



**GRUPO XI  
GRUPO DE ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS (GIA)**

**INCLUSÃO DE CUSTOS AMBIENTAIS NOS ORÇAMENTOS  
DE EMPREENDIMENTOS DE TRANSMISSÃO**

Ricardo Cavalcanti Furtado\*  
Flávia Gama Soares  
Ednaldo Almeida

CHESF

José Maurício de Barros Bezerra  
UFPE

José Rafael Daconti  
Consultor Independente

**RESUMO**

A incorporação de custos ambientais nos orçamentos de empreendimentos de transmissão não tem sido uma prática efetiva no setor elétrico brasileiro. A literatura internacional também não registra custos de externalidades ambientais, com exceção dos custos da terra que são refletidos no preço da energia elétrica [1].

Em termos de procedimentos, desde 1994, encontra-se disponível um guia de orçamentação, elaborado pelo Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico (COMASE), que introduz os custos ambientais no Orçamento Padrão ELETROBRÁS (OPE) [2].

Este artigo resume uma pesquisa que está sendo conduzida, conjuntamente, pela Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) e a Universidade Federal de Pernambuco, visando identificar, orçar, com base no documento anteriormente mencionado, e sistematizar a quantificação de impactos ambientais de empreendimentos de transmissão.

**PALAVRAS-CHAVE**

EXTERNALIDADES AMBIENTAIS – IMPACTOS  
E CUSTOS AMBIENTAIS – SISTEMAS DE  
TRANSMISSÃO

**1.0 INTRODUÇÃO**

As mudanças na legislação ambiental brasileira têm causado um redirecionamento do tratamento da questão ambiental, em especial com relação ao sistema

de transmissão. A Resolução 237/97 do CONAMA, que estabeleceu a necessidade do licenciamento ambiental para subestações e linhas de transmissão, afetou diretamente o cronograma destes empreendimentos. Como um fator crucial no caminho crítico do cronograma de linhas e subestações, o licenciamento ambiental pode levar a prejuízos financeiros significativos para as empresas do setor elétrico brasileiro. Além desses eventuais custos por atraso de obra, a Resolução CONAMA 02/96 estabeleceu que, no mínimo, 0,5% do valor da obra deveria ser aplicado em unidades de conservação.

Os custos dos programas definidos no Plano Básico Ambiental dos empreendimentos de transmissão, os investimentos em unidades de conservação, as eventuais multas por atraso de obra, além da perda de venda da energia elétrica adicional, podem fazer com que os custos ambientais se tornem valores representativos nos orçamentos de subestações e linhas de transmissão. Este artigo visa contribuir para um melhor conhecimento e compreensão dos custos ambientais de sistemas de transmissão.

Vale ressaltar que os custos aqui tratados referem-se ao conceito de custo de controle, conforme discutido no item 2.1. Não são abordados os custos de degradação ambiental, sendo os danos ambientais quantificados pelos custos de controle.

**2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A revisão bibliográfica aqui apresentada foi realizada à luz de documentações técnicas sobre impactos ambientais dos sistemas de transmissão, disponíveis no setor elétrico nacional e internacional.

Foram estabelecidos os seguintes agrupamentos bibliográficos em consonância com o tema central pesquisado:

- aspectos conceituais: este grupo agrega todas as informações coletadas relativas a conceitos técnico-econômico-sociais correlacionados com a questão ambiental;
- principais impactos ambientais de empreendimentos de transmissão: neste grupo são enfocados os diversos tipos de impactos ambientais provenientes de empreendimentos de transmissão de energia elétrica, identificando-se também as medidas, ações, projetos e programas para minorar os efeitos desses impactos;
- efeitos biológicos de instalações de alta-tensão: neste grupo são analisados os possíveis efeitos biológicos de campos elétricos e magnéticos sobre seres vivos, enfocando-se as diversas pesquisas técnico-científicas já realizadas;
- aspectos econômico-sociais: este grupo concentra as informações relativas a questões econômicas associadas aos impactos ambientais de sistemas de transmissão que precisam ser enfocadas no desenvolvimento dos estudos de planejamento de sua expansão;
- custos e benefícios econômico-sociais de áreas de preservação ambiental: neste grupo são analisados os aspectos associados aos custos e benefícios de áreas de preservação ambiental, procurando-se focar algumas experiências internacionais já direcionadas para análises semelhantes;
- aspectos institucionais, normativos e de planejamento: neste grupo foram analisadas as referências bibliográficas que regem normativamente a questão ambiental, em particular os temas associados a sistemas de transmissão.

