

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ELIANA DE MENEZES BANDEIRA**

**BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DERIVADOS DE PROGRAMAS DE**  
**CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia.

Orientador: C. Celso de Brasil Camargo

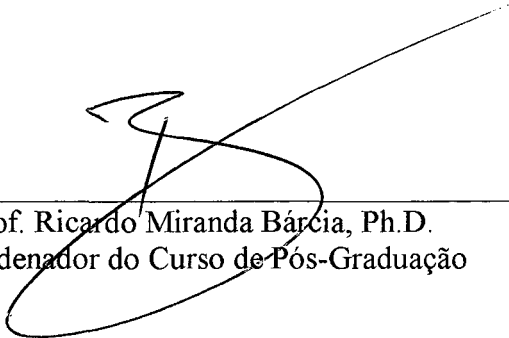
Florianópolis – SC

Agosto de 2000

**BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DERIVADOS DE PROGRAMAS DE  
CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**ELIANA DE MENEZES BANDEIRA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**, na área de Qualidade e Produtividade, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.



---

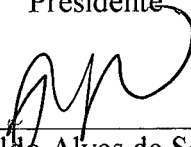
Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.  
Coordenador do Curso de Pos-Graduação

**Banca Examinadora:**



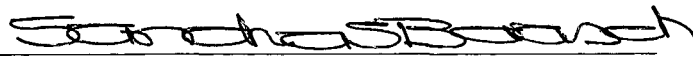
---

Prof. C. Celso de Brasil Camargo, Dr.  
Presidente



---

Prof. Edvaldo Alves de Santana, Dr.  
Membro



---

Prof. Sandra Sulamita Baasc, Dra.  
Membro

Florianopolis – SC  
Agosto de 2000

*À minha família,  
Porto de partida e pouso de chegada.*

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, que em todos os momentos da vida nos mostra seu infinito amor de Pai...*

Ao professor Celso de Brasil Camargo, pelo profissionalismo e compreensão com a qual conduziu a orientação deste trabalho.

Ao professor Edvaldo Alves de Santana pelas oportunas intervenções, e por ter aceito o convite para participar como membro da banca examinadora.

À professora Sandra Sulamita, pelo despertar para a importância das questões ambientais.

À Universidade Federal de Alagoas e em especial ao PET/Economia pela confiança depositada em meu trabalho.

À Mamãe (Benedita), minhas irmãs (Luciana, Lúcia e Eliane), minha Madrinha (Maria José) e aos amigos de Maceió, que mesmo de longe, me ajudaram na caminhada.

Ao Rodrigo, meu sempre e bom amigo, e à Patrícia, pela acolhida e pelo apoio no início do curso.

Aos amigos da Paróquia da Trindade e do GOU - Grupo de Oração Universitário, por serem sal da terra e luz no caminho.

À minha família em Florianópolis: Rô, Élbis e Sheila, pelas alegrias, tristezas, certezas e incertezas compartilhadas.

Aos bons amigos que adquiri e em especial à Irene, Fernandinha, Luciano, Cláudia e Carminha, pessoas com quem sempre contei durante este tempo.

Aos amigos das Baías, pelos momentos de trabalho e diversão.

## RESUMO

De uma forma geral, práticas com vistas à eficiência no uso da eletricidade têm se mostrado viáveis, não só do ponto de vista técnico e econômico, mas também pelos resultados ambientais positivos: com a adoção de medidas que racionalizam a produção e o consumo de energia elétrica é possível reduzir a necessidade de exploração de novos potenciais energéticos, adiando a necessidade de novos investimentos para a expansão do sistema e os impactos ambientais gerados por estes empreendimentos. Neste sentido, o presente trabalho objetiva evidenciar estes benefícios ambientais, por meio da proposição de um modelo de avaliação que ressalta, dentro dos resultados gerais das práticas de conservação de energia elétrica, os aspectos ambientais. Utilizando como referencial teórico a Economia do Meio Ambiente e Recursos Naturais, a qual dispõe de técnicas de avaliação de bens e serviços ambientais, o modelo avalia os benefícios ambientais trazidos pelos programas de conservação de energia elétrica a partir de uma avaliação indireta, medindo-os pela variação nos custos ambientais ocorrida com a implantação do programa. A aplicação do modelo no Programa de Iluminação Pública Eficiente do PROCEL (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica) mostrou que de fato, a adoção de programas de conservação de energia elétrica permite reduzir a exploração de recursos naturais com o adiamento das obras de fornecimento de energia elétrica.

## **ABSTRACT**

In a general way, practices related to the efficiency in the use of electricity has been showing viable, not only from the technical and economic point of view, but also for the positive environmental results: adopting measures of rationalization in the production and consumption of electric energy it is possible to reduce the need of exploration of new energy potentials, postponing the need of new investments for the expansion of the system and the environmental impacts generated by these expansion. In this sense, the present study tries to evidence these environmental benefits, by means of the proposition of an evaluation model that stands out, inside of the general results of the practices of electric energy conservation, the environmental aspects. Using as reference the Economy of the Environment and Natural Resources, which has techniques of evaluation of goods and environmental services, the model evaluates the environmental benefits brought by the programs electric energy conservation starting from an indirect evaluation, measuring them for the variation in the environmental costs due to the adoption of the program. The application of the model in the Public Illumination Efficiency Program of PROCEL showed that in fact, the adoption allows to reduce the exploration of natural resources with the postponement of works of electric energy supply.

## SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras</b>	x
<b>Lista de Quadros</b>	xi
<b>Lista de Abreviaturas</b>	xii
<b>Capítulo 1 – Introdução</b>	1
1.1. Aspectos Conjunturais	1
1.2. Justificativa e Objetivos	4
1.3. Método de Pesquisa	6
1.4. Estrutura do Trabalho	8
<b>Capítulo 2 – Conservação de Energia Elétrica: uma alternativa à Conservação Ambiental</b>	9
2.1. Considerações Iniciais	9
2.2. Fundamentos da Conservação de Energia	10
2.2.1. Aspectos Econômicos	11
2.2.2. Aspectos Ambientais	11
2.3. Conservação de Energia no Setor Elétrico Brasileiro	13
2.3.1. Impactos Ambientais na Produção de Energia Elétrica no Brasil	13
2.3.2. Restrições Financeiras e Limitações do Mercado Brasileiro de Energia	16
2.4. política de Conservação de Energia elétrica no Brasil	18
2.4.1. Atuação do Procel	18
2.4.2. Resultados da atuação do Procel	25
2.5. Considerações Finais	28
<b>Capítulo 3 – Materialização dos Valores Ambientais</b>	29
3.1. Considerações Iniciais	29
3.2. Interpretações sobre o valor Econômico do Meio Ambiente	30
3.3. Teoria Econômica e Avaliação Ambiental	31
3.4. Preço do Meio Ambiente e Custos Ambientais	36
3.5. Modelos de Avaliação do Meio Ambiente	38

3.5.1. Técnicas baseadas diretamente nos preços de mercado	38
3.5.2. Técnicas baseadas em mercados substitutos	39
3.5.3. Técnicas baseadas em mercados experimentais ou pesquisas	41
3.6. Mecanismos Econômicos de Controle Ambiental	44
3.7. Preço da Energia	46
3.8. Considerações Finais	47
<b>Capítulo 4 – Avaliação Ambiental no Contexto dos Programas de Conservação de Energia Elétrica</b>	<b>48</b>
4.1. Considerações Iniciais	48
4.2. Benefícios Ambientais derivados dos Programas de Conservação de Energia Elétrica	49
4.3. Tratamento dos Custos Ambientais no Setor Elétrico Brasileiro	51
4.4. Avaliação dos Benefícios Ambientais: proposta de operacionalização de cálculo	56
4.4.1. Estrutura Geral do Modelo	56
4.4.2. Tratamento das Variáveis	57
4.5. Méritos e Limitações do Modelo	62
4.6 . Considerações Finais	63
<b>Capítulo 5 – Benefícios Ambientais Derivados da Adoção do Programa de Iluminação Pública Eficiente</b>	<b>64</b>
5.1. Considerações Iniciais	64
5.2. Serviço de Iluminação Pública	65
5.3. Programa de Iluminação Pública Eficiente do Procel	66
5.3.1. Perspectivas e Pontos Relevantes	69
5.3.2. Barreiras	70
5.4. Resultados esperados com a adoção do Programa de Iluminação Pública Eficiente	71
5.4.1. Custos Ambientais dos Empreendimentos	76
5.4.2. Benefícios Ambientais decorrentes do Programa de Iluminação Pública Eficiente	79
5.5. Considerações Finais	81



<b>Capítulo 6 – Conclusões e Recomendações</b>	82
<b>Bibliografia</b>	89
<b>Anexo 1 – Impactos Ambientais na produção de Eletricidade</b>	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1	Esquema de cálculo dos Benefícios Ambientais derivados de Programas de Conservação de Energia Elétrica	57
Figura 5.1	Tipos de Lâmpadas Utilizadas na Iluminação Pública no Brasil	65

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Plano Estratégico do Procel – período de 1996 a 2005	19
Quadro 2.2	Resultados do Procel, por Segmento – 1997	26
Quadro 2.3	Resultados Quantitativos do Procel	27
Quadro 2.4	Tratamento dado às variáveis ambientais nos empreendimentos do Setor Elétrico Brasileiro	52
Quadro 4.2	Custos ambientais: Tipologia e Conceitos	53
Quadro 4.3	Parâmetros estabelecidos pelo CEPEL para cálculo dos Custos Ambientais	59
Quadro 4.4	Métodos para avaliar os Impactos Ambientais na Produção de Energia Elétrica	60
Quadro 4.5	Parâmetros de cálculo dos custos com danos para empreendimentos elétricos	61
Quadro 5.1	Ações Realizadas no âmbito do Programa de Iluminação Pública Eficiente	66
Quadro 5.2	Principais Barreiras à implementação do Programa de Iluminação Pública Eficiente	70
Quadro 5.3	Custos decorrentes da implantação de Corumbá I e Candiota III	77
Quadro 5.4	Custos Ambientais derivados da implantação de Corumbá I e Candiota III	78
Quadro 6.1	Benefícios Ambientais derivados da implementação do Programa de Iluminação Pública Eficiente	86

## **SÍMBOLOS, ABREVIATURAS, SIGLAS E CONVENÇÕES**

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica  
CEF – Caixa Econômica Federal  
CEPEL – Centro de Pesquisas da ELETROBRÁS  
CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco  
COMASE – Comitê Coordenador das Atividades do Meio Ambiente no Setor Elétrico  
COPPE – Coordenação de Programas de Pós Graduação em Engenharia  
CTEM – Comitê Técnico para Estudos de Mercado  
DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica  
EAE – Programa de Energia Alternativa e Eficientização  
ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.  
ESCO – Energy Service Company ou Empresa de Serviço de Energia  
ETAC – Energy Technology Application Center  
GCPS – Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos  
GLD – Gerenciamento pelo Lado da Demanda  
GWh – gigawatt-hora  
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial  
kWh – quilowatt-hora  
MME – Ministério das Minas e Energia  
OPE – Orçamento Padrão da Eletrobrás  
PCEEL – Programa de Conservação de Energia Elétrica  
PIB – Produto Interno Bruto  
PNEPP – Programa Nacional de Eficientização de Prédios Públicos  
PROCEL – Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica  
RGR – Reserva Global de Reversão  
SEBRAE – Serviço de Apoio às Pequenas e Microempresas  
TWh – terawatt-hora  
UHE – Usina Hidro Elétrica

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

*“Somos mais sensíveis com o que é feito contra os costumes do que contra a Natureza”* (Plutarco ano 100 DC)

### 1.1. Aspectos Conjunturais

A busca por um processo de desenvolvimento fundado em bases sustentáveis, que combine crescimento econômico, equidade social e respeito ao meio ambiente tem sido o grande desafio da sociedade contemporânea. O momento presente é de clara evidência da seriedade dos problemas decorrentes da atividade econômica realizada sem critérios sócio-ambientais, destacando-se, entre estes problemas, o aumento da pobreza e da fome; desflorestamento e extinção de espécies animais e vegetais, erosão do solo e surgimento de desertos; poluição do ar e das águas; chuvas ácidas e destruição da camada de ozônio, além do efeito estufa e das mudanças de clima da Terra.

Conforme ressalta Lewis (1996), existem muitos sinais de que a próxima crise internacional ocorrerá no meio ambiente com o comprometimento da disponibilidade de recursos para as gerações futuras, caso não sejam ouvidos os alertas quanto aos abusos cometidos na utilização dos recursos naturais. Evitar esta crise portanto, pressupõe a adoção de um desenvolvimento sustentável, procurando

priorizar o crescimento e progresso econômico sem pôr em risco os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra: atmosfera, águas e seres vivos.

Para tanto, é fundamental repensar o planejamento de atividades que produzem grandes efeitos sobre o meio ambiente, destacando-se entre elas a utilização de energia elétrica, cuja obtenção, ao longo da história das civilizações sempre representou um aumento na utilização de recursos naturais: lenha, quedas d'água, carvão, petróleo, entre outras, produzindo importantes alterações no ambiente, na maioria das vezes, negativos.

A queima de combustíveis fósseis (carvão, derivados de petróleo e gás natural), procedimento utilizado para geração de energia térmica, origina uma série de poluentes atmosféricos, os quais vem contribuindo para o agravamento de problemas como a contaminação do ar, acidificação do meio ambiente e o aquecimento global da atmosfera. A geração de energia hidrelétrica também acarreta impactos significativos sobre o meio ambiente, tanto físico-biótico, quanto sócio-econômico, particularmente no caso de centrais com grandes barragens: trata-se na verdade de uma transformação radical que se opera no ecossistema existente, o qual é substituído por outro construído artificialmente.

A importância da utilização da energia como fator de desenvolvimento e bem-estar da sociedade e o conseqüente intenso uso que se faz dela em todos os segmentos sociais, faz com que a capacidade de nosso meio ambiente suportar a vida dependa do tipo de energia escolhida. Desta forma, a busca por um desenvolvimento sustentável passa necessariamente pelo aumento da eficiência e conservação energética, aliados ao uso de uma variedade de fontes renováveis o mais breve possível.

Em consonância com esta realidade, um grande número de países passou a adotar uma nova postura em seu planejamento energético, optando por programas institucionais ou governamentais de aquisição de tecnologias para aumentar a eficiência no consumo e produção de energia, uso de energias alternativas, padrões de desempenho energético, atividades de pesquisa, entre outras. Por meio de serviços de eficiência energética é possível reduzir o crescimento da demanda de eletricidade entre 1% e 2% ao ano, diminuindo portanto, a pressão sobre a necessidade de novos investimentos em suprimento. São exemplos de países bem sucedidos em suas

políticas de conservação os Estados Unidos, o Canadá, a Polônia, a Rússia, o Paquistão e a Coreia. Na América Latina, destaca-se o programa de conservação de energia adotado pelo México e no Brasil, no qual está centrado este estudo.

No Brasil, as políticas de conservação tiveram início com a criação do Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – PROCEL, em 1985, mas foi somente na década de 90 que este de fato, tornou-se mais atuante. As ações do PROCEL abrangem a oferta e demanda por energia, mobilizando segmentos da sociedade que possam contribuir para o combate ao desperdício de energia elétrica. Entre estes participantes destacam-se empresas concessionárias, órgãos de governo, instituições de pesquisa, escolas, associações de classes, fabricantes de equipamentos e agentes de financiamento.

Assim, evidencia-se entre as ações desenvolvidas no âmbito do PROCEL, projetos com enfoque na oferta de energia e no consumidor final. Os programas voltados para o lado da oferta dizem respeito ao desenvolvimento tecnológico e projetos associados a melhorias tecnológicas em qualquer segmento do sistema elétrico, incluindo pesquisas de materiais e equipamentos para efficientização dos processos de geração, transmissão e distribuição.

Já os programas voltados para o consumidor final são mais específicos, adequando-se aos diferentes tipos de consumidores. Estão subdivididos em: i) *projetos educacionais*: voltados para a orientação, educação, capacitação e treinamento (cursos, seminários, treinamento para difusão dos conceitos sobre o uso racional da energia) ii) *efficientização energética*: projetos para efficientização do sistema elétrico de prédios públicos ou das instalações de consumidores industriais, compreendendo diagnóstico energético e implementação de medidas com vistas à utilização racional da energia, junto aos consumidores. iii) *iluminação* que compreendem efficientização energética, projetos educacionais e marketing; iv) *programas de GLD (gerenciamento pelo lado da demanda)*: voltados ao consumidor final de energia, procurando alterar sua curva de carga e assim, limitar a demanda de ponta do sistema e v) *regularização e controle*: instalação de medidores para consumidores e regularização de consumidores atendidos de forma precária.

Os resultados de tais iniciativas são promissores: desde 1986 foram economizados 5.815 GWh/ano de energia, o que equivale ao adiamento/suspensão da

construção de uma usina hidrelétrica do porte de Água Vermelha (1368 MW), ou um investimento da ordem de R\$ 2,72 bilhões<sup>1</sup>. Estes resultados revestem-se em benefícios econômicos e sócio-ambientais: os benefícios econômicos dizem respeito aos ganhos financeiros que a concessionária pode obter se aplicar o montante poupado em outras formas de investimento durante o período de adiamento das obras de geração; os benefícios ambientais decorrentes destas medidas consistem nos recursos naturais que deixaram de ser explorados durante o período de adiamento/suspensão na construção de novas usinas geradoras e de linhas de transmissão.

Não obstante estas claras vantagens dos programas de conservação de energia, a sua efetiva aplicação tem sido dificultada pela resistência dos consumidores em mudar alguns aspectos de seu estilo de vida, muito dependente de energia para atender a suas necessidades de conforto e trabalho. Além disso, pesam os aspectos financeiros, já que há insuficiência de linhas de financiamento e falta de dinamismo das linhas existentes e, por fim, dificuldades na operacionalização dos programas de conservação, com falta de intercâmbio entre os agentes envolvidos e a deficiência de normas e padrões adequados impedem o bom andamento dos mesmos.

As limitações que envolvem as políticas ligadas à conservação de energia decorrem principalmente da falta de consciência dos agentes sociais quanto a real importância destas políticas e das potencialidades existentes. Neste sentido, para a sensibilização social é necessário evidenciar os benefícios obtidos com tais programas, especialmente os benefícios ambientais, cuja avaliação ainda carece de uma discussão mais específica, a fim de que fique clara a importância destes programas para a gestão dos recursos naturais e para o alcance de um desenvolvimento em bases sustentáveis.

## **1.2. Justificativa e Objetivos**

Em todo mundo parece não haver dúvidas de que práticas com vistas à eficiência são viáveis, não só do ponto de vista técnico e econômico, mas sobretudo

---

<sup>1</sup> É importante ressaltar que deste montante de energia economizado, cerca de 70% foi conseguido



pelos resultados ambientais positivos. Holdren (1990) concorda que o aumento da eficiência energética é um método efetivo de reduzir impactos ambientais com vantagens econômicas. Da mesma forma, Hirst (1991), referindo-se ao caso dos Estados Unidos, aponta seis benefícios proporcionados pelas medidas voltadas à eficiência energética. Segundo ele, a eficiência energética proporciona:

- economia para os consumidores;
- aumento da produtividade econômica, favorecendo a competitividade internacional;
- redução dos impactos ambientais, especialmente chuva ácida e aquecimento global;
- diversidade e flexibilidade para a matriz energética;
- condições para o suporte e interesse público em eficiência energética

No caso brasileiro, pode-se somar a estes benefícios a redução dos impactos sociais decorrentes do deslocamento de populações indígenas e famílias para a construção dos reservatórios de hidrelétricas. Diante de empreendimentos de grande porte, o estilo de vida da população ribeirinha é totalmente alterado em função das mudanças ocorridas na natureza, tais como o regime do rio, o alagamento de florestas e áreas muitas vezes ocupadas por sítios arqueológicos, gerando severas repercussões sobre os aspectos econômicos e culturais destes povos.

Embora o entendimento destes benefícios seja perfeitamente compreensível, a quantificação dos mesmos nem sempre é fácil, dado que a consideração dos custos sócio-ambientais dos grandes projetos de investimento é um assunto recente que tem se tornado um grande desafio, que decorre do fato de que muitas variáveis ambientais não são passíveis de quantificação ou ainda, quando as são, não podem ser expressas monetariamente, de forma a serem transformadas em variáveis integrantes dos modelos tradicionais de avaliação econômico-financeira.

