

Valoração dos danos ambientais causados por hidrelétricas para a produção de energia na bacia do Tapajós

Antônio Cordeiro de Santana¹

Ádamo Lima de Santana²

Ádina Lima de Santana³

Sérgio Castro Gomes⁴

Rafael de Paiva Salomão⁵

Resumo: O objetivo do trabalho foi estimar o valor dos danos socioambientais a serem causados pela implantação da usina hidrelétrica de São Luiz do Tapajós, estado do Pará. Utilizou-se a análise benefício-custo para valorar os recursos naturais com preço de mercado e o método da avaliação contingente para estimar o valor de uso e de não uso dos ativos ambientais a serem suprimidos com a realização do projeto. Os resultados mostraram que o valor monetário dos danos socioambientais atinge o montante de R\$334,49 milhões para o fluxo de 100 anos e de R\$439,34 milhões para um fluxo infinito de exploração do capital ambiental. O pagamento em fluxo anual foi estimado em R\$28,18 milhões e o restante em montante fixo. Estes recursos podem viabilizar a implantação de um fundo de recebíveis para financiar projetos de desenvolvimento para a população local.

Palavras-chave: Serviços ecossistêmicos. Externalidades. Valoração ambiental. Amazônia.

Classificação J.E.L: C21, D61, H23.

1 Professor Associado da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. *E-mail:* acsantana@superig.com.br.

2 Professor Adjunto da Universidade Federal do Pará – UFPA. *E-mail:* adamo@ufpa.br.

3 Doutoranda pela Universidade de Campinas – UNICAMP. *E-mail:* adina.santana@gmail.com.

4 Professor Titular da Universidade da Amazônia – UNAMA. *E-mail:* scgomes03@uol.com.br.

5 Pesquisador do Museu Paraense Emílio Goeldi. *E-mail:* salomao@museu-goeldi.br.

Valuation of the environmental damages caused by hydroelectric plants for energy production in the river basin of Tapajós

Abstract: The objective of this work is to estimate the value of environmental damage to be caused by the implementation of the hydroelectric plant of São Luiz do Tapajós, in the State of Pará. Benefit-cost analysis was applied to value the natural resources with market price, and the method of contingent valuation to estimate the values of use and non-use of environmental assets to be suppressed with the project's realization. Results showed that the monetary value of environmental damage reaches the amount of R\$334.49 million for a 100 years flow and R\$439.34 million in a scenario of infinite flow of environmental capital exploitation. The payment in annual flow was estimated at R\$28.18 million and the remainder into fixed amount. These resources can enable the implementation of a receivables fund to finance development projects for local people.

Keywords: Ecosystemservices. Externalities. Environmentalvaluation. Amazon.

J.E.L:Code: C21, D61, H23.

1 Introdução

O ativo ambiental do bioma amazônico, envolvendo todos os produtos e serviços ecossistêmicos, exerce pelo menos duas funções fundamentais para a sustentabilidade da vida na Terra (SANTANA, 2014; SANTANA et al., 2013). A primeira diz respeito ao fluxo de produtos e serviços ecossistêmicos que fornece para as populações tradicionais, ou “povos das florestas”, que sobrevivem dos recursos da natureza, e para a população não tradicional, que povoa as áreas rurais e urbanas da Amazônia e de seu entorno. A segunda função, também fornece produtos, mediante a exportação de recursos florestais madeireiros e não madeireiros (castanha-do-pará, açaí, palmito, óleos vegetais, frutas), recursos minerais, produtos agrícolas (pimenta-do-reino, cacau, soja, carne), e produtos da pecuária (carne e pescado), assim como oferta serviços ambientais na forma da regulação climática e como mitigadora dos gases de efeito estufa que afetam a vida na Terra. Essas funções já atingiram consenso mundial e, portanto, a intervenção antrópica nesse bioma para a implantação de atividades econômicas deve ser avaliada na perspectiva do custo de oportunidade desse ativo com alcance para a sociedade local, nacional e global.

Nessa perspectiva, a valoração dos serviços ecossistêmicos produzidos pelos ativos ambientais suprimidos pelas atividades econômicas, envolvendo grandes empreendimentos agropecuários, industriais, florestal madeireiro, mineral e, especificamente, o barramento de rios para a produção de energia elétrica deve atender a dois princípios fundamentais. O primeiro se refere à compensação pelos danos causados à natureza de continuar contribuindo para sociedade, por suprimir e/ou modificar definitivamente sua capacidade de gerar produtos e serviços ecossistêmicos e contribuir para a sustentabilidade da vida na Amazônia e no mundo. O segundo diz respeito à contribuição na forma do crédito tributário que tais atividades devem prover, na forma de uma compensação permanente, com vistas a alavancar o processo de melhoria da qualidade de vida das populações afetadas direta e indiretamente e propiciar o desenvolvimento local.