### **2.1 Aspectos Conceituais**

Os custos ambientais são quantificados através de dois métodos: o do custo de degradação e o método do custo de controle. O custo de degradação expressa o valor econômico dos danos ambientais causados pelo empreendimento. O método do custo de controle estima o valor econômico dos danos ambientais, através dos custos das ações, medidas e programas para evitar, mitigar e compensar os impactos.

No Brasil, o conceito mais geral de custo de controle foi detalhado para identificar melhor alguns custos ambientais, incorridos nos empreendimentos do setor elétrico. Estes custos foram classificados em [3]:

- custos de mitigação: são incorridos ao se lidar com os impactos, procurando-se reduzir as suas consequências;
- custos de compensação: são também incorridos ao se lidar com os impactos, quando, para esta situação, é impossível a reparação, procurando-se compensá-los;
- custos de monitoramento: correspondem àqueles incorridos nas ações de acompanhamento e avaliação dos impactos e programas sócio-ambientais;
- custos institucionais: correspondem aos custos da elaboração dos estudos sócio-ambientais requeridos pelo setor elétrico e pelos órgãos ambientais, da obtenção das licenças ambientais, e da realização de audiências públicas.

### **2.2 Principais Impactos Ambientais de Empreendimentos de Transmissão**

No que se refere à identificação dos impactos e interferências ambientais de sistemas de transmissão de energia elétrica, as tabelas constantes do documento elaborado pelo COMASE [3] sintetizam os principais impactos ambientais a serem observados.

Por outro lado, uma análise mais geral da questão ressalta como os principais impactos, potencialmente adversos, associados com a transmissão de energia elétrica: o uso da terra, os efeitos elétricos e os efeitos visuais [1]. Com relação ao uso da terra, a construção de linhas de transmissão pode causar erosão do solo, contaminação de água, interrupção do tráfego, distúrbios para a população da área, devido ao ruído e à poeira e destruição de habitats naturais. Os efeitos elétricos estão associados com campos elétricos e magnéticos (CEM), efeito corona e transferências de potencial elétrico. Os efeitos visuais de linhas de transmissão e subestações podem alterar paisagens e desvalorizar áreas urbanas.

### **2.3. Efeitos Biológicos de Instalações de Alta Tensão**

Em meados da década de 60 e início da década de 70, pesquisadores soviéticos publicaram alguns estudos associando possíveis efeitos adversos à saúde de pessoas com o fato delas terem sido submetidas a campos elétricos de 50Hz provocados por instalações de alta tensão. Isto deu origem a diversas pesquisas científicas sobre o tema. Após isto, no final da década de 70 e início da década de 80, foram publicados outros documentos desta vez associando a exposição a campos magnéticos a um possível aumento do risco de câncer em pessoas. Diante destes fatos, inúmeras outras pesquisas foram realizadas ou ainda estão em andamento.

No momento atual, os autores julgam importante relatar os resultados de dois estudos realizados por organizações de credibilidade internacional.

O primeiro destes estudos [4] apresenta as opiniões da CIGRÉ, da Organização Mundial de Saúde e da Associação Internacional de Proteção contra Radiações. No referido trabalho, a opinião geral é de que as pesquisas até agora realizadas não permitem afirmar de forma conclusiva que os campos elétricos e magnéticos normalmente produzidos por instalações elétricas de alta tensão possam ser prejudiciais à saúde das pessoas. Segundo as referidas organizações, a evidência de que a exposição a campos elétricos e magnéticos de 50/60 Hz possa causar câncer não é convincente e qualquer associação neste sentido permanece questionável. Consideram, entretanto, que o assunto é de suficiente importância e merece continuar a ser pesquisado. O segundo destes estudos [5] apresenta um resumo atualizado dos valores limites de campos elétricos e magnéticos a 60 Hz recomendados por diversos organismos internacionais. Observa-se que, de acordo com a recomendação do IRPA (uma das entidades mais cautelosas) pessoas podem ficar expostas, por período de tempo indeterminado, a campos elétricos até 5 kV/m ou campos magnéticos até 0,1 miliTesla sem qualquer problema para a sua saúde. Vale ressaltar que, em geral as linhas de transmissão de alta tensão produzem, nas bordas das suas faixas de passagem, níveis de campos inferiores aos mencionados.