As dificuldades encontradas em mensurar as variáveis ambientais limitam, por sua vez, a quantificação dos benefícios ambientais decorrentes dos programas de conservação de energia. Como consequência, na análise dos resultados das políticas de eficiência energética, os ganhos ambientais são tratados de forma superficial e reticente, privilegiando-se os resultados econômicos destas, mais fáceis de mensurar.

Sem desmerecer a importância dos benefícios econômicos obtidos, é necessário chamar a atenção para os ganhos ambientais, como uma forma de ampliar o alcance destas políticas evidenciando o caráter global que podem atingir.

Esta dissertação se justifica na medida em que procura analisar os benefícios ambientais vinculados à conservação de energia elétrica, respondendo a seguinte pergunta de pesquisa: quais os benefícios ambientais decorrentes dos programas de conservação de energia e de que forma pode-se medi-los? .

O objetivo geral deste trabalho é, portanto, evidenciar, por meio dos conceitos da Economia do Meio Ambiente e Recursos Naturais, os benefícios ambientais decorrentes da adoção de programas de conservação de energia elétrica. Para tanto, buscou-se desenvolver os seguintes objetivos específicos: (1) análise da interação existente entre conservação de energia e a conservação ambiental; (2) proposição de um modelo de avaliação dos programas, que ressalte, dentro dos resultados gerais das práticas de conservação de energia elétrica, os aspectos ambientais; (3) aplicação do modelo proposto no programa de iluminação pública eficiente do PROCEL.

Espera-se, deste modo, contribuir para a discussão sobre a importância dos programas de conservação de energia elétrica como parte das políticas ambientais e na busca pelo desenvolvimento sustentável. Por outro lado, espera-se que voltando as atenções aos benefícios ambientais, possa-se também contribuir para a difusão da adoção de medidas de conservação de energia entre os segmentos sociais, cuja adesão aos programas tem importância fundamental para seu êxito.

### **1.3. Método de Pesquisa**

Considerando que o presente trabalho tem como objetivo evidenciar os benefícios ambientais derivados dos programas de conservação de energia elétrica, à luz dos conceitos da Economia do Meio Ambiente e Recursos Naturais, tem-se que a pesquisa se caracteriza como analítica descritiva, pois utiliza-se desenvolvimentos teóricos para estudos empíricos sobre a realidade estudada, no caso os programas de conservação.

A operacionalização do método deu-se da seguinte maneira: inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema conservação de energia elétrica, procurando assimilar seus fundamentos e as principais interfaces com as políticas ambientais e de que forma os resultados ambientais dos programas eram analisados na discussão dos resultados. Para tanto, utilizou-se de livros especializados, artigos em revistas e cartilhas publicadas pela Eletrobrás e PROCEL, bem como visitas a sites de órgãos nacionais e internacionais vinculados à eficiência energética.

Averiguadas as deficiências no tratamento dos resultados ambientais, procedeu-se uma detalhada revisão bibliográfica para identificar as possíveis correntes teóricas que tratam a valoração ambiental, buscando identificar o modelo mais indicado para avaliar os benefícios ambientais dos Programa de Conservação de Energia Elétrica (PCEELs). Como fonte de pesquisa foram utilizados livros, Teses, Dissertações e artigos publicados em revistas especializadas. A partir desta revisão foi possível estabelecer os parâmetros que serviram de base para o modelo proposto.

Além disso, foram consultados relatórios de impactos ambientais e estudos relativos às consequências sócio-ambientais dos empreendimentos de geração, transmissão e distribuição de energia. Em virtude do formato qualitativo desta pesquisa, tornou-se um elemento importante como fonte de informações, a participação em seminários e debates sobre o Setor Elétrico Brasileiro, oportunidade em que se discutia com especialistas e outros pesquisadores as diretrizes a serem adotadas no planejamento do setor. Dentro desse conjunto de especialistas, foram formuladas discussões (não formais) com o técnico responsável pelo planejamento ambiental dos sistemas de transmissão da Eletrosul e com o analista de meio ambiente, da Gerasul.

Assim, a partir de uma análise descritiva dos benefícios ambientais decorrentes da conservação de energia, procurou-se estabelecer uma ponte entre estes e os conceitos da Economia do Meio Ambiente e Recursos Naturais a fim de proceder uma evidência mais clara destes benefícios.

#### **1.4. Estrutura do Trabalho**

A construção de um referencial analítico conveniente ao escopo deste trabalho foi desenvolvido em seis capítulos. O Capítulo 1 procura contextualizar a pesquisa nos aspectos conjunturais que envolvem o tema pesquisado; o Capítulo 2 trata das perspectivas de adoção de programas de conservação de energia inserido na política de conservação do meio ambiente, discutindo neste sentido, as vantagens observadas para o caso brasileiro; o Capítulo 3 trata dos modelos utilizados para avaliação do meio ambiente e recursos naturais; o Capítulo 4 discute estes modelos à luz dos programas de conservação, lançando uma proposta de adequação; no Capítulo 5 há a aplicação do método sugerido no programa de Iluminação Pública efetuado pelo PROCEL e, por fim, no Capítulo 6 são discutidos os principais resultados do trabalho e feitas as sugestões para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2

### CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA ALTERNATIVA À CONSERVAÇÃO<sup>2</sup> AMBIENTAL

*... a equidade social e a prudência ecológica devem andar juntas, delimitando no universo de atividades economicamente viáveis o subconjunto daquelas que promovem o desenvolvimento genuíno...* (Sachs, 1998, p.2)

#### 2.1. Considerações Iniciais

A adoção de medidas de conservação de energia tem importantes implicações sobre os aspectos ambientais, dado que a produção e o consumo de energia, entre as atividades desenvolvidas no âmbito social, destacam-se por serem altamente intensivas em recursos naturais envolvendo muitos e complexos impactos ao meio ambiente: de um lado, matéria-prima é retirada dos ecossistemas o que provoca, em alguns casos, degradação ecológica e de outro lado, resíduos são devolvidos aos ecossistemas, sob a forma de poluição. (Theis, 1996)

---

<sup>2</sup> É necessário ressaltar a diferença entre os termos conservar e preservar. A conservação consiste na utilização racional de um recurso qualquer, de modo a obter um rendimento considerado bom, garantindo-se, entretanto, sua renovação e autosustentação. A preservação, por sua vez, tem um sentido mais restritivo, significando a ação de proteger contra a destruição e qualquer forma de dano ou degradação um ecossistema, uma área geográfica definida ou espécies animais e vegetais ameaçadas de extinção. (Feema, 1990)

Assim, nesta etapa do trabalho, procura-se evidenciar a importância dos programas de conservação de energia para a preservação ambiental, destacando o Setor Elétrico Brasileiro neste contexto. Para tanto, são discutidos os fundamentos da conservação de energia, as vantagens de sua adoção para o modelo brasileiro de geração e, por fim, a política de conservação de energia elétrica adotada no Brasil e seus principais resultados.

## 2.2. Fundamentos da Conservação de Energia

As políticas de conservação e efficientização energética dizem respeito ao planejamento, implementação e acompanhamento de atividades que modificam a curva de carga dos consumidores e/ou racionalizam a produção da energia elétrica, evitando desperdícios. As estratégias são montadas a partir de técnicas de conservação<sup>3</sup> e concretizadas por meio de ações como a troca de aparelhos antigos por outros mais eficientes; condicionamento de tecnologias de uso final; atividades de interação usuário e fornecedor, propostas quanto a reformas nas edificações e mudança de hábitos, entre outras. (Correa, 1998).

Os fundamentos que apoiam a adoção de medidas de conservação de energia abrangem aspectos econômicos e ambientais. Os primeiros referem-se aos recursos monetários poupados com o uso mais eficiente de energia e aos benefícios decorrentes de tais medidas e os segundos, relacionam-se às limitações da natureza em disponibilizar recursos para serem explorados e os benefícios ambientais pelo uso mais eficiente dos recursos disponíveis.

---

<sup>3</sup> As técnicas de conservação dizem respeito a: i) adoção de controles operacionais, visando a redução no consumo de energia e evitando a aceleração da depreciação dos equipamentos; ii) controles na utilização da energia, analisando os hábitos de consumo dos usuários para verificar possíveis desperdícios; iii) manutenção preventiva e corretiva de equipamentos, para que seja garantido o nível de consumo de energia dentro dos limites aceitáveis.

### 2.2.1. Aspectos Econômicos

Os aspectos econômicos inerentes aos programas de conservação de energia elétrica influenciam tanto as empresas que fornecem eletricidade quanto os consumidores finais do produto.

Para a concessionária de energia elétrica, a adoção de políticas de conservação dá a possibilidade de adiar por um determinado período, seus investimentos em novas plantas geradoras de energia e equipamentos de transmissão e distribuição de energia, podendo aplicar seus recursos durante este tempo em outras opções de investimento. Permitem ainda uma visão pormenorizada de cada segmento de mercado, identificando oportunidades e, quando necessário, orientar o consumidor com ações de administração de cargas e medidas conservacionistas (Zaguis *apud* Borenstein & Camargo, 1997).

Para as empresas que utilizam a energia como insumo produtivo, a conservação e o combate ao desperdício de energia é um fator de qualidade, permitindo que sejam reduzidos os custos e melhoradas as relações de competitividade. Já os consumidores residenciais têm como principal vantagem a redução em seus custos com energia.

### 2.2.2. Aspectos Ambientais

Conforme ressalta Theis (1996), o crescimento no consumo de energia esbarra em limites físicos bem definidos, explicados pelas Leis da Termodinâmica<sup>4</sup>, segundo as quais a entropia de um sistema fechado aumenta continuamente em direção a um ponto máximo, fazendo com que a energia disponível seja continuamente transformada em energia não-disponível até desaparecer completamente.

Para Georgescu (*apud* ANEEL, 1999) grande parte dos problemas ambientais da atualidade deve-se à não observância deste princípio físico e a uma visão mecanicista dos processos naturais, segundo a qual o meio ambiente poderia ser limpo no futuro e impactos ambientais negativos fossem deixados para trás com tal procedimento. Isto implica que não se precisaria ter nenhum tipo de preocupação

---

<sup>4</sup> Princípio de Conservação da Energia e a Segunda Lei da Termodinâmica

com a qualidade do meio ambiente no curto prazo; sempre se poderia poluir para se despoluir mais tarde.

As dificuldades em reverter os efeitos negativos sobre o meio ambiente e, em alguns casos, a impossibilidade de reversão dos danos, evidenciaram a inconsistência desta visão mecanicista<sup>5</sup>. Por outro lado, o crescimento da consciência ecológica e a presença de legislação ambiental exigiram um posicionamento mais consciente do planejamento energético para com o meio ambiente. A partir de uma visão mais realista dos processos naturais reconhece-se que corrigir problemas não é suficiente para uma política ambiental eficaz: prevenir e evitá-los é ambiental e socialmente mais desejável, sendo também menos dispendioso tanto econômica quanto entropicamente se adotar tal procedimento.

A visão preventiva dos impactos ambientais encontra-se em consonância com o conceito de desenvolvimento sustentável, entendido como sendo aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. Assim, o passo inicial para criar um sistema energético e econômico sustentável começa com um uso sábio dos recursos e continua com a aumento no uso de recursos renováveis e controle no uso dos recursos não renováveis.

Neste contexto, os programas de conservação de energia apresentam interfaces com as políticas ambientais, pelo amplo potencial existente para que se poupe recursos naturais, conforme destaca Correa (*op. cit.*): “... *na utilização da energia, em todas as suas formas, observam-se grandes desperdícios que podem ser evitados mediante um programa de conservação. Chega-se a afirmar que somente 1/3 da energia utilizada poderia ser suficiente para atender a demanda atual*”. Ao promoverem a racionalização no uso de energia, os programas de conservação promovem também uma queda na exploração dos recursos utilizados para produzi-la e redução nas emissões de poluentes.

Grande parte dos países que adotaram políticas de conservação ambiental o fizeram como parte de uma ação em resposta às preocupações com o meio ambiente, como é o caso do Reino Unido, França, Japão, Canadá e Estados Unidos.

---

<sup>5</sup> São exemplos claros destes danos irreversíveis a extinção de espécies animais e vegetais, a destruição da camada de ozônio, entre outros.



### **2.3. Conservação de Energia no Setor Elétrico Brasileiro**

Os aspectos benéficos na adoção de programas de conservação de energia, discutidos acima (aspectos ambientais e econômicos) verificam-se de forma bem particular no modelo de geração de energia elétrica brasileiro, em primeiro lugar pelas características técnicas de seu parque produtivo predominantemente hidrelétrico, que implica severos impactos sobre o meio ambiente e em segundo lugar, pelas dificuldades enfrentadas pelo setor para garantir o fornecimento de energia num mercado que cresce mais que a capacidade de produção<sup>6</sup>. Desta forma, convém discutir brevemente estes dois aspectos antes de serem apresentadas as políticas de conservação adotadas a fim de que se tenha uma noção da importância das mesmas para o setor elétrico e a economia brasileira.

#### **2.3.1. Impactos Ambientais na Produção de Energia Elétrica no Brasil**

Os principais impactos ambientais relacionados à produção de energia elétrica no Brasil dizem respeito à geração hidrelétrica, já que esta responde por cerca de 95% de toda a energia elétrica gerada, sendo os 5% restantes, distribuídos entre usinas termelétricas (a carvão, óleo diesel, gás natural e nuclear) e entre fontes alternativas de energia, como a eólica e biomassa. (Vinhaes, 1999).

A geração de eletricidade a partir do aproveitamento de potenciais hidrelétricos, embora seja considerada uma fonte de energia “limpa”, acarreta impactos significativos sobre o meio ambiente, principalmente as de grande reservatório, já que a implantação de hidrelétricas implica transformações radicais, onde o ecossistema existente dá lugar a um outro, construído artificialmente. Isto é particularmente visível no caso de centrais com grandes barragens, onde estes impactos apresentam-se desde a área do lago artificial até o rio a jusante da represa, atingindo, em ambos os casos, os meios físico, biótico, social e econômico. A

---

<sup>6</sup> Atualmente a ponta do sistema encontra-se muito próxima da capacidade instalada, o que implica, a curto e médio prazo, a necessidade de medidas de racionamento, caso o PIB continue crescendo mais do que a produção de energia elétrica.

experiência brasileira na construção de hidrelétricas tem evidenciado muitos destes impactos que são fontes de conflitos.

A implantação da **Usina Hidrelétrica de Furnas**, com capacidade instalada de 1.200 MW, alagou uma área de 1.430 km<sup>2</sup> e trouxe impactos mais severos sobre o meio social, onde cerca de 35.000 pessoas foram afetadas pelo enchimento do reservatório. Destas, 26.000 tiveram suas terras parcialmente inundadas e 9.000 tiveram de ser removidas.

Em geral, os impactos sociais das barragens começam desde a fase de construção, com o grande afluxo da mão-de-obra e permanecem ao longo do processo que vai da implantação à operação da usina. Em todas estas etapas, a população é a parte mais atingida, já que, mesmo que não tenha que ser removida, há toda uma mudança em suas condições de vida, com o inchamento das cidades, a sobrecarga da infra-estrutura local, a alteração de suas atividades econômicas. (IPEA, 1990)

A construção da barragem de **Sobradinho**, no submédio do rio São Francisco gerou expressivos impactos sobre o meio físico os quais estenderam-se sobre os aspectos econômico-culturais da população local. Para a formação do lago, foram inundados 1.050 km<sup>2</sup> de terras dos municípios de Juazeiro, Xique-xique, Santa Sé, Remanso, Casa Nova e Pilão Arcado, deslocando 60.000 pessoas (77% da população da área).

Com a construção do lago e a supressão das terras da região a agricultura da vazante ficou inviabilizada; a perda do controle das águas, devida à alteração no regime do rio, subverteu todo o esquema de referência social da população ribeirinha, cujo estilo de vida e atividades sociais se dão em função do regime do rio. Expropriada da vazante, a população que se encontra assentada nos núcleos da borda do lago tenta reproduzir, sem muito sucesso, as antigas formas de cultivo e as condições de vida anteriormente existente. (Borenstein & Camargo, 1997)

O processo de modernização trazido para os municípios que circundam o lago com a implantação da usina, trouxe por um lado, benefícios mas por outro, atraiu para a região especuladores imobiliários, tendo início um intenso processo de

grilagem e expropriação de famílias de suas terras<sup>7</sup>. Vale destacar que estes problemas repetiram-se em muitos empreendimentos hidrelétricos.

O projeto de **Itaipu**, formado em convênio com o Brasil e o Paraguai para gerar 12.600 MW, implicou consideráveis impactos sobre o meio natural. Em linhas gerais estes impactos dizem respeito a dois aspectos principais: alteração da qualidade da água pelas barragens, com variações sazonais da temperatura e sólidos desenvolvidos e em suspensão, afetando suas propriedades físicas, químicas e biológicas prejudicando consequentemente as formas de vida existentes na água. Outros danos decorrem da transformação do ecossistema terrestre/fluvial em lacustre, que causa mudanças na flora e na fauna existente, podendo haver, inclusive, perdas no patrimônio devido à desaparecimento de espécies do ecossistema.

Para a formação do reservatório de Itaipu foram necessários 1.400 km<sup>2</sup>, foram desapropriadas mais de 6.000 pessoas no lado brasileiro e 1.200 no lado paraguaio, sendo os impactos sociais considerados de grande monta. Além deste impactos, alguns aspectos turísticos e culturais da região foram prejudicados pelo alagamento de sítios arqueológicos de grande importância e pelo alagamento do Salto de Sete Quedas, considerado uma das mais belas paisagens naturais da região. (Sigaud, 1989)

Na instalação da **Hidrelétrica de Tucuruí**, com capacidade instalada de 3.980 MW, foi alagada uma área de 2.430 km<sup>2</sup>, das quais 36% pertenciam aos índios Parakanã. A presença de comunidades indígenas é uma característica marcante nos empreendimentos hidrelétricos brasileiros, especialmente aqueles situados no Norte do país, sendo um dos problemas ambientais de maior complexidade no planejamento e implementação de usinas hidrelétricas e linhas de transmissão. Com a construção do reservatório da usina, cerca de 3.350 famílias foram deslocadas, totalizando 17.319 pessoas; além dos impactos físicos e bióticos inerentes à alteração do regime do rio, também foram avariados sítios arqueológicos, muitos dos quais nem chegaram a ser estudados. (Teixeira, 1993)

O caso da **Usina Hidrelétrica de Machadinho**, onde a usina ainda não foi concluída, as condições sociais diferem dos demais exemplos por que a população

---

<sup>7</sup> Conforme observa Sigaud (1989), como a maior parte da população local detinha a posse mas não a propriedade das terras, a ação dos grileiros tornou-se facilitada: com documentos falsos em punho, eles exigiam a saída das famílias para negociar suas terras.

local mostra-se mais diversificada com ocupação recente no vale do rio Uruguai, implicando menos impactos culturais. Por outro lado, os moradores, habituados a suinocultura, receiam migrar para o Mato Grosso do Sul por não conseguir reproduzir lá a mesma atividade e por não dispor de capital para modernização, condição essencial para esta migração. Em Machadinho, a reação à barragem aparece de forma organizada e já é mesmo preexistente a intervenção do Estado (Borenstein & Camargo, 1997).

Num universo de 20 usinas hidrelétricas com capacidade instalada superior a 1000 MW existentes no parque produtivo brasileiro, os cinco casos apresentados dão uma idéia da complexidade dos impactos ambientais decorrentes da produção de energia elétrica no Brasil, sendo portanto, uma medida da importância das políticas de conservação e efficientização energética.

A natureza dos impactos predominantes no setor elétrico brasileiro, dadas nuances e especificidades que encerram, tornou o setor elétrico alvo de pressões por parte de organismos internacionais, num primeiro momento e por parte da população e da legislação, mais recentemente. Exige-se uma postura mais cuidadosa na identificação e no tratamento das questões ambientais, a qual vem sendo buscada pelas empresas concessionárias, seja na identificação e avaliação dos impactos, seja no tratamento efetivo destes<sup>8</sup>.