Este trabalho foca a mensuração do valor monetário dos danos ambientais e sociais causados por grandes empreendimentos, visando contribuir em termos de metodologia e imputação de seus efeitos nos custos sociais para a humanidade. Como área de estudo e de alerta global, considerou-se o empreendimento da bacia do rio Tapajós para revelar os potenciais impactos sobre a sociedade amazônica local. Para determinar o valor das externalidades dos projetos de produção de energia sobre a população da bacia do rio Tapajós, aplicou-se a metodologia da avaliação contingente para valorar os recursos que têm preços de mercado e os produtos e serviços ecossistêmicos que não têm preços de mercado (SANTANA, 2014; BENTES et al., 2014), mas que afetam diretamente as condições de vida das pessoas locais e, indiretamente, a população em geral. Esse princípio da valoração dos impactos econômicos, sociais e ambientais da produção de energia elétrica, a partir do barramento de rios nas bacias de importantes rios da Amazônia, representa uma luz para atender ao reclamo da sociedade atingida direta e indiretamente, especificamente pelas implicações permanentes de ordem econômicas, sociais, culturais e políticas sobre a sociedade ribeirinhas e da Amazônia. Além disso, o caso do barramento planejado para a bacia do rio Tapajós, sobretudo depois dos problemas com a usina de Belo Monte, que ganharam escala global, compromete a sobrevivência dessa população de forma direta pelas próximas gerações.

Para a segunda dimensão, propõe-se um conceito metodológico para tornar clara na matriz de custos dos empreendimentos neste tipo de empreendimento, o valor do crédito tributário, com vistas a demonstrar o custo de oportunidade do projeto e sua efetiva contribuição para o desenvolvimento local e sustentável. Assim, no fluxo de caixa dos projetos deve constar, em conta específica, a parcela de recursos destinada a alimentar um fundo de recebíveis com fins de viabilizar atividades de escopo socioambientais e econômicos por meio do financiamento de projetos estruturantes locais com vistas a criar os fundamentos do desenvolvimento local, a partir dos municípios-sede e os municípios do entorno de tais empreendimentos.

Neste contexto, a valoração dos ativos ambientais suprimidos pelos empreendimentos para implantação da Usina São Luiz do Tapajós para a geração e fornecimento de energia elétrica na bacia do rio Tapajós, levou em conta três aspectos principais: o primeiro se refere à área de floresta a ser inundada com a construção da barragem; o segundo abrange a área a ser inundada e que está ocupada com lavouras e pecuária; e o terceiro está relacionado à área afetada a jusante da barragem no que tange aos serviços ambientais diretos e indiretos produzido pelo rio Tapajós para a sociedade local.

Com efeito, esse trabalho aborda esses dois pontos de crucial importância para estimar o valor monetário da compensação pelos efeitos dos impactos socioeconômicos e ambientais produzidos por empreendimentos de grande escala no bioma amazônico e que repercutem direta e indiretamente sobre a vida na Terra.

O texto foi estruturado em três seções. A primeira trata da fundamentação teórica e metodológica da valoração ambiental, com vistas a estimar o valor das compensações dos dados socioeconômicos e socioambientais causados pelo projeto da Usina de São Luiz do Tapajós, a ser implantado na bacia do rio Tapajós, como contribuição para a gestão desses empreendimentos na Amazônia. Na segunda seção, apresentam-se os resultados e discussão dos modelos de disposição a pagar para manter o rio como na situação atual e a disposição a aceitar uma compensação para a realização do empreendimento, bem como os resultados dos recursos naturais impactadas por inundação de florestas e de atividades produtivas

que apresentam preço de mercado e apoiar a implementação de um fundo socioambiental de recebíveis para financiar a implantação de micro e pequenos negócios para internalizar as capacidades humanas, tecnológicas e de gestão e contribuir para alavancar o desenvolvimento local.

2 Fundamento teórico

A obtenção de valor econômico para os recursos naturais é tarefa complexa, em função de que muitos dos produtos e serviços produzidos pela natureza não têm valor de mercado definido. Essa especificidade exige a aplicação de diversas técnicas de valoração para se ter uma aproximação do valor econômico das externalidades ambientais produzidas pelos usos e/ou conservação dos recursos naturais.

