- [15] J. M. Nogueira. *Curso valoração econômica e compensação ambiental: conflitos e complementaridades*. Centro integrado de Ordenamento Territorial - CIORD, Universidade de Brasília. Brasília (2010).
- [16] C. A. Arantes. *Perícia ambiental: aspectos técnicos e legais*, Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo (2009).
- [17] P. H. May; F. C. Veiga Neto; O. V. C. Pozo. Valoração econômica da biodiversidade: estudos de caso no Brasil. Projeto Estratégia Nacional de Biodiversidade - BRA97G31- MMA/GEF/PNUD. Brasília (2000).
- [18] K. E Kohler; R. E Dodge. Visual-HEA: Habitat Equivalency Analysis software to calculate compensatory restoration following natural resource injury. *Anais do 10th International Coral Reef Symposium*. 1611-1616 (2006).
- [19] R. Almeida. Avaliação de danos causados ao meio ambiente. In: TORCCHETO, D. (org.). *Perícia ambiental criminal*, Millenium, Campinas (2010) 211-230.
- [20] A. Tonietto; R. Almeida; J. Silva. Valoração de danos nos casos de mineração de ferro no Brasil. *Anais do VI Seminário Nacional de Perícias em Crimes contra o Meio Ambiente e II Seminário Nacional de Engenharia Forense*. 17 (2010).

- [21] L. E. C. Dorea; V. P. Stumvoll; V. Quintela. *Tratado de perícias criminalísticas: criminalística*, Millennium, Campinas (2003).
- [22] R. H. Hilderbrand; A. C. Watts; A. M. Randle. The myths of restoration ecology. *Ecology & Society* **10**: 19-29 (2005).
- [23] L. Beltrão. Valoração de danos ao meio ambiente. *Parecer Técnico 48/2005 – DPD/DPE/SMA*. Seção de Perícias do Meio Ambiente. Ministério Público do Distrito Federal E Territórios. Brasília (2005).
- [24] J. L. P. Rezende; A. D. Oliveira. Análise econômica e social de projetos florestais. *UFV*. Viçosa (2008).