### **2.3.2. Restrições Financeiras e Limitações do Mercado Brasileiro de Energia**

Seguindo a tendência verificada em vários países, o setor elétrico brasileiro tem passado, ao longo da década de 90 por uma reestruturação setorial, alterando-se o perfil regulatório e a estrutura de mercado vigente. A transição de um modelo de gestão estatal para um modelo com maior participação do setor privado decorre de um esgotamento do modelo anterior iniciado na década de 60, ocasionado por inúmeros fatores, dentre os quais destacam-se: a perda de alavancagem financeira

---

<sup>8</sup> Atualmente, os estudos de uma usina abrangem duas áreas principais: a econômico-energética e a sócio-ambiental. Somente após demonstrar que o empreendimento atende satisfatoriamente a estes aspectos é que a concessionária pode receber da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) a recomendação da construção, e, embora os Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e os Relatórios de Impactos Ambientais (RIMAs) sejam alvos de críticas por falhas em sua execução, sua qualidade melhorou consideravelmente nos últimos vinte anos.

pelo Estado, práticas equivocadas de tarifas e remuneração, com a conseqüente descapitalização das empresas e, por fim, a redução na disponibilidade de capitais externos para novos investimentos.

Como consequência de tais problemas, ao longo das duas últimas décadas o que se verifica é a suspensão de várias obras de geração e transmissão de energia; comprometimento na qualidade dos serviços fornecidos e elevação dos custos de produção, o que exige a presença de novos atores para deslanchar os investimentos necessários ao setor<sup>9</sup>.

Adicionalmente, o mercado consumidor de energia elétrica no Brasil tem apresentado um aumento acima do previsto desde a implantação do Plano Real, quando as camadas mais populares tiveram acesso a bens de consumo energo-intensivos, como eletrodomésticos e computadores, o que reforça as pressões de demanda e as necessidades de novos investimentos em geração de energia. De acordo com Rotstein (1996), mesmo com o sistema de geração apresentando condições hidrológicas favoráveis, já há risco de sobrecarga em estados como Santa Catarina e Espírito Santo. Outro agravante é que mesmo que se intensifiquem os fluxos de investimentos, os prazos de maturação de obras de geração giram em torno de 5 a 6 anos e boa parte das concessões das usinas sequer foram outorgadas.

Assim, torna-se de vital importância uma remodelagem no planejamento do setor elétrico brasileiro, levando em conta a baixa disponibilidade de recursos financeiros e a necessidade premente de novos investimentos. Desta forma, as restrições de ordem econômica e sócio-ambiental conduzem a adoção de medidas de racionalização da oferta e do uso de energia, compatibilizando qualidade na energia fornecida e fornecimento da demanda presente e futura.

Neste sentido, a resolução nº 242/1998 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) determina que as concessionárias destinem 1% de sua receita operacional a programas de conservação de energia, entre eles ações vinculadas ao

---

<sup>9</sup> As reformas têm buscado reestruturar a IEE permitindo a introdução de pressões competitivas e a redução do grau de intervenção dos governos na dinâmica do mercado elétrico. Para tanto, sugere-se que i) capitais privados substituam o Estado nos investimentos do setor, ii) empresas elétricas sejam desverticalizadas para viabilizar a concorrência no suprimento de seus serviços; iii) o órgão regulador passe a atuar como interface entre o governo e os agentes e o mercado elétrico, e, também como responsável pela arbitragem de eventuais conflitos entre estes agentes, iv) seja introduzido um novo regime tarifário, orientado para a busca da eficiência econômica setorial. (Vinhaes, 1999)

uso final, marketing e redução de desperdícios, visando a redução na elasticidade do consumo de energia.

## **2.4. Política de Conservação de Energia Elétrica no Brasil**

A adoção de medidas de conservação no Brasil não chega a ser novidade para o Setor Elétrico, dado que desde 1985 se tem implantado o Programa Nacional de Eficiência Energética – PROCEL, mas foi somente a partir de 1994 que este foi efetivamente priorizado e vem passando por um processo que o reativou e visa capacitá-lo para realização de suas metas.

Embora o fator ambiental tenha um peso importante nos problemas enfrentados pelo setor elétrico brasileiro e as políticas de conservação energética contribuam para reduzi-los, os fatores decisivos para a implantação destas políticas no Brasil foram os aspectos econômicos, sendo seus objetivos a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, com eliminação de desperdícios e redução de custos e investimentos setoriais<sup>10</sup>. Não obstante a isto, os benefícios ambientais são inegáveis, visto que as metas de longo prazo do PROCEL prevêm uma redução de demanda da ordem de 130 bilhões de kWh em 2015, evitando a instalação de 25.000 MW, o correspondente a potência de duas usinas com a capacidade de Itaipu. (Efficientia, 1998)

### **2.4.1. Atuação do PROCEL**

No âmbito da política nacional de conservação de energia elétrica, o PROCEL define estratégias e mobiliza segmentos da sociedade que possam contribuir para o combate ao desperdício de energia elétrica. Entre outros participantes, destacam-se concessionárias de energia elétrica, órgãos de governo, instituições de pesquisa, escolas, associações de classe, fabricantes, organizações não-governamentais e agentes de financiamento nacionais e estrangeiros.

Atuando em cooperação com a Eletrobrás e a ANEEL, o PROCEL desenvolve programas de efficientização energética em conjunto com as empresas

concessionárias, oferecendo suporte técnico na análise, avaliação, acompanhamento, controle e verificação destes programas. Como resultado deste processo participativo, foram definidas as diretrizes atuais do PROCEL, as quais encontram-se apresentadas no Quadro 2.1

**Quadro 2.1 – Plano Estratégico do PROCEL – período 1996-2005**

<b>Diretriz 1</b>	Dimensão Sócio-política	Vincular o combate ao desperdício e o uso eficiente e racional da energia elétrica à Qualidade, à produtividade, ao meio ambiente e à educação
<b>Diretriz 2</b>	Planejamento	Propor políticas e formular o Plano Estratégico Decenal e Plano de Ação Trienal para o combate ao desperdício e promover o uso eficiente racional de energia elétrica no país, criando as condições necessárias para alcançar as metas estabelecidas.
<b>Diretriz 3</b>	Coordenação, articulação e descentralização	Ampliar, aperfeiçoar e consolidar a capacidade de atuação como coordenador, articulador e motivador, promovendo a descentralização das atividades executivas da conservação e do uso eficiente e racional da energia elétrica.
<b>Diretriz 4</b>	Financiamento e captação de recursos	Fomentar mecanismos de financiamento e captação, buscando incrementar e assegurar o fluxo regular de recursos para ações de conservação e uso eficiente de eletricidade.
<b>Diretriz 5</b>	Legislação e normas	Consolidar e ampliar os mecanismos e instrumentos de legislação e normalização relativos à conservação e ao uso eficiente e racional de energia elétrica.
<b>Diretriz 6</b>	Capacitação e desenvolvimento tecnológico	Estimular e apoiar os agentes envolvidos com pesquisa, desenvolvimento tecnológico e capacitação de recursos humanos, promovendo sua integração e o repasse dos resultados obtidos para a sociedade.
<b>Diretriz 7</b>	Marketing	Planejar e executar atividades de marketing para o cumprimento da missão e demais diretrizes do Programa.
<b>Diretriz 8</b>	Gestão Organizacional	Conceber e desenvolver modos de gestão e organização adequados ao alcance e à abrangência do Programa, aos seus compromissos e metas e à complexidade das interações e articulações dos agentes envolvidos.
<b>Diretriz 9</b>	Relações Internacionais	Ampliar as relações institucionais, em nível internacional, buscando novos parceiros, fontes adicionais de recursos e venda de produtos e serviços, contribuindo para a consolidação do programa.

(Fonte: <http://www.eletrobras.gov.br>)

Foram identificadas pelo PROCEL diversas possibilidades de atuação, mas apenas três linhas de ação foram objeto de programas concretos, ações voltadas para a informação ao público consumidor de energia e às concessionárias; ações direcionadas para o melhoramento do sistema elétrico brasileiro (lado da oferta), para o uso final que se faz da energia elétrica (lado da demanda) e apoio financeiro aos programas, conforme apresentado a seguir:

**a) Projetos com enfoque na oferta de energia**

Consistem em projetos voltados para aumentar a eficiência energética na

<sup>10</sup> Portaria Interministerial MME/MIC nº 1.877, de 30/12/85

oferta, distribuídos nas áreas de operação e planejamento, perdas técnicas do sistema e geração térmica. No campo de operação e planejamento, há revisão dos critérios utilizados, com a finalidade de incorporar conceitos de conservação; avaliação na utilização da energia excedente, advinda de autoprodutores e cogeneradores e modulação da curva de carga para redução de perdas.

A atuação sobre as perdas técnicas do sistema dizem respeito a busca pela redução nas perdas verificadas na rede de subtransmissão/distribuição<sup>11</sup> e implementação de compensação reativa no sistema, substituindo a geração térmica, com recuperação do parque gerador térmico principalmente na Região Norte

## **b) Projetos de Informação e Promoção**

### **• Programa de educação e promoção junto aos consumidores**

Objetiva divulgar informações a respeito da conservação de energia elétrica. São três as formas de atuação do PROCEL nestes sentido: junto a escolas da rede de ensino oficial e privada, com o projeto PROCEL nas Escolas, que em sua primeira fase instruiu cerca de 690.000 alunos; execução de feiras de energia no lar e no campo e por fim, a execução de seminários de técnicas de conservação.

A eficácia deste projeto pode ser confirmada por meio de medições realizadas nas residências dos alunos que participaram das aulas, que mostraram um redução média de 5,2% no consumo de eletricidade.

O programa tem-se prestado a conscientização não só do público em geral. Mas também de autoridades estaduais e municipais sobre o papel das empresas de eletricidade e a necessidade de conservação de energia.

### **• Etiquetas de Consumo**

Consiste na identificação do nível de consumo de energia de eletrodomésticos existentes no mercado, objetivando informar suas opções de compra. Por outro lado, tenta induzir os fabricantes a aumentar a eficiência energética de seus equipamentos.

---

<sup>11</sup> Estima-se que no Brasil, proximadamente 16% da energia elétrica é desperdiçada entre a geração e o consumo, sendo que a transmissão responde por cerca de 30% e a distribuição por 70% desse total de perdas.



O programa é posto em prática por intermédio de acordos em que os fabricantes, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial INMETRO e o PROCEL. Atualmente são etiquetados refrigeradores, freezers, aparelhos de ar condicionado, chuveiros e motores elétricos.

É considerado um dos programas de melhor desempenho do PROCEL. A maior parte do sucesso do programa se deve à substituição, pelos fabricantes, no mercado, de equipamentos de baixa performance energética por outros mais eficientes. A evolução natural deste programa é a fixação, por meio de legislação, de padrões mínimos de eficiência para equipamentos elétricos considerados<sup>12</sup>.

- **Marketing**

Busca consolidar a marca PROCEL e promover a divulgação institucional dos conceitos de combate ao desperdício de energia elétrica junto ao mercado e ao público. Possui dois fortes instrumentos de marketing, o Selo PROCEL de Economia de Energia e o Prêmio Nacional de Combate ao Desperdício de Energia.

### **c) Projetos Suporte Técnico, Financeiro e Institucional aos Programas**

- **Diagnóstico Energético, auto-avaliação e otimização energética**

Procura diagnosticar o potencial de conservação de energia elétrica em pequenas e médias empresa do setor industrial e no comércio. Consiste em uma avaliação sobre a utilização da energia e as condições das instalações da unidade consumidora, identificando os pontos críticos e indicando necessidades de atuação em equipamentos específicos.

Foram realizados aproximadamente 2.500 diagnósticos, os quais revelaram uma série de oportunidades de conservação de energia elétrica, dentre os quais destacam-se os sistemas de iluminação, substituição de motores superdimensionados, uso mais racional e melhor manutenção das redes de distribuição interna de eletricidade, melhorias nos sistemas transmissão dos motores, e manutenção adequada dos sistemas de ar condicionado.

---

<sup>12</sup> Este foi o caminho seguido por programas semelhantes desenvolvidos em outros países, como o Japão

Como suporte à execução dos diagnósticos energéticos, estão em desenvolvimento um novo software de diagnóstico energético em substituição ao MARK IV existente.

- **Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico**

Consiste numa série de medidas com o objetivo de possibilitar a entrada no mercado de um número maior de equipamentos de uso final eficientes. Para tanto, tem-se atuado diretamente na montagem e no melhoramento de laboratórios de pesquisa por meio do aporte direto de recursos financeiros. Foi realizada também uma pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de utilização para o setor residencial, visando identificar e estabelecer uma possível priorização de medidas de conservação de energia neste setor.

- **Treinamento**

O programa de treinamento desenvolvido pelo PROCEL objetiva preparar adequadamente os recursos humanos necessários aos objetivos de combate ao desperdício de energia de longo prazo. Cursos têm sido promovidos para consumidores industriais e comerciais, ESCOs (Empresas de Conservação de Energia), técnicos de concessionárias, organizações públicas, entre outras, cobrindo diversos temas e contando com a participação de universitários e do Centro de Pesquisas da Eletrobrás - CEPEL e especialistas internacionais.

- **Financiamento**

Atualmente existem várias formas de se financiarem projetos de combate ao desperdício de energia elétrica, graças ao Decreto nº 1.040 de 11 de janeiro de 1994, o qual determinou aos agentes financeiros oficiais a inclusão, em suas linhas prioritárias de crédito, de projetos destinados à conservação de energia.

Para projetos realizados pelas concessionárias, a Eletrobrás dispõe, dentro do PROCEL, de linhas de crédito específicas, utilizando recursos da Reserva Global de Reversão- RGR, fundo do Governo Federal administrado pela Eletrobrás e constituído com recursos das concessionárias, proporcionais aos investimentos das

mesmas em instalações e serviços.

Em caso de projetos realizados por consumidores finais (industriais, comerciais e residenciais de grande porte) existem duas formas de se obter um financiamento: diretamente, por meio de instituições de créditos oficiais do governo, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Social (BNDES), Caixa Econômica Federal (CEF), Banco Interamericano de Desenvolvimento (BIRD) e Banco do Brasil ou ainda de forma indireta, por meio de Empresas de Conservação de Energia – ESCOs., que fazem os investimentos necessários, remunerando-se com base nas economias obtidas nos projetos.

- **Legislação e Regulação**

O PROCEL busca acompanhar e influenciar no estabelecimento da legislação e normas que tenham reflexo direto ou indireto na eficiência energética. No setor elétrico, o órgão responsável pela regulamentação (mediante portarias) das leis e decretos do Legislativo e do Executivo é a ANEEL, subordinada ao Ministério de Minas e Energia (MME).

#### **d) Programas voltados ao Uso Final de Energia**

- **Iluminação Pública**

Consiste na substituição de lâmpadas incandescentes (100-250W) por lâmpadas de vapor de mercúrio (80W) e de vapor de sódio de alta pressão (50 % mais eficientes e já fabricada no Brasil).

- **Setor Residencial**

Busca combater o desperdício de energia nas residências com a utilização de lâmpadas e eletrodomésticos eficientes. O programa para residências é normalmente conduzido em parceria com as empresas concessionárias de energia elétrica. As prioridades de atuação deste programa tem sido nos usos finais de iluminação, aquecimento de água e refrigeração e em medidas de redução da demanda nos períodos de ponta, já que é expressiva a participação do setor de ponta do sistema. A redução dos gastos de energia elétrica dos consumidores de baixa renda também é

prioritária.

- **Prédios Públicos**

Promove a efficientização de prédios públicos e a otimização dos gastos de energia em prédios da administração pública, pelo uso de iluminação e refrigeração eficientes ou pela orientação aos funcionários ao uso racional dos recursos.

- **Gestão Energética Municipal**

O programa de gestão municipal consiste numa série de convênios com prefeituras, objetivando otimizar os dispêndios municipais com energia elétrica. Envolve a efficientização das redes de iluminação pública e de prédios municipais. A rede “Cidades Eficientes” foi lançada em 1998 com a adesão de 100 municípios, o que demonstra o enorme interesse das prefeituras e o acerto do PROCEL ao tomar esta iniciativa.

- **Setor Industrial**

Envolve a elaboração de diagnósticos energéticos e programas de efficientização energética em plantas industriais, convênios com entidades de classes, divulgação e adoção, por meio de concessionárias, de tarifas diferenciadas para restrição de demanda na hora de pico, financiamento de estudos de processos industriais mais eficientes, e outras ações de conservação na área industrial.

O programa industrial abrange, ainda, as ações de conservação de energia voltadas à efficientização das instalações dos sistemas de abastecimento de água e de tratamento de esgoto, pela redução das perdas ou pelo uso de equipamentos mais eficientes, principalmente as bombas de recalque e equipamentos de manobra.

Embora o potencial de conservação seja enorme neste segmento, a atuação do PROCEL tem sido a mais precária em termos de resultados quantitativos observáveis, mas algumas medidas importantes vêm sendo tomadas, como a realização de contratos de performance entre consumidores industriais e sua concessionária fornecedora; fomento de plantas de co-geração; fomento à tecnologia industrial de incentivo à eficiência energética; integração de medidas de combate ao desperdício com programas de gestão ambiental das empresas.

- **Setor Comercial**

O programa promove a elaboração de diagnósticos, implementação de projetos de melhoria da eficiência, convênios com entidades de classe, entre outras atividades. Há grandes oportunidades de economia de energia nos sistemas de ar condicionado de grande porte existente em prédios comerciais e shoppings centers.

- **Gestão da Ponta**

Constitui-se num conjunto de ações que buscam utilizar diversos meios de reduzir a demanda de eletricidade nos horários de ponta dos sistemas. Estas ações são desenvolvidas nas instalações dos consumidores, com parceria das empresas concessionárias, envolvem a utilização de controladores de demanda, limitadores de carga em chuveiros, substituição de lâmpadas residenciais, uso de eletrodomésticos de desempenho mais eficientes, uso de tarifas diferenciadas, entre outras.

#### **2.4.2. Resultados da Atuação do PROCEL**

Conforme ressalta Borenstein & Camargo (1997), levar o consumidor a conservar energia não tem sido tarefa fácil. A excessiva dependência energética existente na sociedade contemporânea, seja em termos culturais ou econômicos, tem dificultado seriamente a difusão das práticas de conservação e efficientização energética.

Estas barreiras atingem todos os tipos de programas de conservação adotados no âmbito do PROCEL, apresentando aspectos institucionais, econômico-financeiros e culturais. As barreiras institucionais dizem respeito à operacionalização dos programas de conservação, já que a falta de intercâmbio entre os agentes envolvidos e a deficiência de normas e padrões adequados impedem o bom andamento dos programas. As barreiras econômico-financeiras estão relacionadas à insuficiência de linhas de financiamento e a falta de dinamismo das linhas existentes; relacionam-se também aos baixos custos que a energia representa para alguns segmentos, o que desestimula a adesão aos programas de conservação, principalmente no caso do setor industrial. As barreiras culturais, por sua vez, dizem respeito à cultura do desperdício existente na sociedade e ao desconhecimento do assunto.

Não obstante a estas dificuldades, os resultados das políticas de conservação de energia adotados no Brasil demonstram um considerável avanço quando se observa o quadro passado: a energia economizada nos sete primeiros anos de existência do PROCEL corresponde a 53% do montante economizado só no ano de 1997. Neste contexto, a participação do PROCEL como articulador e catalisador junto aos diversos agentes e como coordenador na implementação de projetos de demonstração, tem importância fundamental.

O **Quadro 2.2** mostra os principais resultados do PROCEL, por segmento em 1997.