Nesta perspectiva, Pearce (1993), Bishop e Romano (1998), Carson e Mitchell (2003) e Carson (2012) apresentaram a metodologia de Valor Econômico Total (*VET*) como meio para se atribuir valor monetário aos produtos e serviços valorados e não valorados pelo mercado. Essa metodologia, que se transformou em modelo básico de valoração das externalidades ambientais, está embasada na teoria microeconômica do bem-estar, pois assume que o indivíduo é racional no exercício de fazer escolhas, maximizando sua função de utilidade, sujeitando-se ao preço do recurso e à sua restrição de orçamento (TIETENBERG; LEVIS, 2010; SANTANA, 2014). O *VET* foi definido da seguinte forma:

$$VET = \text{Valor de Uso (VU)} + \text{Valor de Opção (VO)} + \text{Valor de Existência (VE)} \quad (1)$$

O *VU* representa o valor atribuído pelas pessoas pelo consumo ou usufruto dos recursos naturais. Esse componente é subdividido em duas partes: o Valor de Uso Direto (*VUD*) e o Valor de Uso Indireto (*VUI*). O *VUD* diz respeito ao consumo ou usufruto direto dos recursos naturais como fonte de matéria-prima, produtos alimentícios, medicinais e científicos, lazer, recreação e satisfação hedônica, obtidos pela extração ou visitação. O *VUI* é definido pelas externalidades que o recurso produz na forma de suas funções dentro dos ecossistemas

para manter a biodiversidade (espécies raras e/ou endêmicas da flora e da fauna) e preservação de cursos d'água, ciclagem de nutrientes, regulação climática etc.

O **VO** é a atribuição de valor aos serviços produzidos pelos recursos naturais pela sua preservação para uso futuro; reflete a aversão ao risco de que essa área, no futuro, pode ter seus produtos e serviços comprometidos. O **VE** se refere ao valor de não uso do recurso natural. Portanto, é a atribuição de valor a um recurso simplesmente por sua existência e está relacionado às espécies vegetais e animais com ameaça de extinção.

Na valoração, o **VUD** dos recursos naturais que dispõe de preços de mercado é avaliado pelas metodologias tradicionais aplicadas a um ativo natural e, nesse aspecto, a metodologia mais amplamente utilizada, dada a disponibilidade de informações é o valor presente líquido da utilização do recurso. Essa metodologia será aplicada à valoração dos recursos florestais madeireiros e não madeireiros da floresta a ser inundada pela barragem. Aplica-se a metodologia proposta por Nogueira e Rodrigues (2007) no que tange à determinação do estoque de exploração e do estoque de crescimento das espécies florestais madeiras e não madeiras das florestas nacionais da Amazônia. O preço da madeira em pé foi buscado no trabalho de Santana *et al.* (2010 e 2011), realizado para o Instituto de Desenvolvimento Florestal do Pará (IDEFLOR), para os anos de 2010 e 2011, na região do Baixo Amazonas, com o fito de apoiar a valoração das áreas destinadas aos contratos de transição e à concessão florestal.

A metodologia aplicada à valoração de florestas nacionais considera o valor presente líquido do fluxo de caixa da exploração madeira cujas espécies apresentam diâmetro à altura do peito igual ou superior a 10 cm, em um horizonte de 100 anos. As espécies florestais madeiras foram separadas em dois grupos para compor quatro ciclos de corte a cada 25 anos, sendo que as espécies com diâmetro maior ou igual a 45 cm são colhidas em três cortes (ano zero, ano 50 e ano 100) e formam o estoque de exploração. Por sua vez, as espécies com diâmetros entre 10 cm e 45 cm são exploradas em dois cortes (ano 25 e ano 75) e formam o estoque de crescimento da floresta. Na atualização do fluxo, utilizou-se uma taxa de desconto de 4,0% ao ano. O valor obtido por hectare é submetido à equação abaixo (SANTANA, 2012) e aplicado para a área total a ser inundada.

$$VF_i = \sum_{t=0}^T \left[\left(\frac{P_{it} - Cu_{it}}{(1+r)^t} \right) \cdot Q_{it} \right] = PLa_{it} \cdot Q_{it} \quad (2)$$

Em que VF_i é o valor monetário da espécie florestal i ; PLa é o preço líquido atualizado da espécie florestal i , no período t , em R\$/m³; P é o preço da espécie *florestaliem* pé no Baixo Amazonas, em R\$/m³; Cu é o custo unitário de produção da espécie *florestaliem* pé, em R\$/m³; Q é o volume médio de madeira extraída por ha; r é a taxa social de desconto que representa o custo de oportunidade do manejo florestal; t é o horizonte de tempo de 100 anos de exploração considerado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

A taxa de desconto social r utilizada, conforme Pearce (1993) e Pearce et al. (2002), pode ser considerada igual à taxa de crescimento do consumo *per capita* do recurso e que, a sua razoabilidade pode ser admitida em patamar situado entre 2% a 6% ao ano.