#### **2.4. Aspectos Econômico-Sociais**

Os principais aspectos econômicos e sociais estão muito bem enfocados em estudo elaborado pelo COMASE [3]. Tal documento faz uma rica revisão literária quanto à complexidade das relações do meio ambiente com o sistema econômico e social. Essa revisão prendeu-se principalmente ao fato de reconhecer as dificuldades de ordem conceitual e instrumental de se partir para a aplicação das novas rubricas específicas de custos ambientais estabelecidas pelo Grupo de Custos Ambientais do COMASE.

Por outro lado, a despeito da excelente contribuição, o documento não chegou a enfatizar exemplos práticos o que certamente facilitaria a aplicação dos conceitos ali explorados. Já a ELETROBRÁS [7] procurou estabelecer alguns balizamentos quanto aos procedimentos para se levantar os custos ambientais.

#### **2.5. Custos e Benefícios Econômico-Sociais de Áreas de Preservação Ambiental**

No que se refere à aferição dos custos ambientais advindos de interferência de sistemas de transmissão de energia elétrica, Furtado [1] analisou estudos de avaliação econômica de custos e benefícios de áreas de preservação. Alguns deles podem ser usados para estimar impactos ambientais na Amazônia, a exemplo das análises desenvolvidas por Ruitenbeek [8] para a floresta tropical do Parque Nacional Korup, nos Camarões e por Dixon e Sherman [9] para o Parque Nacional Khao, na Tailândia. Pearce et al. [10] pesquisaram vários estudos em biodiversidade e concluíram que tais valores podem chegar a 10% ou mais dos custos privados da produção de eletricidade.

Apesar da importância dos dados contidos nesses estudos, não é possível estabelecer diretamente nenhum referencial para sistemas de transmissão, a partir dessas informações.

#### **2.6. Aspectos Institucionais, Normativos e de Planejamento**

O Plano Diretor de Meio Ambiente [11] é um instrumento direcionador das ações institucionais, normativas e de planejamento das questões sócio-ambientais que envolvem o setor elétrico brasileiro no planejamento, implantação e operação de seus empreendimentos. Apesar de sua abrangência restrita ao período de 91/93, o Plano incorporou muitas das vertentes estruturadoras que ainda regem o setor no desenvolvimento dessas ações.

Não obstante o importante papel desse Plano Diretor, é importante ressaltar que, face às intensas mudanças em andamento no setor elétrico nacional, com o advento do avanço do Programa Nacional de Desestatização, as diretrizes presentes em tal Plano certamente deverão sofrer alterações significativas.

O Manual de Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos [12] enfoca criteriosamente vários aspectos técnicos e ambientais que devem ser seguidos pelas empresas construtoras de tal forma a incorporar o empreendimento ao sistema elétrico, provocando o menor dano possível ao meio ambiente e vice-versa.

#### **3.0 IMPACTOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS DE SISTEMAS DE TRANSMISSÃO**

Os impactos ambientais causados pelos sistemas de transmissão ocorrem, em sua grande maioria, nas fases de construção e operação dos empreendimentos.

Na fase de construção, as principais ações impactantes envolvem a retirada da cobertura vegetal para abertura da faixa de servidão, das estradas de acesso e das

praças de montagem das estruturas. A instalação do canteiro de obras, a montagem das estruturas e o lançamento dos cabos condutores também provocam impactos no meio ambiente.