**Quadro 2.2 – Resultados do PROCEL por segmento – 1997**

Segmento	Economia de Energia (GWh/ano)	Redução de Demanda (MW)
Refrigeradores e Freezers	333,2	47,5
Motores	216,0	37,9
Ar Condicionado	49,4	10,8
Iluminação	592,7	135,2
Diagnósticos e estudos	19,0	2,3
Prédios Públicos	6,3	1,9
Educação	26,6	7,6
Eficientização de indústrias	19,9	0,3
Gerenciador de demanda	-	0,2
Instalação de Medidores	228,1	83,3
Geração e Distribuição	194,3	30,8
Prêmio PROCEL nas Concessionárias	72,3	17,8
Campanha Publicidade e Mídia	-	600
<b>TOTAL</b>	<b>1.757,8</b>	<b>975,6</b>

Fonte: ANEEL, 1999

Conforme dados do **Quadro 2.2**, resultados têm sido estimados em termos de economia anual de energia, expressa em GWh/ano, e na redução de demanda obtida durante o horário de ponta do sistema, expresso em MW retirado ou deslocado da ponta. Entre os programas apresentados, destacam-se a promoção de iluminação mais eficiente, com a substituição de lâmpadas na iluminação pública e nos setores comercial e residencial, o aumento da eficiência de eletrodomésticos (refrigeradores e freezers) e de motores, com a etiquetagem e instalação de medidores, reduzindo as perdas comerciais. Destaca-se ainda, a eliminação de desperdícios de energia elétrica das concessionárias, reduzindo as perdas nos sistemas de geração, transmissão e distribuição.

É importante considerar que os resultados de programas de atuação indireta sobre o consumo de energia, como as campanhas publicitárias na mídia, os diagnósticos e estudos e os programas educacionais, são fruto de aproximações e projeções, dadas as dificuldades de medição dos mesmos, ou até a inexistência delas.

Os valores de economia de energia e redução de demanda podem, ainda, ser traduzidos como sendo a energia elétrica equivalente produzida por uma usina hidrelétrica típica (usina equivalente), cuja construção foi postergada devido à implementação das medidas de conservação de energia. Considera-se, ainda, o investimento que foi evitado para a conservação dessa usina, em termos do custo de expansão do sistema elétrico, levando em conta a geração, transmissão e distribuição da energia aos consumidores finais.

Assim, os resultados obtidos com as políticas de conservação podem ser reapresentados em outros termos, conforme **Quadro 2.3**

**Quadro 2.3 – Resultados Quantitativos do PROCEL**

Indicadores	1986-93	1986-97
Investimentos aprovados (R\$ milhões)	24,0	235,5
Energia economizada/geração adicional evitada (GWh/ano)	930	4.885
Redução de demanda na ponta (MW)	149	1.522
Capacidade instalada equivalente (MW)	220	1.133
Investimento evitado (R\$ bilhões)	0,44	2,27

Fonte: ANEEL, 1999

Como pode ser observado no **Quadro 2.3**, no período de 1986-1997 o PROCEL possibilitou uma economia de energia de cerca de 4.900 GWh, a um custo inferior a R\$ 236 milhões, frente a um investimento evitado de R\$ 2,3 bilhões na construção de uma usina com capacidade instalada de 1.133 MW. Assim, para cada R\$ 1,00 aplicado no combate ao desperdício de energia elétrica foram economizados R\$ 9,64.

Os benefícios ambientais decorrentes desta política de conservação consistem nos impactos sobre o meio ambiente e a população que deixaram de ocorrer com o adiamento/suspensão da construção de obras de geração de energia, quais sejam: deslocamento de famílias para construção de reservatórios, inundação de sítios arqueológicos e regiões de mata virgem, entre outros já discutidos neste trabalho.

De uma forma geral, parte destes benefícios ambientais estão inseridos no montante de investimentos poupado, representados pelos custos com mitigação e correção de impactos ambientais incorridos pelas empresas concessionárias, mas grande parte dos impactos ainda necessitam de um tratamento mais efetivo no sentido de torná-los mensuráveis. Assim, quando adicionados a estes resultados, os efeitos sócio-ambientais decorrentes do adiamento na construção de novas plantas produtivas e do melhor aproveitamento dos recursos existentes, tem-se ampliada a gama de benefícios oriundos das políticas de conservação de energia elétrica, colocando-a como um importante elemento na gestão das políticas ambientais.

## **2.5.Considerações Finais**

Analisados os aspectos ambientais que envolvem a produção de energia elétrica ficam evidenciadas as possibilidades de preservação do meio ambiente oferecidas pelos programas de conservação de energia.

No Brasil, a política de conservação de energia, coordenada pelo PROCEL, a exemplo de outros programas de conservação desenvolvidos no exterior, tem reflexos positivos sobre o meio ambiente. Embora existam, estes benefícios não são caracterizados na discussão dos resultados obtidos, em parte pela dificuldade de medir estes benefícios, mas também pela não priorização dos aspectos ambientais no âmbito das políticas brasileiras de conservação de energia.

Por outro lado, destacar e mensurar os benefícios ambientais derivados da conservação de energia reveste-se de importância, pois permite ampliar o alcance das políticas de conservação junto à sociedade, que cada vez mais, atribui importância às questões ambientais.



## CAPÍTULO 3

### MATERIALIZAÇÃO DOS VALORES AMBIENTAIS

*... A questão ambiental já passou de sua fase heróica (...) Se em momentos anteriores tínhamos que demonstrar a importância da realização de estudos sócio-ambientais, hoje temos que discutir o quanto custam as ações ambientais, quem paga, quem recebe e como internalizar estes custos na avaliação econômico-energética dos empreendimentos e no processo de tomada de decisão... (COMASE, 1994).*

#### 3.1. Considerações Iniciais

O meio ambiente, como fonte de recursos às atividades desenvolvidas pelo homem, desempenha funções imprescindíveis à vida e ao desenvolvimento social, tendo portanto, um valor econômico. Por serem gratuitamente oferecidos pela natureza, os bens e serviços ambientais assumiam, até recentemente, valor zero, o que não corresponde à realidade.

A existência de ameaças globais (efeito estufa, buraco na camada de ozônio, desmatamento de florestas, chuvas ácidas etc) e os problemas ambientais levou à falência o conceito de que os recursos ambientais seriam infinitos, e tornou necessário analisar as questões ambientais do ponto de vista econômico, discutindo-as dentro do princípio de desenvolvimento sustentável, isto porque ao não se atribuir o seu valor devido, corre-se o risco de uso excessivo ou até mesmo a sua completa degradação.

Determinar o valor do meio ambiente, no entanto, tem sido uma tarefa difícil, pois como a maioria desses bens e serviços não é transacionada no mercado, torna-se necessário desenvolver técnicas alternativas para se chegar a este valor. Assim sendo, o presente capítulo apresenta as principais interpretações sobre avaliação ambiental propostas, a fim de estabelecer embasamento suficiente para a evidenciação dos impactos ambientais poupados com a adoção dos programas de conservação de energia elétrica, que é o objeto de estudo deste trabalho.

### **3.2. Interpretações sobre o valor econômico do meio ambiente**

A dinâmica que rege as discussões em torno dos recursos ambientais é fruto de quatro aspectos fundamentais: os avanços tecnológicos, as condições econômicas, os valores humanos e as aspirações sociais. Os avanços tecnológicos, juntamente com as condições econômicas determinam a forma de utilização dos recursos naturais (o nível tecnológico determina a quantidade de insumos naturais a serem explorados e os resíduos poluentes a serem lançados no meio ambiente e as condições econômicas determinam o ritmo de com que se dará esta exploração, uma vez que, quanto mais rápido e desordenado o crescimento da economia, maior a exploração ambiental).

Os valores humanos e as aspirações sociais influenciam os valores atribuídos ao meio ambiente, na medida em que determinam o estado ambiental requerido pela população, dadas suas pretensões em termos de qualidade de vida e desenvolvimento econômico (quanto maior a consciência popular e maiores suas aspirações em termos de qualidade de vida, maiores os cuidados com o meio ambiente).

De acordo com Andrade (1994), três correntes interpretativas destacam-se na moderna bibliografia sobre ecologia: a *corrente utópica*, que deseja a todo custo manter a natureza intocada, preservar as associações vegetais, os cursos d'água e o ar, esquecendo que os recursos naturais precisam ser explorados para atenderem às necessidades do homem; a *corrente predadora*, presa aos princípios capitalistas mais ortodoxos, que acha que o poder público deva se omitir e deixar que as empresas explorem os recursos com uma intensidade cada vez maior para que obtenham mais lucros, deixando à natureza a obrigação de se recompor; a *terceira corrente* defende um

processo de exploração dos recursos naturais dentro de um planejamento que leve em conta as condições naturais e as formas mais compatíveis à exploração das mesmas.

Desta forma, os interesses sociais diferem dentro de uma mesma sociedade, assim como as forças de defesa desses interesses, fazendo da valoração do meio ambiente um grande desafio, onde se procura conciliar as diferentes interpretações dos atores envolvidos (sociedade civil, empreendedores, técnicos e organizações governamentais), evitando posições extremadas. Neste sentido, duas abordagens procuram interpretar o valor do meio ambiente: a abordagem pelo valor e a abordagem econômica. A primeira trata da significância dos bens e serviços ambientais, sem necessariamente materializá-los em valores monetários, já a abordagem econômica, procura atribuir valores monetários a estes recursos<sup>12</sup>.

Isto posto, convém que se faça uma breve observação acerca das diferentes interpretações acerca dos valores que o meio ambiente assume.

### **3.3. Teoria Econômica e avaliação ambiental**

A partir da utilização dos recursos naturais para possibilitar a acumulação e a reprodução do capital, há uma clara relação entre a ecologia e economia, relação esta que se mostra ainda mais estreita quando se propõe a avaliar o meio ambiente.

Não obstante esta estreita relação, inserir a dimensão ambiental nos modelos econômicos de desenvolvimento não tem sido tarefa fácil, dadas as especificidades inerentes aos conceitos ambientais, o que tem originado discussões metodológicas entre ecólogos e economistas: de um lado, a racionalidade econômica não consegue incorporar as externalidades ambientais, nem os princípios de sustentabilidade e com isso, grande parte dos efeitos sobre o meio não são contabilizados, até porque as externalidades ocorrem fora do mercado. Por outro lado, a utilização de critérios puramente bióticos para avaliação do meio ambiente torna a análise difícil de operacionalizar em termos práticos.

---

<sup>12</sup> Como nem todos os ativos ambientais são passíveis de serem mensurados monetariamente, esta abordagem acaba por desconsiderá-los, o que a torna limitada.

Os avanços teóricos obtidos nesta área têm sido consideráveis, embora ainda estejam longe de uma solução definitiva, como se pode perceber em uma rápida análise das discussões existentes.

#### **a) Economistas x Ecólogos**

A fonte de divergências entre economistas e ecólogos diz respeito ao foco por meio do qual cada uma das correntes visualiza as questões de avaliação ambiental. A análise econômica detém-se, fundamentalmente, nos mecanismos de mercado, visando estabelecer valores para os recursos ambientais, mesmo na situação em que não exista mercado para eles. Os ecólogos, por sua vez, embora aceitem os valores obtidos desta forma, questionam a não mensuração de valores intangíveis, tais como valores globais que um ecossistema presta ao planeta, os ciclos do carbono e da água ou o estoque de informações contidas em um conjunto de recursos genéticos.

Considerando as limitações existentes em ambas as interpretações, quais sejam, a não inclusão de valores subjetivos por parte da análise econômica e a extrema dificuldade de incluir valores não de passíveis serem valorados em termos monetários, por parte dos ecólogos, buscou-se um consenso, estabelecendo como proposta a distinção dos valores ambientais em três segmentos: valor I: abrange todos os bens e serviços ambientais transacionados diretamente pelo mercado, sendo o seu valor o preço de mercado do referido bem; valor II: compreende os bens e serviços ambientais que, por não serem transacionados no mercado, não apresentam um preço explícito, sendo seus valores determinados por meio de um mecanismo político de negociação e acordo e, por fim, valor III, que diz respeito aos bens excluídos do mecanismo institucional de determinação de valor, seja o mercado ou o processo político.

Há uma clara dificuldade conceitual em distinguir com clareza os valores II e III, mas economistas e ecólogos afirmam que este último é composto de itens da pauta dos intangíveis e de difícil atribuição de valor, como as florestas tropicais, manutenção do equilíbrio geral do carbono, entre outros, os quais só são passíveis de avaliação por meio de técnicas e conhecimento mais amplo e profundo do funcionamento dos ecossistemas. (Comune, *apud* Romeiro, 1997)

## **b) Economia Ecológica**

Os autores da linha denominada economia ecológica argumentam que para alcançar o desenvolvimento sustentável faz-se necessário que os bens e serviços ambientais sejam incorporados à contabilidade econômica dos países e que sejam, portanto, devidamente valorados. Para tanto, utilizam-se dos princípios da termodinâmica e da biofísica para valorar os recursos a partir da relação entre os fluxos de energia existentes, avaliando os objetos de acordo com o grau de organização em relação ao ambiente.

Como alternativa ao método de valoração com base em critérios puramente econômicos, os economistas da linha ecológica propõem um método que estabelece o valor dos bens e serviços ambientais em termos de requerimentos de energia necessária, na forma direta de combustível e na indireta por meio de outras organizações que também utilizam energia na sua produção. Neste sentido, a quantidade de energia solar necessária ao crescimento das árvores pode servir como medida do seu custo de energia, de sua organização e de seu valor. De uma forma geral, este método pressupõe que todo o ecossistema seja avaliável direta ou indiretamente, mas o faz em critérios econômicos, dificultando a operacionalização de seus resultados para a tomada de decisões sociais e econômicas.

## **c) Economia do meio ambiente e dos recursos naturais**

Os fundamentos da corrente teórica denominada economia do meio ambiente e dos recursos naturais estão vinculados à teoria neoclássica, procurando valorar os bens e serviços ambientais a partir da utilidade obtida com a exploração destes. De acordo com Tietenberg (1994), muitos acreditam que os preceitos neoclássicos, quanto ao equilíbrio do mercado e soberania do consumidor (preferências avaliadas pela capacidade de pagar) proporcionam amplo espaço para o ajuste de preços e das contas, de modo a refletir as externalidades ambientais. Assim, o valor do meio ambiente seria obtido de acordo com a percepção dos indivíduos.

Partindo do conceito de utilidade, ou seja, benefício obtido com determinados bens e serviços, os teóricos da economia do meio ambiente pressupõem a existência de uma curva de demanda pelos bens e serviços ambientais, que reflete a natureza de três

valores atribuídos ao meio ambiente: valor de uso, valor de opção e valor de existência. A união destas três interpretações, dá o conceito de valor econômico do meio ambiente.

- **Valor de uso e valor de troca**

Num primeiro momento, os bens e serviços ambientais têm seu valor derivado de sua utilização. Esta visão corrobora com a interpretação marxista, segundo a qual: “... a utilidade de uma coisa faz dela um valor de uso. (...) o valor de uso realiza-se somente no uso ou no consumo. Os valores de uso constituem o consumo material da riqueza, qualquer que seja a forma social desta.” (Marx, 1996, p.166).

Assim, o meio ambiente apresenta um valor de uso na medida em que os bens por ele oferecidos se prestam ao uso, seja ele consumptivo, como a caça, pesca, extração de madeira ou não-consumptivo, como a admiração de paisagens e a natação em um rio. (Marques & Comune, 1996).

Na medida em que os recursos ambientais defrontam-se com outros em um processo de comparação quantitativa, assumem o chamado valor de troca, o qual representa a quantidade com que uma mercadoria pode ser trocada por outra. Essas quantidades, quando expressas por uma unidade comum, constituem o preço da mercadoria. Mas, quando se trata do meio ambiente, nem todos os seus elementos podem ser interpretados como uma mercadoria que possa ser trocada num mercado qualquer.

- **Valor intrínseco, valor de opção e de existência**

Os valores intrínsecos estão associados ao potencial de uso futuro e ao valor da própria existência. De acordo com Desvougues & Smith (*apud* Bittencourt, 1998), os valores intrínsecos subdividem-se em valor de opção e valor de existência. O valor de opção é atribuído aos elementos para os quais ainda não se encontrou uso específico, mas que possivelmente serão usufruído a médio ou longo prazos em decorrência de descobertas de utilidade ou mesmo em substituição a outros recursos. Trata-se de um valor expresso por preferência de preservação do meio, com base numa probabilidade de uso futuro. O valor de existência, por sua vez, é baseado no simples fato de existir, independentemente de seu uso. Neste contexto, a biodiversidade é entendida como

um objeto de valor intrínseco, como uma herança deixada para outros ou como fruto de uma responsabilidade moral.

Estes valores quase sempre não são incluídos nas análises de projetos, e quando isso acontece aparecem somente como uso potencial.

Assim, pode-se representar o valor econômico do meio ambiente a partir da seguinte relação:

$$\text{Valor Econômico do Meio Ambiente} = \text{Valor de Uso} + \text{Valor de Opção} + \text{Valor de Existência}$$

O valor econômico total do meio ambiente não pode ser revelado pelas relações de mercado e, na ausência deste, algumas técnicas foram desenvolvidas no sentido de considerar valores apropriados aos bens e serviços oferecidos pelo ambiente natural, objetivando subsidiar a adoção de medidas e a formulação de políticas. Estas técnicas procuram estimar os valores econômicos do meio ambiente, embora na maior parte das vezes, não seja possível estimar separadamente, as parcelas correspondentes ao valor de uso, valor de opção e valor de existência; isto porque uma característica típica de muitos recursos naturais é que eles ensejam valores diferentes, derivados de diferentes serviços que o mesmo ativo proporciona, e também porque em muitas circunstâncias, não é possível operacionalizar os conceitos de modo a identificá-los em separado.

Sem desmerecer as contribuições mostradas anteriormente pelos teóricos da economia ecológica e pelo trabalho conjunto de economistas e ecólogos, a economia do meio ambiente, baseada nos conceitos de economia neoclássica, é a teoria que mais tem avançado no sentido de desenvolver e aprofundar métodos e conceitos para a valoração do meio ambiente. Com isto, abriu novas perspectivas para instrumentos de política, como o imposto pigouviano, o leilão de licenças para poluir, entre outros, constituindo uma importante referência para a valoração ambiental. Adicionalmente, os modelos desenvolvidos por esta corrente teórica permitem, por sua formulação essencialmente econômica, traduzir os aspectos ambientais em critérios mais operacionalizáveis.

Em razão disto, o presente trabalho prosseguirá uma análise mais detida dos conceitos desenvolvidos por esta corrente teórica, no que diz respeito à determinação do preço do meio ambiente e custos ambientais e os modelos de avaliação ambiental.

### 3.4. Preço do meio ambiente e custos ambientais

Conforme discutido anteriormente, a atribuição de valores ao meio ambiente não se traduz, necessariamente, em critérios monetários nem em um preço de mercado. Por outro lado, várias metodologias vêm sendo testadas a este respeito e, em linhas gerais tem-se obtido resultados satisfatórios.

De acordo com Bittencourt (op. cit), as dificuldades de se trabalhar com preços e a inexistência de mercados perfeitamente competitivos têm levado os teóricos da economia do meio ambiente a alocarem os recursos naturais segundo os benefícios e custos sociais e não de acordo com os seus valores privados, sendo esta alocação estabelecida em termos de manutenção de sua capacidade de continuar a oferecer os serviços ambientais à sociedade. Na medida em que os serviços ambientais se prestam a determinadas utilizações, associados a elas estão os custos e benefícios ambientais, ou seja, um valor positivo ou negativo, caracterizado pelas perdas e ganhos para a sociedade.

Os custos ambientais, entendidos como os custos decorrentes da utilização de recursos naturais e por danos ocasionados ao meio ambiente, obedecem a seguinte classificação, sugerida por Leal (1986):

- **Custos dos danos ambientais**, que correspondem, aos efeitos negativos que atuam sobre alguma função ambiental; assim como as reduções de bem-estar devidas aos danos causados ao ambiente, sejam eles originários de empreendimentos negativamente impactantes ou de usos excessivos das capacidades ambientais que as prejudiquem parcial ou totalmente.
  
- **Custos das medidas de proteção**, que correspondem aos investimentos públicos destinados aos estudos, execução, operação e manutenção de medidas visando melhoramentos ambientais, preservação, prevenção e mitigação, tais como os custos de eliminação dos danos ou os custos para recuperar a capacidade do meio ambiente

Conforme ressalta Furtado (1996), a partir destes custos é possível estimar o valor dos recursos naturais e internalizá-los no processo de avaliação de projetos que



tenham um enfoque ambiental a partir dos custos incorridos, sejam eles custos de controle ou custos de danos ambientais.