Na Amazônia, os recursos destinados ao financiamento de produtos florestais madeireiros e não madeireiros a serem explorados por “populações tradicionais”, inclusive as comunidades extrativistas e de agricultura familiar gira em torno de 2,5% ao ano. Mesmo assim, utilizou-se a taxa de 4% adotada pelo ICMBio para efeito de indenização pela supressão florestal por parte de empresas mineradoras, no mesmo horizonte de 100 anos, por ser o critério adotado oficialmente. Adicionalmente, considerou-se também um período infinito para o fluxo de produto e serviços produzidos pelo ativo floresta inundado.

No caso do VUI , que envolve os recursos que não apresentam valor de mercado, aplica-se a metodologia do valor contingente, com a aplicação dos métodos da Disposição a Pagar (DAP) pela manutenção de uso do recurso natural em condições de sustentabilidade, portanto, sem a construção da hidrelétrica e da Disposição a Aceitar (DAA) uma indenização monetária pelos danos causados pela supressão dos ativos ambientais para viabilizar o empreendimento no que tange ao uso do rio Tapajós para gerar energia elétrica e inundar a floresta, atividades produtivas e influenciar diretamente as atividades de pesca, transporte, produção agropecuária e extrativismo vegetal e animal, o bem-estar das populações afetadas, bem como os serviços dos ecossistemas interdependentes.

O método da **DAP** permite gerar o valor que as pessoas a jusante do lago atribuem, em função das preferências declaradas pela população, ao uso direto e indireto dos recursos ambientais, dado que expressa a preferência subjetiva sobre a utilidade que os recursos geram, envolvendo produtos e serviços conhecidos e não conhecidos. O método da **DAA** incorpora o **VET** das externalidades negativas produzidas pelo lago do rio Tapajós aos recursos naturais afetados, envolvendo a possível extinção de espécies raras de peixes, plantas, animais selvagens, mesmo que ainda não identificados. Em suma, esses métodos refletem as preocupações, desejos, percepções, comportamentos e atitudes das pessoas com relação à preservação ou conservação dos recursos naturais (COSTANZA et al., 1997; ADAMS et al., 2008; TIETENBERG; LEVIS, 2010; SANTANA et al., 2013; SANTANA, 2014).

A obtenção desse valor será possível com a aplicação dos resultados obtidos a partir de uma subamostra extraída da população pesquisada por Bentes (2013) para a valoração das externalidades produzidas na jusante da barragem de Tucuruí, no rio Tocantins, estado do Pará. Para isso foi ajustado o seguinte modelo (SANTANA, 2014):

$$Y_i = b_0 + b_1 R_i + b_2 Id_i + b_3 Ed_i + b_4 Sx_i + b_5 SAR_i + b_6 IR_i + u_i \quad (3)$$

Em que Y é a disposição a pagar para continuar usufruindo dos serviços ambientais proporcionadas pelos recursos naturais sob a influência do rio Tapajós ou a disposição a aceitar uma indenização ou compensação pela supressão dos ativos ambientais para implantação da barragem; R é a renda média mensal das pessoas potencialmente afetadas pelo empreendimento de produção de energia da bacia do Tapajós; Id é a idade, em anos, das pessoas entrevistadas; Ed é o grau de educação das pessoas, captado pelo número de anos de estudo das pessoas entrevistadas; Sx é o sexo do sujeito entrevistado; SAR é um indicador da situação atual do rio Tapajós, suprimento de pesca, condições de navegabilidade, assoreamento e poluição; IR é a importância do rio Tapajós no que tange à contribuição para manter a qualidade de vida das populações locais; b_1 é o vetor de parâmetros a ser estimado; u é o termo de erro aleatório. O valor estimado de Y é extrapolado para a população total dos municípios afetados pelo empreendimento da usina hidrelétrica.

Nas áreas que serão inundadas e não se referem a parques e reservas nacionais, considera-se, com base na legislação ambiental para o bioma amazônico, que 80% estão ocupadas com florestas e 20% com atividades agrícolas e/ou pecuárias. Para a área com floresta, aplica-se a mesma metodologia aplicada pelo ICMBio.