Na fase de operação do empreendimento, os impactos ambientais são causados pelas ações decorrentes da sua manutenção ou pelo próprio efeito da energia circulando nos cabos condutores.

Foi realizada uma pesquisa na CHESF sobre a aplicação do documento referencial [2] no planejamento das ações ambientais da empresa, como também procuraram-se identificar os principais impactos no seu sistema de transmissão. Na pesquisa, foram avaliados os procedimentos utilizados pela empresa no tratamento da questão ambiental do sistema de transmissão de 500 kV P.Dutra-Fortaleza.

A avaliação dos procedimentos ambientais concentrou-se na análise da escolha do traçado e identificação dos programas ambientais estabelecidos.

Adicionalmente, foram aplicados questionários a técnicos da área de meio ambiente da CHESF. O questionário aplicado consistiu de 11 perguntas associadas ao nível de conhecimento do documento referencial, sua aplicação, críticas e sugestões e ponderações quanto aos principais impactos ambientais dos empreendimentos de transmissão da CHESF.

Dentre os principais impactos ambientais oriundos de linhas de transmissão, apesar de não ter havido uma significativa convergência, os entrevistados apresentaram maior preocupação com a interferência na fauna e na flora, erosão do solo, invasão da faixa de servidão, indução à ocupação desordenada nas margens e limitação do uso do solo e perda compulsória do patrimônio. Já no que tange a subestações, as preocupações se concentraram mais na poluição ambiental (óleo e ascarel), impactos sobre a fauna e a flora e a degradação da paisagem.

Quanto aos programas ambientais, foram sugeridos a inclusão no documento referencial [2] de monitoramento do crescimento da vegetação na faixa de servidão, prevenção e atendimento em casos de acidentes, tratamento sanitário de efluentes, tratamento paisagístico, educação ambiental, monitoramento do solo e implantação da faixa de servidão (indenização e apropriação).

Para subestações, foram identificados, como mais importantes, os projetos paisagísticos, implantação de cinturão de árvores altas para diminuição da poluição visual, a recuperação de áreas degradadas, o controle

de processos erosivos, a proteção dos recursos hídricos, a comunicação sócio-ambiental e a implantação/consolidação de unidades de conservação. Dentre os principais programas ambientais para linhas de transmissão, constantes do documento referencial, ficaram explicitados como mais significativos a recuperação de áreas degradadas, o desmatamento seletivo e poda apropriada, a implantação e consolidação de unidades de conservação, o controle de processos erosivos, a proteção de recursos hídricos e a comunicação e educação ambiental.

#### 4.0 CUSTOS AMBIENTAIS DE SISTEMAS DE TRANSMISSÃO

A título de exemplificação, foi escolhido o sistema de transmissão 500 kV P.Dutra-Teresina II-Sobral II-Fortaleza II, para cômputo dos custos ambientais, apurados em conformidade com o documento referencial [13].

Foram identificados os custos ambientais e organizados de acordo com a sua especificidade, conforme consta da Tabela 1.

A Tabela 2 apresenta esses mesmos custos ambientais organizados por tipo.

**Tabela 2 - Custos Ambientais por Tipo**

Tipo	Valor (R\$)	%
Custos de Controle	318.716,26	8,0
Custos de Mitigação	824.563,75	20,7
Custos de Compensação	2.299.830,00	57,7
Custos de Monitoramento	39.366,00	1,0
Custos Institucionais	502.356,00	12,6
Custo Ambiental Total	3.984.832,01	100,0

Os diversos tipos de custo: Controle (R\$ 318.716,26), Mitigação (R\$ 824.563,75), Compensação (R\$ 2.299.830,00), Monitoramento (R\$ 39.366,00) e Institucionais (R\$ 502.356,00), totalizaram R\$ 3.984.832,01, o que representa 1,1% do custo convencional da obra (R\$ 401,99milhões). Os custos de compensação foram os mais significativos, representando 57,7% de todo o custo ambiental, seguidos dos custos de mitigação (20,6) e dos custos institucionais (12,6%). Tais valores encontram-se ilustrados na Figura 1.