Na avaliação por meio dos custos de controle, parte-se do pressuposto de que estes representam o valor monetário da proteção ambiental. Quando os custos são utilizados para representar as externalidades ambientais, há uma suposição implícita que os reguladores têm um conjunto de padrões ambientais de forma que os custos de controle são, grosso modo, iguais aos benefícios de se dispor dos recursos ambientais. Nesta abordagem, a internalização dos custos usualmente referem-se as medidas de mitigação dos efeitos ou medidas preventivas dos efeitos que venham a ocorrer. Estes custos são também conhecidos como custos de controle e mitigação.

A abordagem pelos custos dos danos avalia os efeitos ambientais, como a produção econômica perdida devido aos impactos do projeto sobre o meio ambiente. Há que se considerar, por outro lado, que para a avaliação dos impactos ambientais medidos desta forma, é necessário ter como respaldo um nível de controle ótimo, do contrário os custos dos danos serão subestimados e, conseqüentemente, os valores ambientais também o serão.

Entre as duas abordagens, a avaliação pelos custos dos danos é considerada mais precisa, mas por outro lado, nem sempre é possível avaliar com precisão se os custos com os danos refletem o custo total dos danos causados ao meio ambiente. Assim, dadas as dificuldades para determinar estes custos ambientais com alto nível de certeza, a avaliação ambiental pelos custos de controle mostram-se mais facilmente operacionáveis.

Para o cálculo dos custos ambientais, foram desenvolvidos modelos de avaliação que têm como base os princípios da Economia do Meio Ambiente. Dependendo da natureza destes custos, seu cálculo pode estar baseado nos preços de mercado, em preços de mercado arbitrados; em pesquisas junto a consumidores ou mercado experimental ou ainda, serem baseados em custos incorridos.

### **3.5. Modelos de avaliação do meio ambiente**

As técnicas desenvolvidas com base nos princípios da economia neoclássica utilizadas para estimar os valores econômicos do meio ambiente podem ser distinguidas em técnicas baseadas diretamente nos preços de mercado; técnicas baseadas em mercados substitutos e técnicas baseadas em mercados experimentais ou pesquisas, conforme descrição a seguir:

#### **3.5.1. Técnicas baseadas diretamente nos preços de mercado**

Estas técnicas são indicadas para bens e serviços ambientais que são comercializadas no mercado. Assim sendo, utilizam-se de preços de mercado para avaliar os bens e serviços ambientais que podem ser comercializados. Nos casos em que os preços de mercado não refletem a escassez do bem, preços-sombra podem ser usados para avaliar os custos ambientais.

##### **a) Produção Sacrificada**

A técnica da produção sacrificada consiste em medir os custos ambientais em termos de produção perdida em função de um impacto negativo sobre a qualidade do ambiente, como as perdas agrícolas pela erosão do solo. A abordagem de efeito sobre a produção refere-se também à abordagem de mudanças na produtividade, e então usam os preços de mercado regendo as mudanças nos valores da produção.

Os dados são mais fáceis de serem coletados e apresentam uma certa confiabilidade. Vale ressaltar que este valor não incorpora perdas para as gerações futuras. Dadas facilidades do método, este tem sido bastante utilizado, tendo aplicações nas mais diversas formas de empreendimento.

##### **b) Técnica dos estudos de risco de empreender ou do capital humano**

Aborda um dos temas mais controversos da economia do meio ambiente: o valor da vida, em especial da vida humana. Em se tratando de valorar a vida humana, a tendência natural é a de não lhe atribuir preço, considerando-o infinito. No entanto essa

condição tornaria inviável qualquer empreendimento cuja viabilidade dependesse de uma análise econômica baseada em custos/benefícios mensurados por unidade monetária.

Para viabilizar esse tipo de análise, é utilizado o conceito de “vida estatística” objetivando mensurar o valor de salvar-se uma vida quando esse tem de ser decidido socialmente. As técnicas empregadas podem ser as de disposição a pagar ou de considerar a pessoa como um projeto com duração limitada.

No primeiro caso, a medida de valor pode ser definida pela quantia que as pessoas estariam dispostas a pagar para reduzir o número de mortes associadas a um dado empreendimento ou a uma condição ambiental específica. Como por exemplo, os custos com sinalização e equipamentos para reduzir o número de acidentes numa rodovia ou gastos com melhoramentos na rede pública de saúde. Uma outra forma está baseada na comparação dos salários de trabalhos que envolvem riscos, com os de outros que não oferecem riscos à saúde ou à vida. A técnica adotada para a determinação do preço é similar à da mensuração hedonista.

O segundo caso trabalha com o “valor presente líquido sacrificado”, calculando-se a produção que seria perdida se o indivíduo viesse a falecer prematuramente ou ficasse inválido. O valor é encontrado pela diferença entre os investimentos em termos de alimentação, educação, moradia etc, realizados no decorrer do período de expectativa de vida, e os benefícios em termos de produção econômica no mesmo período.

Esta técnica é muito criticada pela dificuldade de se obter os dados necessários à operacionalização dos cálculos, mas também em função dos procedimentos adotados, que discriminam os idosos e os portadores de deficiência física ou mental.

### **3.5.2. Técnicas baseadas em Mercados Substitutos**

A Abordagem de mercados substitutos procura estimar o valor do excedente do consumidor de bens e serviços ambientais, utilizando preços de bens substitutos ou complementares para avaliar o preço do impacto ambiental.

### a) Técnica da mensuração hedonista

Partindo do pressuposto de que a qualidade ambiental influencia os preços de mercado dos imóveis, esta técnica foi inicialmente utilizada para avaliar preços de bens como terras e edificações. Assim sendo, o valor atribuído a um imóvel está relacionado às vantagens que dele provêm, sendo seu preço uma função dos chamados fatores de qualidade, que constituem as características físicas do imóvel (número de cômodos, a acessibilidade à área central, o nível e a qualidade dos serviços públicos locais, impostos a pagar, entre outras) e as características ambientais da vizinhança (poluição do ar, ruído do tráfego terrestre e aéreo, acesso a parques, saneamento básico, paisagem etc).

De uma forma geral, estes modelos são feitos por meio de regressão múltipla, a partir de uma série temporal ou *cross seccion*. Atributos que comprometem a qualidade ambiental, tais como a poluição, o barulho, apresentam um valor negativo e, de outra forma, atributos que favorecem a qualidade ambiental, apresentam um valor positivo, guardadas estas considerações, obtém-se, então, o valor efetivo do imóvel.

Estudos baseados neste enfoque, realizados nos Estados Unidos e Reino Unido, obtiveram bons resultados, evidenciando uma clara correlação entre o nível de qualidade ambiental e o preço de imóveis. Por outro lado, conforme ressalta Bittencourt (1998), esta técnica apresenta dificuldades operacionais e influência dos aspectos econômicos, que afetam, por sua vez, os resultados obtidos e a interpretação dos mesmos. No primeiro caso, as dificuldades referem-se à obtenção dos preços e dados, que requerem pareceres de peritos especializados para a identificação das variáveis independentes; ao tratamento matemático e estatístico dado a estas variáveis, no que diz respeito à escolha da função da relação entre a variável dependente e as variáveis independentes, e a correlação das variáveis de poluição. Quanto aos princípios econômicos, as dificuldades referem-se às políticas habitacionais, à mobilidade e às mudanças de preços dos imóveis diante da possibilidade de mitigação dos efeitos de poluição.

### **b) Técnica do custo de viagem**

O objetivo deste método é determinar o valor econômico dos serviços oferecidos por bens naturais, como parques, reservas e sítios arqueológicos e em compará-los com os benefícios econômicos que poderiam ser obtidos se esses bens tivessem um outro uso. Neste caso, a preferência dos consumidores é considerada, medindo-se a disposição a pagar para se obter estes benefícios por meio dos custos incorridos com a viagem que seria preciso fazer para ter acesso aos benefícios recreativos e turísticos oferecidos por esses locais.

Para calcular o benefício é preciso conhecer o número de usuários, o número de viagens por usuário, a variação desse número em função do preço, a variação desse número em função de variáveis exógenas, o preço de conservação e o número de regiões onde a demanda é efetiva. Como as demais técnicas, requer a presença de especialistas para sua implementação e também apresenta problemas quanto aos dados obtidos, já que as informações são difíceis de coletar e examinar por envolver padrões de renda e educação, custos de transporte e tempos de viagens, facilidade de acesso e finalidade das visitas. Isto se reflete no estabelecimento de função estatística da demanda para se estimar os benefícios, a qual nem sempre é fácil de se chegar.

Não obstante a estas dificuldades, esta técnica tem sido utilizada com sucesso em vários países desenvolvidos, como os Estados Unidos, Austrália e Países Baixos, onde a gestão ambiental mostra-se mais avançada.

### **3.5.3. Técnicas baseadas em mercados experimentais ou pesquisas**

Diante da inexistência de mercados para determinados bens e serviços ambientais, é possível avaliá-los considerando o valor atribuído, pela população, a estes bens e serviços.

#### **a) Técnica da mensuração de contingente**

Também é conhecida como método hipotético, esta técnica permite determinar o valor monetário dos recursos naturais, utilizando como princípio básico as preferências

dos consumidores e não as observações de mercado. Para tanto, são utilizadas pesquisas que visam identificar o valor de uso ou de existência que as pessoas associam à melhoria hipotética do ambiente, quantificando o valor que o consumidor estaria disposto a pagar pelo aproveitamento de um bem natural ou a quantia de dinheiro que ele está disposto a receber como compensação pela perda deste benefício.

Para quantificar estes valores, são realizadas entrevistas junto aos consumidores de modo interativo, ou seja, o pesquisador-avaliador submete vários valores ao perguntado, até que seja identificada sua disposição a pagar pelo bem ou serviço ambiental. Estes valores são definidos dentro de um intervalo, com o valor mínimo e o máximo prefixados, criando-se um mercado hipotético (daí o adjetivo contingente).

O processo de julgamento é feito colocando em discussão um cenário inicial hipotético com um conjunto de características específicas que dizem respeito, por exemplo, ao nível de poluição, à estética do lugar. Em seguida, sugere-se ao consumidor uma quantia inicial que ele estaria disposto a pagar pelo cenário proposto, aumentando-se esta quantia até que seja detectado o valor máximo a ser atingido antes de ele rejeitar o cenário pela quantidade oferecida. Esta é a sua DAP (Disposição a Pagar). A Disposição a Receber (DAR) é calculada por este mesmo procedimento, sendo que dado um determinado cenário, lhe é oferecido um valor inicial em dinheiro como recompensa pela perda desse benefício. Esta quantia é gradualmente aumentada até que ele não esteja disposto a aceitar como cenário que o daquele proposto. (Benakouche, 1994, p.123)

Vários autores têm enfatizado a existência de alguns problemas de mensuração associados ao seu uso classificados como viés estratégico, viés de informação, viés de instrumento e viés hipotético.

O *viés estratégico* ocorre quando os indivíduos percebem que suas respostas podem influenciar as decisões de tal forma que os seus custos irão diminuir os seus benefícios se um indivíduo é questionado sobre sua DAP para uma melhoria na qualidade visual de uma área próxima a sua residência e ele sabe que não irá pagar, sua DAP será muito maior; caso contrário, se ele tiver de pagar, o valor que ele irá declarar será muito menor.

O *viés de informação* pode resultar da maneira como as alternativas são apresentadas aos entrevistados. Informações detalhadas podem ser necessárias para expor o que se quer valorar, o que é essencial em virtude da natureza hipotética do

método. Assim, o viés pode ser reduzido pelo uso do visual, como por exemplo, fotografias, especialmente se os indivíduos não conhecem a amenidade que está sendo valorada.

Um outro tipo de viés associados ao método é o *viés de instrumento*, que pode resultar da escolha do método usado para coletar a DAP, ou seja, dos tipos de perguntas que são feitas aos entrevistados. Por último, mas não menos importante, destaca-se o *viés hipotético*, inevitável num processo em que o comportamento de um mercado não é observado, principalmente se os entrevistados têm pouca ou nenhuma familiaridade com a amenidade que está sendo valorada.

Outro problema associado ao método diz respeito à restrição orçamentária dos entrevistados e com relação à existência de recursos substitutos. Em alguns casos, os entrevistados não levam em consideração esta restrição no momento de responder sobre a sua DAP, por se tratar de uma situação hipotética. Com relação aos recursos substitutos, por não serem usados ativamente, nem sempre eles são levados em consideração. Assim, o valor de uso passivo dos recursos estará consideravelmente deturpado, pois, segundo a teoria econômica, quanto maior o número e a qualidade dos substitutos disponíveis, menor será a disposição a pagar dos consumidores.

Por outro lado, nenhuma destas limitações não invalidam os resultados obtidos com a aplicação do método, o qual tem sido utilizado com êxito para avaliação dos benefícios obtidos com a melhoria da qualidade da água do Rio Monningahela nos Estados Unidos e em outros estudos similares. (Benakouche, 1994)

#### **b) Técnica da escolha de menor custo**

Esta técnica não avalia diretamente o valor de um bem ou serviço ambiental em termos monetários. Semelhantemente à técnica de avaliação de contingente, as pessoas são questionadas para escolher entre um determinado bem ambiental e outros bens alternativos; ou entre uma quantia em dinheiro. Se o bem ambiental for escolhido, este valor mínimo é antecedido.

### **c) Técnica Delphi**

A técnica Delphi também diz respeito a valoração do meio ambiente tomando como base valores obtidos a partir de entrevistas, só que neste caso, a amostra é constituída por peritos em questões ambientais, que, num processo interativo, estabelecem os valores para os bens e serviços ambientais. Num primeiro momento, a avaliação do bem ou serviço ambiental independentemente. Num segundo estágio, os resultados são discutidos em grupo, onde cada perito reavalia a sua decisão, fazendo uma nova estimativa.

Esta técnica tem mostrado resultados bastante satisfatórios, mas de uma forma geral, depende bastante do conhecimento dos peritos e da habilidade com a qual a técnica será aplicada.

### **3.6. Mecanismos econômicos de controle ambiental**

Diante da ausência de mecanismos de mercado que permitam precificar adequadamente os ativos ambientais de modo que sejam refletidas as condições de escassez, faz-se necessário uma intervenção regulatória para que sejam corrigidas as distorções de mercado e permita uma organização do mesmo, do contrário corre-se o risco de utilização excessiva dos recursos ambientais, a qual pode resultar em sua degradação por completo.

Os mecanismos econômicos constituem os meios para que sejam atingidos determinados padrões ambientais, assegurando uma adequada conservação dos bens naturais e favorecendo uma repartição racional dos mesmos. Impactos sobre o meio ambiente, como os efeitos da poluição ou degradação ecológica são considerados externalidades negativas, que geram prejuízos qualitativos e quantitativos. Se estes prejuízos não forem devidamente recompensados, criam um custo externo.

Os mecanismos econômicos de controle de impactos ambientais podem ser agrupados em: mecanismo de taxação, mercado de direitos de poluição e a imposição de padrões ambientais.



### **a) Mecanismo de Taxação**

Consiste basicamente na aplicação de taxas aos processos produtivos poluidores, como uma forma de atribuir um preço às externalidades negativas geradas. De acordo com a natureza da externalidade, as taxações podem ser estabelecidas a partir de diferentes critérios, tais como: i) sobre a emissão de elementos causadores de todo tipo de poluição, calculadas com base nas quantidades de rejeitos despejados no ambiente e nos níveis de ruídos provocados; ii) pelos serviços públicos prestados, tais como coleta e tratamento de lixo, sistemas de abastecimento de água, sistema de coleta de esgotos etc e finalmente, iii) pelos serviços de ordem administrativa prestados pelo poder público e que correspondem, por exemplo, às autoridades de produção de determinados produtos, ao cumprimento da legislação pertinente.

Este mecanismo atende ao princípio de Poluidor Pagador, segundo o qual quem polui deve ressarcir à sociedade o dano causado. Seu valor é calculado em função do custo marginal de degradação imposto às vítimas.

### **b) Mercado de direitos de poluição**

O Governo fixa as emissões permitidas no país e as empresas que poluem menos ganham créditos, os quais podem ser vendidos para as empresas mais poluidoras, criando-se um mercado de créditos. Aqueles que adquirem as “quotas de poluição” passam a ter o direito de emitir uma quantidade de poluição proporcional às quotas compradas. Este procedimento vem sendo cogitado, para transações entre países.

Este mecanismo atende ao Princípio do Poluidor Pagador, na medida em que a licença para emitir poluentes é negociada em termos monetários, cobrando daqueles que poluem uma resposta a suas ações.

### **c) Mecanismos de Benefícios**

Opera segundo uma lógica inversa à taxação: ao invés de taxar as atividades poluidoras, concede-se um incentivo em forma de subsídio ao agente que reduz suas emissões. Se por um lado, o mecanismo incentiva a adoção de medidas de controle ambiental, por outro, corre-se o risco de incentivar a continuidade de atividades

poluidoras, sem que haja um esforço dos agentes para extingui-la ou modificar o processo de produção por haver incentivo.

#### **d) Mecanismo de imposição de padrões ambientais**

Constitui a fixação de padrões de qualidade ambiental por meio de normas legais específicas. Esta fixação não se baseia necessariamente em análises de custos e benefícios, estando relacionada a objetivos sócio-políticos. Diante das dificuldades de se identificar e mensurar as perdas e os ganhos ambientais, são tomados como referência os níveis máximos de poluição toleráveis segundo critérios médicos e sanitários.

#### **e) Controle direto**

O controle direto diz respeito às ações destinadas à prevenção de problemas ocasionais e imprevistos. Consistem em medidas que envolvem o monitoramento ambiental, cujos custos são, em princípio, inferiores aos de fiscalização necessários nos sistemas de taxação e de licenças de poluição.

De acordo com Libanori (1991), a escolha dos mecanismos e incentivos econômicos que devem integrar o rol de controle da poluição deve ser feita atendendo aos seguintes parâmetros: atender ao princípio do poluidor pagador; induzir a adoção de técnicas não poluidoras; permitir a redução dos custos de controle e induzir o controle espontâneo da poluição.

### **3.7. O Preço da Energia**

A produção de energia encerra em seu bojo impactos ambientais de grande amplitude. Conforme análise procedida no Capítulo 2 deste trabalho, os empreendimentos de produção de energia elétrica mexem direta ou indiretamente com todos os setores da economia, com a qualidade de vida de grande parcela da população, com a organização dos espaços rural e urbano, com os padrões de qualidade ambiental e com múltiplos aspectos sociais e naturais. Assim sendo, um empreendimento deste tipo

deve apresentar, em sua relação custo/benefício, critérios sócio ambientais, além dos tradicionais critérios econômico-financeiros.

Neste sentido, todas as considerações feitas ao longo deste capítulo estão claramente associadas à produção de energia elétrica e, a despeito das limitações presentes nos métodos de avaliação apresentados, estes são passíveis de serem aplicados como mecanismos de valoração dos aspectos ambientais relativos à produção de energia, respeitando-se as especificidades do setor em questão.

No que diz respeito à evidenciação dos benefícios ambientais decorrentes de medidas de conservação de energia elétrica, os modelos de avaliação ambiental baseados na teoria neoclássica fornecem importantes contribuições, na medida em que permitem avaliar a percepção dos consumidores frente aos aspectos ambientais e a importância dada a sua conservação.

### **3.8. Considerações Finais**

O objetivo deste capítulo foi o de analisar os aspectos inerentes ao processo de avaliação ambiental e os modelos existentes para avaliação, visando identificar de aqueles que pudessem servir de ferramenta para a avaliação dos benefícios ambientais decorrentes da conservação de energia. A partir da determinação apurada dos valores presentes na avaliação ambiental, das diferentes interpretações sobre os aspectos econômicos do meio ambiente e dos modelos de avaliação utilizados, a análise permitiu a identificação das possibilidades e restrições existentes para que este objetivo seja atingido com êxito.

De uma forma geral, os modelos de avaliação baseados na teoria neoclássica oferecem maior respaldo por basearem sua análise em aspectos econômicos e mais facilmente mensuráveis destacando entre eles, o modelo baseado na avaliação de contingente, a técnica do custo de viagem e a técnica da produção sacrificada.