No caso das atividades agrícolas e pecuárias das áreas abrangidas pela inundação do lago, será aplicada como medida da rentabilidade de tais atividades, a renda da terra de Ricardo (1982), definido pelo valor do arrendamento dessas terras, que na condição de funcionalidade do mercado desses produtos próximo da concorrência perfeita, representa uma *proxy* adequada da rentabilidade agropecuária (SANTANA et al., 2014).

3 Metodologia

A área de estudo é a bacia do rio Tapajós, especificamente, contempla os municípios de Itaituba e Trairão, impactados pela inundação do lago, e Aveiro situado a jusante da barragem. O empreendimento deve iniciar sua implantação em 2016.

A área de floresta a ser inundada para a formação do lago será de 72.200 ha, sendo que 30.381 ha pertencem a parque e reserva nacional e 41.819 ha representam outras áreas públicas e/ou privadas e com alguma alteração causada pela intervenção antrópica. Assim, a área de 33.455,2 ha, correspondente a 80% da área de floresta que não é formada por reservas e/ou parques, e que, pela legislação ambiental, constituem as áreas de proteção permanente e de reserva legal, por falta de estudo para determinar o valor da fauna e da flora não madeireira, foi avaliada pelo mesmo critério adotado na valoração de florestas nacionais. Essa metodologia é utilizada para efeito de indenização ao Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio), como compensação pela supressão das espécies florestais madeireiras para a extração de minérios em florestas cujas características são similares às da floresta da bacia do rio Tapajós. Para a área de 8.363,8 ha, que está ocupada com lavoura e/ou pastagem, utilizou-se a renda da terra como *proxy* da sua rentabilidade.

Os dados utilizados neste trabalho são do IBGE (população e área cultivada), manual de valoração de florestas nacionais (dados de produção de madeira), relatórios do IDEFLOR (dados de preço da madeira em pé), relatório de Santana (preços e renda da terra, metodologia de valoração), tese de Bentes (dados para estimação econométrica da DAP e DAA), informação do projeto (área inundada e municípios atingidos), informações socioeconômicas do Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará (IDESP).

3.1 Métodos de valoração

Assume-se que a área a ser inundada para a formação do lago da Usina São Luiz do Tapajós, mesmo tendo outros tipos de exploração, tudo foi considerado como floresta. Os resultados obtidos da valoração de recursos florestais da área inundada foram determinados da seguinte forma:

$$VFI = VFh \times ATI \quad (4)$$

Em que VFI é o valor monetário total das espécies da floresta a ser inundada, em R\$, VFh é o valor da floresta em R\$/ha; ATI é a área total a ser inundada em ha.

Os valores para a área de influência a jusante do empreendimento a ser realizado no rio Tapajós, envolvendo recursos pesqueiros, agricultura de subsistência, transporte, extrativismo, abastecimento de mercado, qualidade de vida das pessoas, foram obtidos por:

$$VTJ = VJm \times Pop \quad (5)$$

Em que VTJ é o valor total da $DAPg$ ou DAA em R\$; VJm é o valor médio da $DAPg$ ou DAA de uma pessoa em R\$/pessoa/ano; Pop é a população total da área de influência.

A valoração da área com agricultura e pecuária foi realizada com base no valor do arrendamento da terra, aplicando-se o mesmo horizonte de

tempo de 100 anos, adotado para a floresta, ou considerando um horizonte de tempo infinito. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$VTA = VAb \times AT \quad (6)$$

Em que VTA é o valor total da área agrícola em R\$; VAb é o valor do arrendamento por ha; AT é a área total cultivada.

Finalmente, o valor monetário total dos danos ambientais causado pela Usina Hidrelétrica São Luiz do Tapajós para a produção e fornecimento de energia elétrica na bacia do rio Tapajós é dado por:

$$VTB_{Tapajós} = VFI + YTJ + VTA \quad (7)$$

4 Resultados e discussão

Inicialmente, apresentam-se os resultados estatístico dos parâmetros estimados dos modelos de valoração: DAP e a DAA, realizado com a aplicação do SoftwareStata 12. Os resultados do modelo DAP é apresentado abaixo.

$$DAP_i = 11,531 + 0,0802 \text{ Renda}_i + 2,604 \text{ SARio}_i + 0,759 \text{ ImpRio}_i + 0,369 \text{ Sexo}_i - 0,773 \text{ NEduc}_i \\ (25,90)(14,83)(2,94) (2,21) (1,88) \quad (-1,77)$$

$$R^2 = 0,708; F_{(5, 295 \text{ gl})} = 70,20$$

A estatística F foi significativa a 1%, o que indica que o modelo estimado se adequou bem para representar o fenômeno estudado. Os resultados do modelo estimado indicam que 70,8% das variações na disposição a pagar revelada pelos entrevistados são explicadas pelas variáveis renda, estado atual do rio Tapajós, importância do rio para a sobrevivência das comunidades ribeirinhas, sexo dos entrevistados e nível de educação. Os coeficientes estimados apresentaram sinal positivos e significativos a pelo menos 6%, exceto o associado ao nível educacional que foi negativo e significativo a 7,8%.