Há de se ressaltar ainda que os custos de compensação foram quase que totalmente representados pelas medidas compensatórias estabelecidas legalmente, em função do valor do empreendimento (0,5% de R\$ 401,99 milhões = R\$ 2.000.000,00).

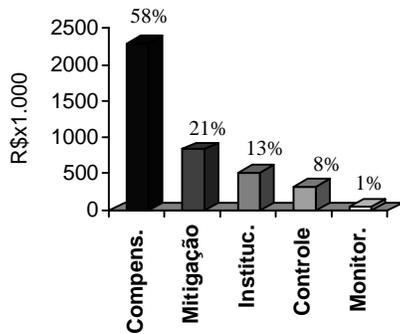
ou 12 km da linha de transmissão 500 kV P.Dutra-Teresina II-Sobral II-Fortaleza II (R\$ 257,18 milhões, equivalente a 747 km).

**Tabela 1 – Custos Ambientais do Sistema de Transmissão 500 kV P.Dutra/Fortaleza**

<b>Especificação</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Controle de Processos Erosivos Reabilitação de Área Degradada	Controle	169.088,10
Desmatamento Seletivo e Poda Apropriada	Mitigação	55.650,00
	Monitoramento	39.366,00
Comunicação Sócio-Ambiental	Mitigação	614.128,75
Prevenção e Atendimento em Casos de Acidentes	Mitigação	114.785,00
Alteração de Alturas de Torres Devido a Restrições Ambientais	Controle	29.628,16
Medidas Compensatórias	Compensação	2.000.000,00
Licenciamento da Obra (LP/LI/LO e Autorização para Desmatamento)	Institucional	150.000,00
Estudos Ambientais (EIA/RIMA/PBA)	Institucional	312.356,00
<b>Estudos e Programas Suplementares (solicitados pelo IBAMA)</b>		
Impactos s/populações que se utilizam do babaçu (programa)	Compensação	299.830,00
Sinalização do trecho Teresina-Altos para ultraleves (estudos)	Mitigação	40.000,00
Contingências para SE's (estudos)	Controle	40.000,00
Controle ambiental para o canteiro de obras (estudos)	Controle	40.000,00
Recuperação de áreas degradadas em canteiros de obra (estudos)	Controle	40.000,00
Desapropriação e indenização da população afetada (estudos)	Institucional	40.000,00
<b>Custo Ambiental Total</b>		<b>3.984.832,01</b>

Fonte: [18]

**Figura 1- Custos Ambientais por Tipo**



Por outro lado, o valor global aqui obtido, quando comparado com o montante investido no empreendimento, é, aparentemente, pequeno. Este resultado se deve, principalmente, às características econômico-sociais da região que viabilizaram a minimização dos custos ambientais envolvidos. Observando sobre outro aspecto, uma avaliação absoluta deste custo ambiental (R\$3.984.832,01) representa um montante considerável, quando se tem em mente que, com tais recursos, seria possível a construção de 17% da SE Sobral II(R\$ 23,67 milhões),

Ressalta-se, por fim, que os custos ambientais aqui apresentados podem ainda ser acrescidos, em função

da realização dos demais programas ambientais solicitados pelo IBAMA e de eventuais multas a serem pagas aos empreiteiros por paralisações da obra devido ao atraso na emissão de licenças ambientais.

## 5.0 PROCEDIMENTOS PARA QUANTIFICAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

A quantificação sistemática dos custos ambientais, advindos dos estudos, da implantação e da operação dos empreendimentos de transmissão de uma empresa de energia elétrica, requer o estabelecimento de procedimentos padronizados a serem seguidos pelos órgãos de planejamento, projeto, construção e meio ambiente da referida empresa.

Os estudos ambientais dos empreendimentos de transmissão devem ser elaborados conforme os passos apresentados a seguir:

a) Os estudos de planejamento do sistema de transmissão indicam o centro de carga a ser suprido, o ponto de origem para escoar essa energia, bem como as características que esta LT deve ter;

b) Com base nestas informações e utilizando os recursos de geoprocessamento, as áreas de meio ambiente e projeto definem um corredor de largura em

torno de 20 km, dentro do qual são inseridas diversas alternativas de diretriz (rota) para interligar o ponto de origem ao centro de carga;

c) O EIA/RIMA definirá a alternativa preferencial dentre as alternativas de diretriz avaliadas. Para esta alternativa, será elaborado e implantado o PBA.