## CAPÍTULO 4

### AVALIAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DOS PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

*... quando a variável meio ambiente faz parte do conjunto de informações para a tomada de decisão o projeto passa a ser um projeto ambiental e portanto deve ser levado em consideração os custos ambientais...*  
(Benakouche, 1996)

#### 4.1. Considerações Iniciais

Os modelos de avaliação ambiental estudados no capítulo anterior dão a dimensão dos critérios incorporados no processo de valoração do meio ambiente, oferecendo condições para destacar os aspectos quantificáveis dos benefícios ambientais derivados dos programas de conservação de energia. Assim, neste capítulo será analisado de que forma os modelos estudados podem ser adequados à realidade dos PCEELs.

Para tanto, num primeiro momento são feitas algumas considerações sobre o processo de avaliação dos benefícios para o meio ambiente decorrentes de programas ambientais de uma forma geral e especificamente no Setor Elétrico Brasileiro, para, em seguida ser apresentado um modelo de avaliação que se julgou adequado à realidade dos programas de conservação.

#### 4.2. Benefícios ambientais derivados dos programas de conservação de energia elétrica

Os principais benefícios ambientais derivados dos PCEELs dizem respeito aos impactos ambientais evitados pelo adiamento nas obras para o fornecimento de energia. Embora as obras de geração e transmissão sejam feitas no futuro, há uma redução global nos impactos ambientais pela exploração que deixou de ser feita durante o prazo de adiamento da obra. Além disso, este adiamento permite que se tenha mais tempo para um sério debate e novos desenvolvimentos sobre as ações de suprimento da demanda de energia, buscando-se tomar decisões mais adequadas e priorizando a melhor utilização do potencial existente ao longo do tempo.

De acordo com Oliveira Jr (1993), o adiamento das obras implica uma dilatação do prazo para o equacionamento dos seguintes impactos:

i) *assoreamento dos reservatórios/processos erosivos*: permite uma maior conscientização da população das bacias, racionalizando o uso do solo no meio urbano e rural, reduzindo, conseqüentemente, a quantidade de material sólido carregado para o leito do rio. No caso de usinas hidrelétricas, dadas as características dos reservatórios, receptivos e acumulativos, estas medidas levariam a uma melhor qualidade das águas e à maior vida útil destes;

ii) *ocupação de jazidas minerais*: seja por inundação para formação do reservatório, seja para a construção de torres de transmissão, o adiamento na ocupação destas áreas permite uma ampliação no prazo de exploração e a conseqüente sustentação de uma atividade econômica de importância regional.

iii) *impactos sobre flora e fauna*: ampliação de estudos e pesquisa sobre a fitossociologia;

iv) *ocupação de áreas de importância cultural*: levantamento mais criterioso dos sítios arqueológicos e da cultura regional, visando o salvamento de objetos de interesse cultural;

v) *interferência com populações*: a dilatação do prazo de implantação de novos empreendimentos permite a realização de estudos, levantamentos e cadastros necessários para eventuais indenizações ou reassentamentos. No caso de populações indígenas, considera-se que prazos mais longos podem levar a uma melhor transição cultural dos grupos indígenas e à preservação do espaço geográfico adequado;

vi) *endemias*: os agentes de saúde podem agir antecipadamente na região;

vii) *perda de potenciais agropecuários e exploração de madeira nobre*: a exploração de terras por um prazo maior, contribuindo para uma permanência na estrutura social, econômica e cultural do local.

viii) *redução de gases poluentes e partículas lançadas à atmosfera*: como os poluentes têm um caráter acumulativo na atmosfera, a redução de emissões durante o prazo de adiamento das obras permite uma redução global nos poluentes emitidos.

Diante do exposto fica claro que, embora os benefícios ambientais derivados dos PCEELs sejam facilmente perceptíveis, nem sempre são passíveis de quantificação direta porque incorporam questões muito abrangentes, incluindo aspectos físicos, bióticos, sócio-econômicos e culturais, muitos dos quais são altamente subjetivos, o que dificulta ainda mais o processo de avaliação.

Uma alternativa usualmente adotada para medir a economia de recursos naturais em situações como esta, onde estão envolvidas variáveis complexas, é a estimativa indireta, por meio da variação nos custos ambientais devido à implementação do programa. Sejam eles incorridos pelo agente poluidor (custos com controle) ou pela população (custos com danos).

De acordo com Bellia (1996), esse tem sido o procedimento verificado na maior parte dos estudos realizados nesta área. Em parte pelas facilidades de obtenção de dados, mas também porque um programa ambiental gera muitos benefícios de caráter subjetivo, nem sempre passíveis de serem medidos de forma direta. Leipert (1994), discutindo formas de internalização dos valores ambientais no Produto Nacional Bruto também sugere que os gastos defensivos sejam interpretados como indicadores dos investimentos compensatórios para a conservação e o restabelecimento da riqueza produtiva e consuntiva da natureza.

Se por um lado esta abordagem apresenta um avanço na tentativa de quantificar os aspectos ambientais, por outro lado, tem enfrentado críticas por estar respaldada em custos ambientais evitados, parâmetros nem sempre avaliados corretamente. Além disso, argumenta-se que os custos ambientais só refletiriam adequadamente o valor dos recursos ambientais se houvesse um sistema regulatório de peso, com rígidos padrões de qualidade ambiental.

Não obstante a estas limitações, os custos ambientais evitados pela economia de energia são uma boa medida dos benefícios ambientais derivados dos PCEEL, os

quais dizem respeito aos custos com os danos que deixaram de ocorrer e aos custos com medidas de proteção, mitigação e controle que ocorreriam se fosse implantada a construída uma usina de potência correspondente à energia poupada. Neste sentido, é fundamental o conhecimento dos custos ambientais incorridos nos empreendimentos de geração e de como os mesmos têm sido tratados, para em seguida, aplicá-los à realidade dos PCEELs.

#### **4.3. Tratamento dos custos ambientais no Setor Elétrico Brasileiro**

O tratamento dado às questões ambientais pelo Setor Elétrico Brasileiro (SEB) tem tido significativos progressos, ganhando destaque no planejamento das obras de expansão. Um passo fundamental para esta mudança de visão do setor foi a Resolução CONAMA 001/86, que tornou obrigatória a elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), trazendo para os estudos de implantação de usinas e obras de transmissão a avaliação sócio-ambiental e não exclusivamente os aspectos econômico-financeiros<sup>13</sup>. Somente após demonstrar que o empreendimento atende satisfatoriamente esses aspectos é que a concessionária pode receber da ANEEL a recomendação para sua construção. (Eletrobrás, 1991).

Neste sentido o Plano Diretor do Meio Ambiente de 1991/1993 (PDMA) definiu viabilidade sócio-ambiental de um projeto de geração como um balanço adequado entre os benefícios do setor elétrico para atender à demanda a custo mínimo e as necessidades da sociedade. Em cada uma das etapas entre a implantação do projeto e sua efetiva operação tem lugar a análise dos aspectos ambientais, tornando-se cada vez mais detalhados à medida que esse processo se desenvolve. Para cada uma das etapas, as considerações sócio-ambientais são feitas segundo suas especificidades, conforme pode-se observar pelo **Quadro 4.1**

---

<sup>13</sup> Embora os primeiros EIA/RIMAs elaborados tenham sido feitos como mero cumprimento de uma imposição legal, a qualidade dos trabalhos tem aumentou significativamente nos últimos anos.

**Quadro 4.1 – Tratamento dado às variáveis ambientais na Construção de Usinas Geradoras no Brasil**

<b>Etapa</b>	<b>Variáveis Ambientais</b>
<b>Estudos de Inventário</b>	Como o objeto do estudo ainda não é uma usina, define-se numa primeira aproximação, alternativas diferentes de geração, considerando os benefícios energéticos (energia firme, capacidade de ponta e energia secundária), a potência instalada e os custos associados a cada alternativa. Nesta fase os aspectos sócio-ambientais vêm assumindo crescente importância para definir, já nesta etapa, o custo real (econômico e social) dos empreendimentos.
<b>Estudo de Viabilidade</b>	os aspectos sócio-ambientais são examinados já tomando como base um empreendimento específico, sendo avaliados os custos e benefícios. São retomados e desenvolvidos, em profundidade e em detalhe, os estudos econômico-energéticos e sócio-ambientais que na etapa de inventário, haviam sido conduzidos de maneira mais resumida.
<b>Projeto Básico</b>	O anteprojeto definido na etapa anterior é detalhado e refinado, elaborando especificações de construção e dos principais equipamentos e detalhando o conjunto de planos e programas sócio-ambientais de maneira compatível com as atividades de engenharia e as necessidades de realização da obra e posterior operação da usina. Na área ambiental, por meio do EIA/RIMA deverão ser detalhados os planos e programas desenvolvidos na etapa de viabilidade, com o objetivo de tratar adequadamente os impactos da obra.
<b>Projeto Executivo/ Construção</b>	Durante esta etapa implementaram-se a grande maioria dos programas e projetos sócio-ambientais propostos no EIA/RIMA e conclui-se o desenvolvimento do Plano Diretor da implantação. Uma vez construída a obra, são solicitados a Licença de Operação (LO).
<b>Operação</b>	A obtenção da Licença de Operação (LO) não pressupõe o final das decisões e ações visando o adequado tratamento das questões sócio-ambientais. Pela própria dinâmica dos fenômenos sociais e físico-bióticos, os programas implantados devem ser objeto de monitoramento e controle, com vistas à sua revisão periódica.

Fonte: elaboração própria, com base em informações do Plano Diretor do Meio Ambiente - 1991/1993

As etapas descritas são aplicáveis também aos empreendimentos de transmissão e, embora tenham especificidades que os diferenciam da construção de usinas, os procedimentos são bastante similares. Das avaliações feitas nas diferentes etapas acima apresentadas, são determinadas uma série de ações visando a redução dos impactos ambientais decorrentes da implantação de usinas e obras de transmissão. Estas ações, derivadas das obrigações definidas na legislação e das ações pactuadas entre concessionárias e a sociedade local/nacional, compreendem ações preventivas, mitigadoras e compensatórias, as quais representam os custos ambientais do setor elétrico, genericamente chamados de “custos de proteção” ou “custo de controle”.

O **Quadro 4.2** resume os principais tipos de custos ambientais para empreendimentos hidrelétricos, termelétricos e linhas de transmissão. O PDMA recomenda que sejam internalizados somente aqueles ditados por lei ou concordados por meio de negociações com as partes afetadas e, embora reconheça que um certo



projeto possa provocar custos ambientais diferentes dos acima relacionados, não os incluem porque em geral estão associados a danos os quais não podem ser estimados ou compensados. Estes custos são definidos como custos de impactos não monetizáveis, podendo ser considerados como sendo um custo social ou coletivo assumido pela sociedade para a implantação do projeto.

**Quadro 4.2 – Custos Ambientais: tipologia e conceitos**

TIPOS DE CUSTOS	DEFINIÇÃO	IMPACTOS / EXEMPLOS DE CUSTOS		
		Hidrelétrica	Termelétrica	Transmissão
		Comprometimento da qualidade da água à jusante	Poluição atmosférica	Passagem da linha em área de conservação
<b>CONTROLE</b>	Custos incorridos para evitar a ocorrência dos impactos sócio-ambientais do empreendimento	Custos adicionais de instalação da tomada d'água especial para melhorar a qualidade de água a jusante	Custos relativos à implantação de filtros visando a redução de emissões aéreas	Custos com aumento do comprimento da linha para contornar a área, ou da elevação da altura das torres; do aumento dos vãos; do reforço das estruturas e de técnicas especiais de construção
<b>MITIGAÇÃO</b>	Custos incorridos nas ações para redução das consequências dos impactos sócio-ambientais	Custos incorridos na abertura de poços para fornecer água potável à população ribeirinha à jusante	Custos de implantação de um programa de saúde para a população atingida	Custo do corte seletivo da vegetação na faixa de servidão
<b>COMPENSAÇÃO</b>	Custos incorridos nas ações que compensam os impactos sócio-ambientais provocados por um empreendimento nas situações em que a reparação é impossível	Custos incorridos na construção de um clube para a população ribeirinha à jusante	Custos incorridos na construção de um clube para a população atingida	Custos incorridos na construção de um posto de preservação ambiental na área
<b>DEGRADAÇÃO</b>	Custos externos provocados pelos impactos sócio-ambientais de um empreendimento quando não há controle	Custos correspondentes a alteração da estrutura das comunidades aquáticas do rio a jusante da barragem	Custos relativos ao impacto na saúde das pessoas mesmo após a colocação dos filtros e a implantação do programa de saúde	Custos relativos ao impacto visual
<b>MONITORAMENTO</b>	Custos incorridos nas ações de acompanhamento e avaliação dos impactos e programas sócio-ambientais	Custos de medição periódica do teor de oxigênio na água do reservatório e à jusante da barragem	Custos de medição periódica das emissões de efluentes gasosos	Custos inerentes ao monitoramento da fauna na área atingida
<b>INSTITUCIONAIS</b>	Custos incorridos nas seguintes situações: a) elaboração dos estudos sócio-ambientais; b) na elaboração dos estudos requeridos pelo órgãos ambientais; c) na obtenção das licenças ambientais			

Fonte: COMASE, 1994

Se por um lado as medidas voltadas ao meio ambiente vêm ocorrendo no processo de planejamento/implantação dos empreendimentos mais recentes, o tratamento destes custos apresenta falhas conceituais e operacionais. As falhas

conceituais dizem respeito à internalização somente dos custos de controle e as falhas operacionais dizem respeito à forma como estas informações estão dispostas. Quando só são internalizados os custos de proteção exclui-se parcela considerável dos custos incorridos pela sociedade, representados pelas despesas econômicas adicionais das pessoas afetadas. Com este procedimento, os aspectos ambientais são considerados somente do ponto de vista setorial, colocando a sociedade num segundo plano.

No que diz respeito aos aspectos operacionais, as falhas relacionam-se à forma como os custos ambientais vêm sendo apresentados em relatórios publicados pela Eletrobrás, nos quais os mesmos não são devidamente apresentados nos orçamentos das obras de geração, transmissão e distribuição. Em parte isto se dá pela dificuldade em se distinguir nos custos de um empreendimento, qual é a parte especificamente sócio-ambiental ou simplesmente uma parcela das obras<sup>14</sup>. La Rovere (*apud* Furtado, 1996), aponta ainda que os custos de controle não são devidamente incorporados aos projetos de viabilidade porque muitas concessionárias construíram plantas de geração com orçamentos diferentes.

Além disso, como o orçamento padrão elaborado pela Eletrobrás não tem especificado diretamente os custos ambientais, algumas concessionárias consideram determinados impactos, enquanto outras têm dado pouca importância para isto<sup>15</sup>. Sabe-se, no entanto, que os custos sócio-ambientais têm sido expressivos nas usinas hidrelétricas mais recentes, ultrapassando às vezes o valor de algumas contas tradicionalmente consideradas de maior significado nos empreendimentos setoriais.

Procurando explicitar os custos relativos aos impactos ambientais e alocá-los em rubricas orçamentárias próprias, o COMASE elaborou um relatório de referência para a orçamentação dos programas sócio-ambientais de empreendimentos

---

<sup>14</sup> Como exemplo, citam-se o acréscimo da altura das chaminés das usinas térmicas convencionais, o acréscimo da altura das torres das linhas de transmissão, a implantação de uma tomada d'água para garantir a qualidade da água à jusante das usinas hidrelétricas, entre outros.

<sup>15</sup> Existem projetos, como a hidrelétrica de Itá, em que os custos ambientais representam algo em torno de 18 a 20% do total dos custos do projeto, incluindo custos de mitigação, compensação e custos institucionais. Por outro lado, a maioria dos projetos hidrelétricos não tem internalizado grande parte dos seus custos ambientais. Conseqüentemente, nos projetos de geração incluídos no plano de expansão têm uma diversidade de custos, alguns têm custos ambientais mais realistas, enquanto outros não tem.

hidrelétricos, termelétricos e de sistemas de transmissão. Foram elaboradas tabelas de impactos e os correspondentes programas de controle<sup>16</sup> e, em seguida, apresentado a proposição de alteração do Orçamento Padrão da Eletrobrás (OPE).

Os impactos e os respectivos programas ambientais foram relacionados de forma abrangente visando atender à diversidade de situações de possível ocorrência que variam segundo a região onde está implantado o projeto e segundo as características de cada empreendimento. Definidos os programas e projetos ambientais, procedeu-se o detalhamento orçamentário de cada programa, identificando os principais itens de custos relacionados a estes programas, bem como a definição, identificação e a classificação numérica de rubricas ambientais no OPE.

A itemização proposta distingue duas situações: a primeira delas diz respeito às ações relativas aos programas ambientais que geram custos de investimentos (incorridos no planejamento e construção da usina até o momento de início de operação) e que devem ser alocados no OPE. A segunda situação diz respeito às ações relativas aos programas ambientais que geram custos caracterizados como custeio (incorridos após o início de operação da usina), e que não devem ser alocados no OPE, mas somente previstos para que sejam garantidos os recursos necessários para o seu adequado tratamento.

Os resultados alcançados pelo COMASE, centrados na orçamentação dos custos sócio-ambientais dos empreendimentos do setor elétrico, constituem um avanço significativo para a efetiva incorporação das variáveis ambientais no processo decisório. Por outro lado, este caminho está apenas começando e a efetiva adoção destes conceitos e procedimentos sugeridos vem sendo feita apenas parcialmente, estando a maior parte dos empreendimentos sem dar a devida evidenciação aos custos ambientais em seus orçamentos.

Desta forma, permanecem válidas as conclusões obtidas por Furtado (1996), quando há quatro anos procedeu uma avaliação similar no tratamento dados às variáveis ambientais pelo Setor Elétrico Brasileiro, quais sejam: i) o sistema de planejamento inclui somente os custos incorridos pelas concessionárias com medidas de controle, sem considerar os custos ambientais arcados pela sociedade (custos com danos); ii) os projetos mais recentes têm evidenciado os custos ambientais mas a grande maioria ainda não o fazem, limitando-se a demonstrar alguns poucos custos.

---

<sup>16</sup> Vide Anexo 1

A despeito destas limitações presentes no tratamento das variáveis ambientais, nada impede que as mesmas sejam utilizadas para estimar os custos ambientais evitados com a adoção de PCEEL, desde que sejam adotados alguns ajustes, no sentido de estimar a parcela ambiental presente nos custos demonstrados. Este tem sido o procedimento utilizado por estudos ambientais que se utilizam de dados dos orçamentos publicados pela Eletrobrás.

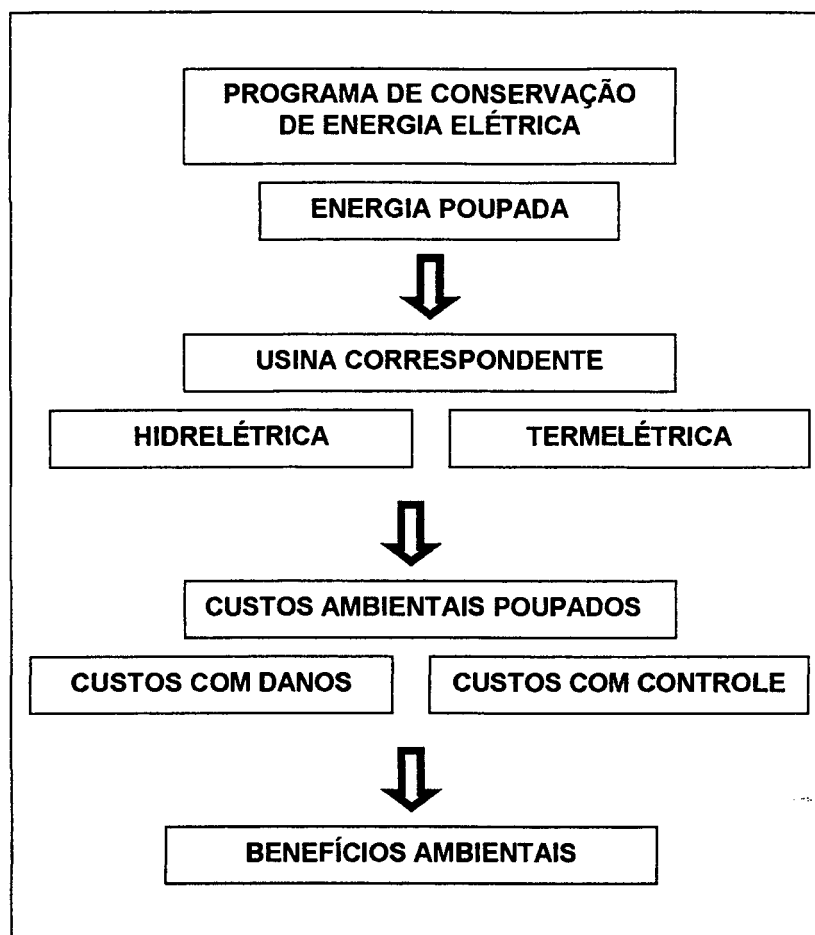
#### **4.4. Avaliação dos benefícios ambientais: proposta de operacionalização de cálculo**

##### **4.4.1. Estrutura geral do modelo**

Considerar os programas de conservação de energia como um tipo especial de programa ambiental e avaliar seus resultados por meio da redução dos custos ambientais oferece boas perspectivas para a evidenciação dos benefícios ao meio ambiente vinculados a estes programas.