As três variáveis de maior peso na explicação das variações no DAP foram a renda, o estado atual do rio e a importância do rio para as pessoas

amostradas. Quanto maior a renda, maior tende a ser a DAP, assim como a manutenção do rio Tapajós pelo menos no estado atual e a manutenção do grau de importância do rio contribui para o aumento da DAP por parte das pessoas que dependem do rio para sobreviver. O sinal positivo da renda está coerente com os resultados encontrados por quase todos os estudos que aplicaram essa metodologia, como Adams et al. (2008) que avaliou a preservação da Mata Atlântica brasileira, Groot et al. (2012) que estimou o valor total de ecossistemas, Bentes et al. (2014) que estimou a disposição a pagar para a jusante da UHE de Tucuruí, Santana (2014) pela valoração da canga da Flona de Carajás.

O sinal positivo para sexo, mostra que no caso da DAP o homem apresenta uma preferência declara acima da média. Este resultado difere da maioria dos trabalhos em que tal variável não apresentou significância estatística (BENTES, 2013; SANTANA et al., 2013).

O nível de educação apresentou um sinal negativo porque no caso dos ribeirinhos da área de estudo que atingirem níveis mais elevados de educação tendem a migrar para os centros urbanos e/ou iniciam novas atividades e, por conta disso, deixam de vivenciar o dia a dia das populações que vivem do rio Tapajós. Por outro lado, como fizeram Bentes et al. (2014), ao considerar apenas o ensino fundamental, o resultado foi positivo.

Por fim, as variáveis que identificam a percepção das populações locais quanto às condições ambientais do rio Tapajós, apresentaram sinal positivo para as condições atuais do rio e para a importância que tem para a sobrevivência da população local.

Assim, diante dos bons resultados obtidos na estimação do modelo, substituindo os valores médios das variáveis na equação, obtém-se o valor médio *per capita* anual do DAP igual a R\$ 215,66.

Os resultados dos parâmetros estimados para o modelo **DAA** são apresentados abaixo.

$$DAA_i = 5,645 + 0,486Renda_i + 45,111 ImpRio_i + 30,295 NEduc_i$$

(0,46) (16,24) (3,66) (2,79)

$$R^2 = 0,801; F_{(3, 254 \text{ gl})} = 196,17$$

A estatística F , significativa a 1%, atesta que o modelo estimado se ajustou bem ao fenômeno estudado. O coeficiente de determinação do modelo estimado indicou que 80,1% das variações na disposição a receber pelos entrevistados são explicadas pelas variações na renda, importância do rio Tapajós para a sobrevivência das famílias locais e o nível educacional. Os coeficientes estimados apresentaram sinal de acordo com o esperado e significância estatística a 1%.

Estes resultados estão coerentes com os obtidos por Santana (2014) para a valoração da canga da Flona de Carajás para efeito de indenização pela Vale do Rio Doce. Dessa forma, os problemas potenciais causados pela Usina Hidrelétrica de São Luiz devem ser compensados na magnitude do valor médio estimado pela DAA. Sendo assim, a renda média é a variável de maior peso na explicação da DAA, seguido pela importância do rio e do nível educacional.

Assim, substituindo os valores médios dessas variáveis na equação, obtém-se o valor médio *per capita* anual da DAA igual a R\$4.176,64.

Com base nestes resultados, pode-se determinar o valor da compensação a ser paga para a população afetada pelos danos ambientais causados pelo empreendimento a ser implantada no rio Tapajós para as populações da jusante da barragem.

Os resultados apresentados na TABELA 1 indicam que o valor monetário da área inundada pelo lagoda barragem gira em torno de R\$306,31 milhões, considerando a área com floresta (88,42%) e com atividades agropecuárias (11,58%). Logicamente essa área está situada a montante da barragem.