Para a quantificação sistemática dos custos ambientais, deverão ser incluídos nos orçamentos dos empreendimentos de transmissão:

- os custos facilmente identificáveis como ambientais (programas sócio-ambientais, elaboração dos estudos sócio-ambientais, obtenção de licenças ambientais e realizações de audiências públicas, etc);
- os custos decorrentes da escolha do traçado preferencial, que serão computados como sendo a diferença entre os custos de engenharia da alternativa preferencial e os da alternativa de menor custo.

É importante ressaltar que os custos ambientais da escolha do traçado preferencial são decorrentes das restrições ambientais. Tais restrições são difíceis de valorar uma vez que, na sistemática apresentada, a definição das alternativas já leva em conta diversos aspectos ambientais.

## 6.0 CONCLUSÕES

O artigo mostrou que o conhecimento, a incorporação e a sistematização dos custos ambientais nos orçamentos de empreendimentos de transmissão têm ainda um grande campo para pesquisa e desenvolvimento.

Portanto, torna-se conveniente se proceder a condução de processos de apuração de custos ambientais, para outras obras de transmissão de energia elétrica, como também a continuação de pesquisas junto a empresas congêneres, para obtenção de dados ambientais de sistemas de transmissão que venham a se constituir em bases referenciais para uma análise comparativa mais detalhada.

A monetarização dos impactos ambientais do sistema de transmissão Presidente Dutra–Fortaleza em 500 kV mostrou uma predominância dos custos de compensação (58%), em função do valor da medida compensatória a ser aplicada em unidades de conservação (0,5% do valor da obra).

## 7.0 BIBLIOGRAFIA

- [1] - FURTADO, R. C. The Incorporation of Environmental Costs into Power System Planning in Brazil. Tese de Doutorado. Imperial College, Universidade de Londres. (1996). Inglaterra.
- [2] – COMASE - COMITÊ COORDENADOR DAS ATIVIDADES DE MEIO AMBIENTE DO SETOR ELÉTRICO. Referencial para Orçamento dos Programas Sócio-Ambientais. Vol. III – Sistemas de Transmissão. (1994). Brasil.
- [3] – COMASE. Custos Sócio-Ambientais: Tipologia e Conceitos. (1993). Brasil.
- [4] - WORKING GROUP 36.01. Electric power transmission and the environment: fields, noise and interference. CIGRÉ. (1993). França.
- [5] - WORKING GROUPS 36.01 and 36.06. A summary of standards for human exposure to electric and magnetic fields at power frequencies. CIGRÉ Draft Document. (1997). França.
- [6] – COMASE. Considerações para a Análise de Custos e Benefícios Sócio-Ambientais do Setor Elétrico. (1993). Brasil.
- [7] – ELETROBRÁS / DNAEE. Diretrizes para Projeto Básico de Linhas e Subestações. (1997). Brasil.
- [8] – RUITENBEEK. Economic Analysis of Tropical Forest Conservation Initiatives: Examples from West Africa, World Wild Fund for Nature. (1990). UK.
- [9] – DIXON, J. A. e P. SHERMAN. Economics of Protected Areas. A New Look at Benefits and Costs, Earthscan Publications. (1991). Inglaterra.
- [10] – PEARCE, D. C. BANN and S. GEORGIU. The Social Cost of Fuel Cycles. Report to the UK Department of Trade and Industry by Centre for Social and Economic Research on the Global Environment. (1992). Inglaterra.
- [11] – ELETROBRÁS. Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico. 1991/1993. (1990). Brasil.
- [12] – ELETROBRÁS. Manual de Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos. (1986). Brasil.
- [13] – CHESF / CONSPLAN – CONSULTORIA E PLANEJAMENTO LTDA. Plano Básico Ambiental da Linha de Transmissão 500 kV Presidente Dutra/Fortaleza II. Volumes V a IX. (1998). Brasil.