Partindo deste pressuposto básico e considerando que estes benefícios estão vinculados principalmente, ao adiamento/suspensão de novas obras para o fornecimento de energia elétrica, o modelo proposto avalia tais benefícios considerando os custos ambientais que deixaram de ocorrer ou que foram adiados pela não execução de um projeto de fornecimento de energia, cuja potência instalada seja equivalente à energia poupada pelo programa de conservação. Embora as obras de fornecimento de energia elétrica compreendam obras de geração, transmissão e distribuição, neste trabalho são abordados somente os custos poupados com obras de geração, partindo-se do pressuposto de que seria utilizada a rede de transmissão existente, caso fossem necessários tais investimentos.

Neste contexto, serão considerados os custos de proteção, incorridos pela concessionárias, e os custos com danos, incorridos pela sociedade no que tange às usinas geradoras. Levando-se em conta as diferentes opções tecnológicas existentes para a produção de energia elétrica, os custos serão calculados para uma opção hidrelétrica (que é a tecnologia mais utilizada no Brasil) e uma opção de usina termelétrica (que é a segunda tecnologia mais utilizada). A **Figura 4.1** mostra esquematicamente os procedimentos sugeridos por este modelo:



**Figura 4.1 – Esquema de cálculo dos Benefícios Ambientais derivados de Programas de Conservação de Energia Elétrica**

Fonte: elaboração própria

Conforme indicado na **Figura 4.1**, uma vez escolhido o programa de conservação a ser avaliado, o passo seguinte é encontrar duas usinas (uma hidrelétrica e outra termelétrica) cuja potência de geração seja equivalente à energia poupada com a eficiência no uso da eletricidade. Em seguida, será procedido o cálculo dos custos ambientais associados aos empreendimentos escolhidos.

#### **4.4.2. Tratamento das variáveis**

##### **a) Programa de Conservação de Energia Elétrica**

A escolha de um PCEEL para a aplicação do modelo é um procedimento relativamente simples, uma vez que os parâmetros utilizados para basear os cálculos, energia e demanda poupadas são previamente calculados pelo PROCEL/Eletrobras no

momento em que são elaborados os diagnósticos energéticos para a previsão do potencial de conservação de cada programa. Um cuidado mais específico a ser tomado é saber como estes parâmetros foram estimados e se certificar de que os dados são consistentes, cruzando dados de diferentes fontes.

A partir do montante de energia poupada, previsto para cada programa, é estabelecida a usina correspondente de onde serão extraídos os custos ambientais poupados.

#### **b) Usina Correspondente**

O principal cuidado na escolha das usinas que servirão como padrão para o cálculo dos custos com controle é que estas representem o comportamento médio das usinas de seu porte, seja em suas condições de operação, seja nos impactos ambientais gerados<sup>17</sup>. No caso das usinas termelétricas isto é mais fácil, tendo em vista que os impactos são similares dentro de uma dada opção tecnológica e de um tamanho da planta de geração.

Para o caso das usinas hidrelétricas, onde os impactos ambientais variam muito em virtude da localização da mesma, obter um comportamento padrão é mais difícil. Assim, alguns parâmetros podem ser utilizados para associar os diferentes projetos e direcionar a caracterização, quais sejam: área inundada e população afetada.

#### **c) Custos de controle**

O cálculo destes custos foi feito a partir de dados publicados pela Eletrobrás no Plano 2015 e no Plano Decenal de Geração 1999/2008. Para o caso da usina termelétrica, como os dados oficiais são satisfatoriamente elucidativos, não foram necessários tratamentos mais significativos dos mesmos. Já no caso das hidrelétricas, como não há uma padronização nos dados apresentados, foi necessário adotar alguns

---

<sup>17</sup> O ideal seria que os custos fossem obtidos a partir de uma usina padrão, cujos custos fossem uma média dos custos incorridos pelas usinas de seu porte, mas a escassez de dados e a falta de padronização dos orçamentos não permitem este tratamento.

pressupostos para identificar nos custos totais, a parcela referente a proteção ambiental.

Foram adotadas as hipóteses utilizadas no Plano 2015 para avaliação dos custos ambientais dos projetos previstos, segundo as quais pode-se obter os valores dos custos incorridos com o meio ambiente, adicionando-se aos custos ambientais apresentados no Plano Diretor do Meio Ambiente (PDMA) o chamado sobre-custo adicional, que é uma estimativa da diferença entre os custos dos atuais orçamentos e os custos efetivamente incorridos após a construção do empreendimento. Estes custos adicionais são estimados com base num percentual dos custos totais.

Para os casos em que não há uma estimativa dos custos ambientais previstos, é calculado então o chamado custo pleno, no qual os custos ambientais são estimados com base em percentuais maiores do orçamento previsto. A determinação dos percentuais é feita com base na área ocupada pelo reservatório, parâmetro considerado satisfatório, dado que existe uma alta correlação entre a área afetada e a dimensão dos impactos sócio-ambientais no caso dos empreendimentos brasileiros<sup>18</sup>. O **Quadro 4.3** apresenta os principais parâmetros calculados pelo CEPEL.

**Quadro 4.3 – Parâmetros estabelecidos pelo CEPEL para o cálculo dos Custos Ambientais**

Área do reservatório	< 100 km <sup>2</sup>		> 100 km <sup>2</sup>	
	Adicional	Pleno	Adicional	Pleno
Norte/ Sul /Sudeste	5%	10%	15%	25%
Fronteira (*)	5%	10%	10%	20%
Norte	5%	10%	5%	10%

(\*) Rondônia, Sudeste do Pará e Centro-Oeste

Fonte: Eletrobrás, 1993

Assim, partindo destes parâmetros, serão calculados os custos ambientais com proteção utilizando os dados oficiais da Eletrobrás.

<sup>18</sup> De acordo com Landim (1997), estima-se uma correlação de 80% entre impactos ambientais e área ocupada pelo reservatório.

#### d) Custos com Danos

A quantificação dos custos com danos é complexa porque depende da natureza dos impactos ambientais que geram este danos e os diferentes efeitos ocasionados sobre os meios físico-bióticos, sócio-econômicos e culturais. As técnicas abordadas no capítulo 3 oferecem a possibilidade de avaliação destes custos, destacando o método de avaliação de contingente, que se presta à valoração de uma gama maior de impactos por captar os aspectos mais subjetivos dos valores ambientais. O **Quadro 4.4** estabelece um comparativo entre os métodos de avaliação ambiental, segundo a ótica de vários autores, onde fica evidenciada as múltiplas possibilidades de utilização do método de avaliação de contingente.

**Quadro 4.4 – Métodos para avaliar impactos ambientais na Produção de Energia Elétrica**

IMPACTOS	TÉCNICAS DE VALORAÇÃO		
	OECD e Pearce	Dixon e Sherman	Winpenny
Poluição do ar	Custo de substituição Método hedônico Avaliação de contingente	análise de custo de efetividade custos com prevenção	Método Hedônico Diferencial de empreender
Poluição da água	Custo de substituição e avaliação de contingente	Custo efetividade Medidas preventivas Perda de salários	avaliação de contingente medidas preventivas método hedônico
Uso da terra	Método hedônico	Mudança na produtividade Custos de oportunidade	Efeitos sobre a produção
Recreação e turismo	Custo de viagem Avaliação de contingente	Custo de viagem Avaliação de contingente Custo de reposição	Custo de viagem Avaliação de contingente
Biodiversidade	Avaliação de contingente Custo de viagem Custo de recolocação	Efeito sobre a produção Custo de oportunidade Avaliação de contingente Custo de rocolocação Análise dos custos efetivos	Avaliação de contingente Medidas preventivas Custo de recolocação
Suporte da Vida	Avaliação de contingente	custo de oportunidade custo de escolha de menor custo	Efeito sobre a produção Custo de recolocação Custo de prevenção
Estético	Avaliação de contingente Custo de prevenção Limite de empreender (uso limitado)	Custo de prevenção Limite de empreender Avaliação de contingente	Custo de viagem Medidas preventivas Custo de recolocação Custo de oportunidade
Espiritual	Avaliação de contingente	Avaliação de contingente	Medidas preventivas Custo de recolocação
Cultural e Histórico	Dose-response Custo de viagem Avaliação de contingente	Custo de viagem Avaliação de contingente	Custo de viagem Avaliação de contingente

Fonte: Furtado (1996)

A utilização destes métodos vem crescendo nos países desenvolvidos, sendo uma importante ferramenta no processo de negociação entre as concessionárias e a



população afetada pelos empreendimentos. Para o Brasil, pouco tem sido feito no sentido de medir tais custos na produção de energia elétrica, mas destaca-se o trabalho realizado por Furtado (1996), onde são estabelecidos os custos de danos ambientais derivados de empreendimentos do setor elétrico. Por estar baseado no método de avaliação de contingente e por apresentar consistência metodológica, os parâmetros para medir os custos com danos evitados pelos PCEELs foram extraídos deste trabalho.

Para estabelecer os parâmetros de cálculo dos custos com danos, por meio da avaliação de contingente, o autor realizou uma série de pesquisas nas principais cidades das regiões brasileiras: Belém (Norte), Recife (Nordeste), Brasília (Centro-Oeste), Rio de Janeiro (Sudeste) e Porto Alegre (Sul), objetivando estabelecer a disposição a pagar pela preservação dos benefícios ambientais.

As entrevistas foram feitas com consumidores situados no padrão de 200kWh por mês e com peritos do setor elétrico, onde foram questionados o quanto eles estariam dispostos a pagar a mais em suas contas mensais para que os impactos derivados da implantação das usinas de geração fossem evitados. Estes custos foram detalhados nos questionários, tomando por base um projeto hidrelétrico, um termelétrico a carvão e um nuclear. A partir da listagem dos custos, cada entrevistado deveria atribuir que percentual (previamente estabelecido) que ele estaria disposto a pagar a mais em sua conta de energia para evitar os impactos.

Uma vez calculada a disposição a pagar dos consumidores, foram estabelecidos os parâmetros para a valoração dos custos ambientais derivados dos empreendimentos elétricos (hidrelétricos, termelétricos a carvão e nuclear), apresentados no **Quadro 4.5**.

**Quadro 4.5 – Parâmetros de cálculo dos custos com danos para empreendimentos elétricos – US\$ por MWh – preços de 1994**

<b>CUSTOS AMBIENTAIS</b>	<b>Hidrelétrica</b>	<b>Termelétrica</b>
<b>Custos com Danos</b>	<b>7,9</b>	<b>27,0</b>

Fonte: Furtado, 1996

Quando confrontados com estudos similares para outros países, estes parâmetros mostram-se consistentes. A diferença significativa existente nos custos com danos, no que diz respeito ao projeto hidrelétrico e termelétrico, é reflexo da

opinião pública sobre a importância dos efeitos dos empreendimentos sobre o meio ambiente: os consumidores estão mais dispostos a pagar para evitar problemas locais sérios que os regionais ou globais e avaliar estes problemas em lugar de um outro problema local considerado menos importante, como efeitos estéticos e interferência no potencial turístico.

Além destes resultados, o estudo de Furtado mostrou que a avaliação dos custos ambientais é altamente influenciada pelos componentes sócio-econômicos. Esta parte incorpora mais de 90% dos custos ambientais e mais de 30% dos custos totais do projeto, no qual estão incluídos muitos assentamentos da população; mostrou ainda, que existe uma alta correlação entre o índice de habitantes por MW e a complexidade dos projetos em termos de impactos ambientais;

#### **4.5. Méritos e Limitações do Modelo**

As principais vantagens na abordagem sugerida para o cálculo dos benefícios ambientais derivados de PCEELs relacionam-se com a facilidade na operacionalização do cálculo: na medida em que os benefícios ambientais são relacionados a projetos concretos, o entendimento torna-se mais fácil e os resultados mais palpáveis, pois permite que se tenha parâmetros concretos de comparação; uma vez estabelecidos os projetos hidrelétrico e termelétrico que servirão de base, a identificação de seus custos é feita utilizando dados facilmente obtidos nas estatísticas da Eletrobrás, o que permite estender esta forma de cálculo aos mais diferentes tipos de PCEELs e compará-los entre si.

Na medida em que o modelo baseia-se em custos incorridos com medidas de controle dos impactos sobre o meio ambiente em paralelo com os custos de danos, permite-se que haja uma dupla forma de avaliar os benefícios ambientais: do ponto de vista do setor elétrico e do ponto de vista da sociedade. Neste sentido, a utilização de parâmetros calculados pelo método de avaliação de contingente é um benefício a mais, considerando que este método procura incorporar valores subjetivos, tais como o valor intrínseco, valor de opção e de existência.

Adicionalmente, a idéia de custo evitado é facilmente percebida pelo público, diferentemente de parâmetros excessivamente subjetivos, como sugere a linha

ecológica, que propõe um método que estabelece o valor dos bens e serviços ambientais em termos de requerimentos de energia necessária, na forma direta de combustível e na indireta por meio de outras organizações que também utilizam energia na sua produção.

As limitações do modelo dizem respeito à utilização dos custos ambientais como parâmetro de análise. Conforme já discutido, eles não representam fidedignamente os valores atribuídos ao meio ambiente, sendo uma aproximação dos mesmos. Os resultados derivados da aplicação são, portanto, a estimativa de uma parcela dos benefícios ambientais derivados dos PCEELs. Neste sentido, o modelo também é limitado por desconsiderar outros benefícios ambientais indiretos gerados pelos PCEELs, tais como a redução de resíduos que deixaram de ocorrer pelo adiamento das obras ou pelo uso mais eficiente dos recursos energéticos.

Não obstante estas limitações, o modelo apresenta como contribuição a possibilidade de evidenciação dos benefícios ambientais dos PCEELs, algo que pouco tem se discutido.

#### **4.6. Considerações Finais**

O presente capítulo apresentou a proposição de um modelo para o cálculo dos benefícios ambientais derivados de PCEELs, utilizando a idéia de custos ambientais evitados. Assim, considerando que os principais benefícios para o meio ambiente destes programas decorrem do adiamento da construção de novas plantas produtivas, o modelo propôs calculá-los levando em conta os custos que deixaram de ocorrer pela não construção de novas unidades geradoras de energia, de potência equivalente ao montante de energia poupada.

Paralelamente, discutiu-se o tratamento dado às variáveis ambientais pelo SEB, procurando identificar eventuais falhas nos procedimentos adotados e suas implicações para o modelo, sugerindo em seguida, os procedimentos específicos para cada uma das variáveis consideradas no modelo. Finalmente, foram discutidas as vantagens e limitações do modelo sugerido.

## CAPÍTULO 5

### BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DERIVADOS DA ADOÇÃO DO PROGRAMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA EFICIENTE

*“ Não Podemos nos omitir da responsabilidade de salvar o nosso próprio mundo, mesmo porque ele é o único que temos...” (Bartos apud Tommasi, 1976)*

#### 5.1. Considerações Iniciais

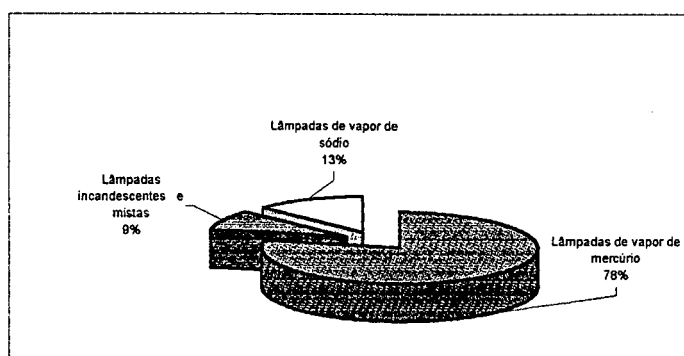
Tendo sido estudadas as possibilidades de avaliação dos benefícios ambientais derivados dos programas de conservação de energia elétrica, o presente capítulo objetiva aplicar o método de avaliação proposto no programa de iluminação pública eficiente adotado pelo PROCEL. A escolha recaiu sobre o programa de iluminação eficiente por este ser, entre os programas com implementação prevista, o de maior potencial de conservação e por estar apresentando os melhores resultados em termos de desempenho, aceitação e aplicabilidade.

Desta forma, o presente capítulo discute, num primeiro momento a importância dos serviços de iluminação pública e o programa de iluminação pública eficiente do PROCEL para em seguida aplicar o método sugerido.

## 5.2. Serviços de Iluminação Pública

A iluminação pública, de uma forma geral, é a maneira mais antiga e popular de utilização da energia elétrica, sendo essencial para a qualidade de vida da comunidade. No que diz respeito aos serviços de iluminação pública, destaca-se seu importante papel como um dos vetores para a segurança pública nos centros urbanos, tanto na questão do tráfego de veículos e pedestres quanto na prevenção contra a criminalidade e um fator de desenvolvimento social e econômico do município.

No Brasil, a iluminação pública consome cerca de 3,5% da energia elétrica total consumida, sendo os serviços de iluminação prestados tanto pelas concessionárias de energia elétrica quanto pelas prefeituras municipais, diretamente ou por empresas contratadas<sup>19</sup>. Estima-se que as redes de iluminação pública brasileiras atendam cerca de 12,3 milhões de pontos e totalizam uma potência instalada da ordem de 2.470 MW, equivalente a um consumo de 10.670 GWh/ano<sup>20</sup>, estando distribuído em lâmpadas de vapor de mercúrio, incandescentes e mistas, conforme dados apresentados na **Figura 5.1**.



**Figura 5.1 – Tipos de Lâmpadas Utilizadas na Iluminação Pública no Brasil** Fonte: Efficientia'98

A venda de equipamentos e serviços para o setor de iluminação pública representa importante parcela do mercado nacional, chegando a movimentar uma

<sup>19</sup> Em pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) em conjunto com o PROCEL, abrangendo 173 municípios com população acima de 50.000 habitantes, constatou-se que em 42% desses municípios a concessionária de energia elétrica é a prestadora dos serviços de iluminação pública, em 36% é a própria prefeitura municipal e em 22% o serviço é prestado por ambas, concessionária e prefeitura municipal.

cifra de US\$ 600 milhões por ano com a venda de aproximadamente 10 milhões de lâmpadas mistas e vapor de mercúrio. A grande dimensão do mercado de iluminação pública, aliada ao crescente movimento de urbanização e o surgimento de cidades têm imposto taxas de consumo de energia cada vez maiores, exigindo por sua vez, maiores investimentos em capacidade instalada. Neste contexto, os programas de conservação e eficientização energética neste segmento revestem-se de grande importância, dadas limitações orçamentárias quase sempre existentes em concessionárias e municípios.

### **5.3. Programa de Iluminação Pública do PROCEL**

Desde a sua implantação o PROCEL tem priorizado ações no segmento da iluminação pública. Na última década cerca de 400.000 lâmpadas foram substituídas, em projetos de incentivo às concessionárias de energia, e resultaram em substancial declínio no uso de lâmpadas incandescentes e mistas. No entanto, o setor de iluminação pública apresenta ainda considerável grau de desperdício energético, atribuído à instalação de equipamentos ineficientes. Há ainda outros fatores a serem considerados, como a falta de critérios adequados de projetos, e a ausência de gestão eficiente desses serviços.