O valor das externalidades negativas que impactam sobre a população dos municípios afetados, em função das mudanças produzidas na área a jusante da barragem, determinado com base na técnica da DAP, foi estimado em R\$28,18 milhões anuais. A soma desses dois montantes gera o valor monetário dos danos ambientais produzidos pelo empreendimento e que deve ser compensado, no total de R\$334,49 milhões incluindo o fluxo anual e a indenização em montante fixo.

TABELA 1 – Estimativa do valor dos danos ambientais do empreendimento para a produção de energia elétrica na bacia do rio Tapajós

ÁREA A MONTANTE	ÁREA (HA)	VALOR (R\$/HA)	VALOR TOTAL
Floresta	63.836,20	4.398,36	280.774.543,55
Agropecuária	8.363,80	3.052,83	25.533.299,03
Sub total	72.200,00	-	306.307.842,58
ÁREA A JUSANTE	VALOR MÉDIO	POPULAÇÃO	VALOR TOTAL
DAP (R\$/Hab./Ano)	215,66	130.660	28.177.639,09
DAA (R\$/Hab.)	4.176,64	130.660	545.720.357,30
VALOR FINAL PARA AS DUAS OPÇÕES DE VALORAÇÃO CONTINGENTE			
VTBTapajós A			334.485.481,67
VTBTapajós B			852.028.199,88

Fonte: Dados de pesquisa.

O método da DAA foi também aplicado como mais um parâmetro para ser considerado, pois esse valor tende a considerar todos os danos ambientais causados pelo uso e não uso dos recursos. O valor total foi de R\$545,72 milhões. Este valor, somado ao estimado para a área a montante da barragem é igual a R\$852,03 milhões. Este é o montante a ser pago para que o empreendimento seja realizado de forma a compensar todos os danos ambientais causados para as gerações presentes e futuras.

Na Tabela 2, resumem-se os resultados da estimativa do valor monetário potencial dos danos ambientais a serem causados pelo empreendimento para a produção de energia elétrica na bacia do rio Tapajós (considerando um horizonte infinito de tempo na avaliação da floresta, uma vez que a floresta e a fauna jamais serão restaurada). O valor total aplicando a DAP foi de R\$439,34 milhões e aplicando a DAA, o valor estimado da compensação foi de R\$956,88 milhões.

TABELA 2 – Estimativa do valor dos danos ambientais do empreendimento para a produção de energia elétrica na bacia do rio Tapajós (considera o período infinito)

ÁREA A MONTANTE	ÁREA (HA)	VALOR (R\$/HA)	VALOR TOTAL
Floresta	63.836,20	5.668,24	361.838.601,88
Agropecuária	8.363,80	5.896,85	49.320.041,86
Sub total	72.200,00		411.158.643,74

ÁREA A JUSANTE	VALOR MÉDIO	POPULAÇÃO	VALOR TOTAL
DAP (R\$/Hab./Ano)	215,66	130.660,00	28.177.639,09
DAA (R\$/Hab.)	4.176,64	130.660,00	545.720.357,30
VALOR FINAL PARA AS DUAS OPÇÕES DE VALORAÇÃO CONTINGENTE			
VTBTapajós A			439.336.282,84
VTBTapajós B			956.879.001,05

Fonte: Dados de pesquisa.

Com valores dessa magnitude, conforme Santana et al. (2013), propõe a criação um fundo socioambiental de recebíveis para o fomento permanente do desenvolvimento local, cuja gestão deve ser feita por um arranjo institucional, com a liderança do Banco da Amazônia, que responde como principal instituição financiadora dos projetos voltados para o desenvolvimento regional.

Este fundo deve ser constituído pelos direitos de crédito tributários e o valor das compensações pagas por danos ao capital ambiental e às populações pobres afetadas pelos grandes projetos, cuja primazia envolve o financiamento de micro e pequenos negócios, criação e implantação de núcleos habitacionais e outros projetos de interesse social e ambiental, como forma de estruturar e adensar as cadeias produtivas nas áreas do entorno de tais projetos, com o fito de melhorar a qualidade de vida da população regional.

A partir desse fundo, conforme Kendall e Fishman (1996), o Banco da Amazônia pode exercer a função de gestor do fundo, mediante o lançamento de papéis e/ou quotas no mercado para a busca de investidores com interesse no rendimento de tais papéis, ao longo do tempo, que são lastreados nos recebíveis das compensações e tributos pagos pelos grandes projetos de investimento na Amazônia. Essa é uma forma de se alavancar endogenamente os micro e pequenos empreendimentos socioeconômicos e ambientais, aproveitando as vantagens e potencialidades humanas e tecnológicas locais, de forma a mover os efeitos de encadeamento do desenvolvimento sustentável. Dessa forma, pode-se efetivamente contribuir para desfazer a tendência generalizada da formação de enclaves econômicos nos municípios-sede que convivem com os níveis elevados de pobreza nas áreas do seu entorno.

5 Considerações finais

As estimativas realizadas nesta nota técnica se referem à aplicação de resultados obtidos em pesquisas e estudos desenvolvidos em áreas com características similares ao caso em pauta, mas não se trata do valor real. Neste caso, pesquisa específica deve ser aplicada para que sejam identificados os danos e incorporados na estimação de um valor o mais aproximado possível da situação real.

O valor dos danos ambientais do empreendimento para a produção de energia elétrica na bacia do rio Tapajós, considerando o método da DAP foi de R\$334,48 milhões, sendo R\$28,18 milhões em fluxo anual e aplicando o método da DAA foi de R\$852,03 milhões como indenização, envolvendo pagamento anual e indenização de parcela única.

Tomando a avaliação para um horizonte de tempo infinito para a floresta inundada e aplicando a DAA o valor estimado da compensação atingiu o patamar de R\$956,88 milhões.

Portanto, a efetivação e acompanhamento do fundo socioambiental de recebíveis tem como condição necessária a construção de indicadores socioeconômicos, ambientais e institucionais para complementar os indicadores tradicionalmente que traduzem o desempenho econômico, a vulnerabilidade social da população e os impactos sobre os recursos ambientais.

Referências

- ADAMS, C.; MOTTA, R. S.; ORTIZ, R. A.; REID, J.; AZNAR, C. E.; SINISGALLI, P. A. A. The use of contingent valuation for evaluating protected areas in the developing world: economic valuation of Morro do Diabo State Park, Atlantic Rainforest, São Paulo State (Brazil). **Ecological Economics**, v.66, n.2, p.359-370, 2008.
- BENTES, E. S.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; GOMES, S. G. Valoração econômica da jusante da barragem de Tucuruí. **Revista de Política Agrícola**, v.23, n.4, p.102-110, 2014.
- BENTES, E. S. **Sustentabilidade da pesca artesanal na jusante da usina hidrelétrica (UHE) de Tucuruí, estado do Pará**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias/Agroecossistemas da Amazônia)– Universidade Federal Rural da Amazônia/ Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2013.
- BISHOP, R. C.; ROMANO, D. (ed.). **Environmental resource valuation: applications of the contingent valuation method in Italy**. Boston: Kluwer Academic Publisher, 1998.
- CARSON, R. T.; MITCHELL, R. C. The value of clean water: the public's willingness to pay for boatable, fishable, and swimmable quality water. **Water Resources Research**, v. 29, n. 9, p.2445-2454, 1993.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUEDO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v.15, n.2, p.253–260, 1997.
- GROOT, R.; BRANDER, L.; PLOEG, S.; COSTANZA, R.; BERNARD, F.; BRAAT, L. et al. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem Services**, v.1, n.1, p.50-61, 2012.
- KENDALL, L. T.; FISHMAN, M. **J.A primer on securitization**. London: MIT Press, 1996.
- NOGUEIRA, J. M.; RODRIGUES, A. A. **Manual de valoração econômica de florestas nacionais**. Brasília, DF: Ibama: Funtec, 2007.
- PEARCE, D. **Economic values and the natural world**. Londres: Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, 1993.

PEARCE, D.; PEARCE, C.; PALMER, C. **Valuing the environment in developing countries: case studies**. Cheltenham: Edward Elgas, 2002.

RICARDO, D. **Princípios de economia política e tributação**. São Paulo: Abril Cultural, 1982. (Série Os Economistas).

SANTANA, A. C. **Valoração ambiental da área de savana metalófila, ou canga, da Flona de Carajás para fins de indenização**. Belém: UFRA: Amplo: Funpea: Vale, 2014.

_____. **Valoração econômica e mercado de recursos florestais**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2012.

SANTANA A. C.; GOMES, S. C.; MOREIRA, M. G. P. **Valoração dos impactos socioambientais de grandes projetos e a criação de um fundo de recebíveis para financiar o desenvolvimento na Amazônia**. Belém: Idesp, 2013. Nota Técnica 01.

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. L. A dinâmica do mercado de terras nos estados do Maranhão, Pará e Tocantins In: SANTANA, A. C. **Mercado, cadeias produtivas e desenvolvimento rural na Amazônia**. Belém: UFRA, 2014.

TIETENBERG, T.; LEWIS, L. **Environmental economics and policy**. New York: Pearson, 2010.