O PROCEL estima que é possível obter-se uma redução de capacidade instalada da ordem de 600 MW, que corresponde a um consumo de 2.628 GWh/ano<sup>21</sup>. O plano de ação elaborado em 1996 pelo PROCEL prevê a substituição de 3 milhões de pontos de luz, enfatizando a aplicação das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão. Esta meta equivale a uma redução de demanda da ordem de 350 MW e de consumo de energia correspondente a 1.533 GWh/ano. Além dessas medidas outras ações, como incentivo ao desenvolvimento tecnológico de equipamentos, capacitação de pessoal para projetos eficientes e a divulgação junto aos municípios, integram o escopo do Programa de Iluminação Pública do PROCEL.

Para fomentar a eficiência energética nos sistemas de iluminação pública do Brasil e promover a transformação de mercado de produtos nesse setor, as estratégias

---

<sup>20</sup> Fonte de dados: <http://www.procel.gov.br>

do PROCEL estão ligadas a ações de marketing, desenvolvimento de parcerias, padronização de equipamentos e apoio técnico.

**a) Financiamento:**

- Manter uma disponibilidade anual de recursos da Reserva Global de Reversão – RGR, da ordem de R\$ 50 milhões para o financiamento dos projetos de iluminação pública (IP), por meio de concessionárias e supridoras
- Estabelecer parcerias com outros órgãos financiadores, oferecendo o apoio técnico para análise técnico-orçamentária e/ou elaboração de projetos de IP, a serem financiados para municípios, bem como o estabelecimento de critérios de avaliação destes projetos.

**b) Marketing:**

- Ampliar a divulgação do Programas de Combate ao Desperdício de Energia dos Sistemas de IP nas empresas distribuidoras de energia, por meio de estudos de viabilidade econômica que sinalizam estes projetos como um bom negócio para as empresas.

**c) Apoio Técnico:**

- Incentivar a ação das ESCOs (Energy Saving Companies) junto aos municípios, para os projetos de substituição de pontos de IP onde o investimento é amortizado pela redução da conta de energia.
- Estabelecer índices mínimos de eficiência para equipamentos de IP em função dos padrões adotados e níveis de iluminamento requeridos, de modo a assegurar a aquisição de equipamentos qualificados.
- Acompanhar e divulgar os resultados da aplicação de equipamentos eficientes.

---

<sup>21</sup> Estimativa feita pelo PROCEL, tomando como base uma usina operando 12h/dia e 365 dias/ano. (Efficientia'98)

- Promover a divulgação, para os municípios, de critérios técnicos necessários à operação eficiente dos Sistemas de IP, por meio do Manual de IP, elaborado no âmbito do Convênio PROCEL/IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal)
- Prestar apoio técnico nos Planos Estaduais de Combate ao Desperdício de Energia onde for importante elaborar projetos de IP para obter adesão dos municípios.

A aplicação efetiva dessa estratégia tem se dado paulatinamente, em virtude de uma série de barreiras enfrentadas pelo SEB (que serão discutidas devidamente ainda neste capítulo), de modo que nesta fase inicial tem-se priorizado as ações de ordem técnica, como forma de estabelecer uma base de conhecimento para a devida implementação do programa de iluminação pública eficiente. O **Quadro 5.1** resume as principais ações previstas.

**Quadro 5.1 – Ações Realizadas no âmbito do Programa de Iluminação Pública Eficiente (1996/1999)**

ESTRATÉGIA	AÇÃO REALIZADA
FINANCIAMENTO	<p>Financiamento de R\$ 47,7 milhões com recursos da RGR para substituição de 1.306.361 pontos de luz..</p> <p>Financiamento de R\$ 107,01 milhões para redução de perdas com pontos de Iluminação Pública (IP) acesos durante o dia</p> <p>Financiamento de R\$ 17,62 milhões na efficientização do sistema de IP e 2,88 milhões para a remodelação do sistema de IP.</p>
APOIO TÉCNICO	<p>Cursos de capacitação realizada pela UFBA, destinado a projetistas, executado no âmbito convênio PROCEL/Secretaria de Energia, Transporte e Comunicações da Bahia – SETC-BA</p> <p>Cursos de capacitação realizado pelo IBAM, destinado a técnicos municipais e concessionárias, executados no âmbito do Convênio PROCEL/IBAM;</p> <p>Estudo e desenvolvimento de metodologia para avaliação técnico-econômica dos projetos de IP; Apoio financeiro ao Laboratório Central de Eletrotécnica e Eletrônica – LAC/Companhia Paranaense de Eletricidade – COPEL para desenvolvimento de equipamentos auxiliares de alto desempenho: reatores de baixas perdas para lâmpadas de VS e VM e relé fotoelétrico duplo.</p> <p>Apoio financeiro ao Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo – El/departamento de Iluminação Pública da Prefeitura de São Paulo – ILUDEM para elaboração de estudo de viabilidade técnico-econômica para implantação de sistemas eficientes de IP na cidade de São Paulo.</p> <p>Revisão da Norma Brasileira – NBR 5101 – Iluminação Pública</p> <p>Elaboração de Projetos de IP em parceria com Furnas Centrais Elétricas, Companhia Hidrelétrica do Vale do São Francisco – CHESF e Consultores independentes; Elaboração de Manual de Iluminação Pública</p> <p>Estruturação de Banco de Custos para projetos de IP</p>

Fonte: Elaboração própria, com base em dados do Efficientia'98 e Eletrobrás (1999)



Além destas ações, são previstas ainda uma série de outras medidas visando dar continuidade do programa, quais sejam: i) avaliar e divulgar os resultados dos projetos em execução; ii) manter equipe técnica capacitada para executar os estudos e projetos de IP; iii) Prestar orientação aos projetos de IP nos municípios inseridos nos Programas Estaduais de Combate ao Desperdício de Energia; iv) Financiar a implantação de projetos de efficientização em 2 milhões de pontos de iluminação pública, em continuidade ao Plano de Ação de 1996.

### **5.3.1. Perspectivas e pontos Relevantes**

Fatores de ordem técnica e econômico-financeira tornam o programa de Iluminação Pública Eficiente (IPE) particularmente atraente em relação aos demais. O primeiro deles é que a implementação de programas de conservação e eficiência energética na iluminação pública é de relativa simplicidade. Em muitos casos, considerando apenas a substituição de lâmpadas obsoletas por lâmpadas mais eficientes, é possível reduzir o consumo de energia elétrica e obter uma iluminação de melhor qualidade. Considerando que o período de consumo de energia elétrica para iluminação pública abrange todo o horário de ponta do sistema, isto representa muito em redução de custos.

No que diz respeito aos fatores econômico-financeiros, o programa de iluminação eficiente constitui uma efetiva oportunidade de redução dos gastos, já que as despesas com consumo de eletricidade para iluminação tem grande participação no orçamento municipal, chegando a representar 70% do total das despesas com consumo de energia elétrica. Além disso, a política de conservação é uma saída para as incertezas quanto à disponibilidade financeira dos municípios, principalmente dos pequenos, onde não há cobrança da Taxa de Iluminação Pública (TIP)<sup>22</sup> e há o comprometimento das atividades de operação e manutenção dos sistemas de iluminação pública, provocando a inadimplência no pagamento do consumo de eletricidade à empresa distribuidora de eletricidade.

Por outro lado, o novo ambiente que se afigura no setor elétrico brasileiro, com a privatização das empresas de energia elétrica e as mudanças institucionais em

curso, conduz, no curto prazo, a incertezas quanto ao futuro das políticas de combate ao desperdício de energia e quanto às repercussões financeiras nos custos dos serviços de operação e manutenção da iluminação pública, considerando a tendência de eliminação dos subsídios tarifários.

### 5.3.2. Barreiras

Medidas para o combate ao desperdício de energia e incentivos à eficiência energética podem encontrar obstáculos – as denominadas barreiras – que são classificadas em número e tipos diversos, e nem sempre ocorrem simultaneamente ou têm a mesma repercussão para cada agente. No caso da iluminação pública, as principais barreiras estão ligadas a fatores de ordem tecnológica, cultural e financeira, conforme resumo no **Quadro 5.2**.

**Quadro 5.2 – Principais Barreiras à Implementação do Programa de Iluminação Pública Eficiente**

TIPO	BARREIRA
TECNOLÓGICA	Ainda que identificadas as tecnologias energeticamente mais eficientes, elas podem não estar disponíveis no mercado. Por outro lado, a sensibilidade ao custo inicial dos equipamentos eficientes também se constitui numa das barreiras;
INFORMAÇÃO/CULTURA	Mesmo considerando que a iluminação pública é um setor que apresenta significativo potencial de conservação de energia, cuja implementação de PCEELs é de relativa facilidade, existe desconhecimento sobre as melhores tecnologias e os custos/benefícios a eles relacionados. Além disso, a falta de capacitação técnica do pessoal envolvido com os serviços de iluminação pública dificultam a tomada de decisão de alguns agentes, considerando que os mesmos não são devidamente informados e convencidos dos benefícios técnicos e econômicos decorrentes dos programas de eficiência energética.
LEGAIS/INSTITUCIONAIS	Os conflitos de competência legal na prestação dos serviços de iluminação pública podem dificultar a implementação de programas para o uso racional e eficiente de energia elétrica nesse setor, pelo fato de, em muitos casos, não ficar claro quem deve arcar com os investimentos necessários.
FINANCIAMENTOS	Do ponto de vista econômico-financeiro, os investimentos em eficiência energética na iluminação pública podem apresentar taxas internas de retorno bastante atrativas. No entanto, as atuais condições de mercado para financiamentos ao setor público de alguma forma se tornam impraticáveis, seja pelas altas taxas de juros, em alguns casos, ou pelas exigências de garantia em outros. Principalmente no caso dos pequenos municípios, o acesso a determinadas linhas de financiamento pode tornar inatingível.

Fonte: Elaboração própria, com base em dados do Efficientia'98 e Eletrobrás (1999)

<sup>22</sup> Taxa paga pelos consumidores de eletricidade e proprietários de imóveis e terrenos urbanos, constitui a principal fonte de recursos utilizados para cobertura das despesas com serviços de iluminação pública.

A experiência com programas de iluminação de uma forma geral aponta para a necessidade uma maior interação entre os segmentos sociais envolvidos, a fim de que sejam transpostas as barreiras enfrentadas. Estas ações envolvem parcerias entre os agentes sociais envolvidos, quais sejam: concessionárias, comércio local, fabricantes de equipamentos, agentes de financiamento e as diferentes esferas de governo. A formulação desta parcerias é, na verdade, condição *sine qua non* para garantir o equilíbrio e a continuidade de programas desta natureza. (Plautus Filho, 1995).

No Brasil, tem sido estabelecidas uma série de parcerias junto aos agentes envolvidos, entre as quais destaca-se:

- i) convênio que a Eletrobrás firmou com o Banco Mundial e o governo do Canadá, para obtenção de recursos a fundo perdido para o financiamento de projetos de efficientização energética;
- ii) parcerias com prefeituras visando o treinamento de agentes para gerenciamento de programas de conservação;
- iii) convênio entre o SEBRAE (Serviço de Apoio às Pequenas e Microempresas) do Rio para a comercialização de projetos de otimização no uso de motores, desenvolvidos pelo CEPEL (Centro de Pesquisas em Energia Elétrica) e
- iv) programa de conscientização populacional, por meio do PROCEL nas Escolas, os quais têm influenciado decisivamente na expansão de ações energeticamente eficientes.

Como resultado destas ações, observa-se um progressivo crescimento no mercado de produtos energeticamente eficientes, como motores, eletrodomésticos e lâmpadas. (Gazeta Mercantil 21/10/98)

#### **5.4. Resultados esperados com a adoção do Programa de Iluminação Pública Eficiente**

Com a implantação do programa de iluminação pública eficiente espera-se uma queda em 14,36% no consumo de energia para este fim, o que representa o adiamento na construção de uma usina equivalente a 350 MW. Em termos econômicos, isto representa uma economia de energia da ordem de R\$ 50,58

milhões, considerando uma tarifa média de suprimento de R\$ 33/MWh. Somando-se a isto o valor dos investimentos que deixaram de ser feitos, este valor pode chegar a R\$ 531,3 milhões<sup>23</sup>.

Além dos benefícios econômicos, tem-se o ganho ambiental decorrente do adiamento das obras de geração. Para que se tenha idéia do quanto foi poupado de recursos naturais, foram selecionados dois projetos de usinas geradoras deste porte, uma hidrelétrica e outra termelétrica, a fim de que se obtenha parâmetros para o cálculo dos custos ambientais poupados pela adoção do programa de iluminação pública eficiente.

#### A) Usina Hidrelétrica<sup>24</sup>

Para o caso de um projeto hidrelétrico, optou-se pela Usina Hidrelétrica de Corumbá I, situada em Goiás, a cerca de 30 km do município de Caldas Novas, e cuja potência instalada corresponde a 375 MW<sup>25</sup>. Com um investimento total de US\$ 772,6 milhões, as obras desta usina foram iniciadas em 1982, pelas Centrais Elétricas de Goiás (CELG), sendo transferidas para Furnas em 1984. Nesta ocasião, as obras estavam paralisadas e só foram reiniciadas em junho de 1987, quando o nível máximo do reservatório foi limitado à elevação de 595m.

Seguindo a tendência dos projetos recentes, o planejamento de Corumbá levou em consideração os aspectos ambientais desde as primeiras fases de planejamento, garantindo assim, impactos relativamente menores, quando comparados a projetos mais antigos, como é o caso de Balbina, cujos custos ambientais atingiram níveis jamais vistos<sup>26</sup>. Os principais impactos ambientais verificados em Corumbá I e suas respectivas medidas mitigadoras/compensatórias encontram-se abaixo listadas:

---

<sup>23</sup> Investimento evitado (hidrelétrica) – custo do programa + custos evitados com a economia de energia

<sup>24</sup> Informações obtidas em <http://www.furnas.com.br>

<sup>25</sup> A diferença de 7% na potência da usina em relação ao montante de energia poupada não chega a fazer muita diferença, já que os aspectos operacionais e os impactos ambientais observados são similares a uma usina de 350 MW.

<sup>26</sup> Para a geração de 250 MW, foi inundada uma área de 2.346 km<sup>2</sup>, ocupada pelos índios Waimiri-Atari (Santos, 1991)

- Área de Influência

Inundação de 65 km<sup>2</sup> (0,17 km<sup>2</sup>/MW), parâmetro considerado abaixo da média observada pelos empreendimentos deste porte.

- Impactos sobre o meio físico e biótico

a) alteração do regime hídrico provocando atenuação dos picos de cheias/vazantes e aumento do tempo de residência de água no reservatório. Grande parcela da população temia pelas surgências termais existentes, mas os estudos de impacto ambiental não identificaram interferências neste aspecto;

b) remoção da cobertura vegetal e seus impactos diretos sobre a fauna ocorrerão em dois momentos do empreendimento. Na etapa de implantação de infra-estrutura de apoio deverão ser utilizados 323,50 hectares. Neste momento, o impacto decorrente se mostrará de baixa magnitude, considerando as dimensões da área afetada quando comparada com a cobertura vegetal presente na região ao redor de toda a área de influência direta.

c) no que se refere à fauna, as alterações sofridas pelos grupos locais se darão em função das feições vegetais afetadas. Espécies animais de floresta, além dos grupos presentes nas porções marginais e mais dependentes de matas, que atualmente representam densidades populacionais baixas em toda a extensão estudada, terão este quadro agravado se não forem seguidos os programas e as medidas atenuadoras recomendadas.

- Aspectos Sócio-econômicos

a) deslocamento de 150 pessoas, oriundas da zona rural. De acordo com as novas diretrizes que estão sendo estabelecidas pelo Setor Elétrico, vêm sido propostos programas de reassentamento da população dentro de padrões de manutenção da sua estrutura social e a criação de novas condições de geração de renda para a população reassentada e a garantia de sustento até que estas condições estejam estabelecidas;

- b) Aumento da população local devido à construção da usina, com uma demanda por mão-de-obra de 2.200 trabalhadores. A média foi de 1400 trabalhadores no período das obras, sendo hoje de 1000. Foram construídas duas vilas residenciais com duas escolas, onde foram oferecidas vagas para estudantes da rede municipal.

De uma forma geral, vêm sendo desenvolvidos 16 Programas Ambientais com o objetivo de prevenir, minimizar ou compensar os impactos identificados como adversos, assim como potencializar aqueles considerados benéficos. O Parque Estadual da Serra de Caldas Novas vai ser beneficiado com recursos desse convênio. O município também será beneficiado pelo repasse da compensação financeira determinada pela legislação em vigor.

Durante o período de construção, FURNAS vem mantendo contato com a população e governantes dos municípios vizinhos à Usina. Foram distribuídos para a população diversos folhetos explicativos e produzidas fitas de vídeo contendo informações técnicas sobre o empreendimento e os Programas Ambientais. A questão ambiental associada à Usina foi discutida com a comunidade em dois eventos públicos, realizados em novembro de 1995 e julho de 1996.

#### **B) Usina Termelétrica<sup>27</sup>**

O projeto de usina termelétrica escolhido foi da Usina Termelétrica de Candiota III, com previsão de construção para os próximos cinco anos. Com uma capacidade instalada prevista para 350 MW, o projeto prevê um investimento total de US\$ 767,9 milhões, dos quais 12% correspondem a custos ambientais.

A região de Candiota consiste num complexo de produção de carvão energético, onde a produção de eletricidade funciona como a atividade motriz de projetos mineiros. Baseado nas reservas existentes na região (com capacidade de 2,8 milhões de toneladas), a Eletrobras (1993e) estima uma produção de eletricidade de 12,350 MW com módulos de duas unidades. Este projeto será instalado no mesmo local que Candiota II, cuja capacidade é de 446 MW, com suas unidades de 63 MW e duas com 160 MW.

Os principais impactos ambientais previstos para Candiota III são:

---

<sup>27</sup> Informações obtidas no RIMA de Candiota III

- Área total afetada:  
2.916 km<sup>2</sup>, dos quais 576 km<sup>2</sup> sofrem influência direta e o restante, influência indireta;
  
- Impactos sobre o meio físico e biótico:
  - a) Embora o maior problema de poluição enfrentado por usinas térmicas seja a poluição do ar, os estudos realizados para Candiota III concluíram que a qualidade do ar permanece boa em relação aos níveis de dióxido de enxofre e material particulado, apresentando concentrações abaixo do nível máximo permitido pela legislação brasileira.
  
  - b) O EIA concluiu que, devido ao sistema de controle interno da usina, bem como a implementação de base de tratamento de efluentes, o ambiente aquático pode ser afetado. A acidez das águas também afeta a microflora e a microfauna. Estes problemas já ocorreram na região devido ao depósito de rejeitos de carvão e à mineração.
  
  - c) Sobre os vegetais, as concentrações de poluentes do ar produzidas pelo Complexo Candiota são potencialmente perigosas. Na Europa e nos EUA os efeitos sobre os vegetais são atribuídos mais às chuvas ácidas e ao ozônio do que ao dióxido de enxofre<sup>28</sup>. O ozônio não é produzido por termelétricas e as chuvas ácidas deverão ser monitoradas.
  
  - d) Sobre os animais, o impacto ocasionado pela usina de maior efeito é a chuva ácida, principalmente sobre peixes e invertebrados. Os animais terrestres abandonam a região se a poluição for alta. Danos por acidez já ocorrem na região e devem-se à mineração, à drenagem das estoques de carvão e seus rejeitos mal dispostos. O afastamento da fauna da região deve-se mais à ação direta do homem e, a instalação da nova usina após a reforma das já em operação não irá piorar a situação. Em termos de efluentes líquidos a fauna não sofrerá nenhuma influência da nova usina pois ela não os lançará no meio ambiente.

---

<sup>28</sup>Fonte: Manual Global de Ecologia, 1996.

e) a mineração interfere mais na fauna e na flora. Para mitigar estes impactos, o estudo recomenda as seguintes medidas: recuperação de área minada e o tratamento de efluentes líquidos; medidas específicas para manutenção de florestas, implementação de um berçário de plantas nativas, estabelecimento de reservas ecológicas para a fauna ativa, bem como a proibição de queimadas e controle ou proibição da captura de animais na região.

- Impactos sócio-econômicos

a) sobre a saúde humana, as concentrações de poluentes do ar são potencialmente perigosas. As concentrações atualmente existentes representam um perigo à saúde humana. Urge uma iniciativa global para reduzir as atuais emissões de gases e partículas visando melhorar, pelo menos, o conforto e o bem estar da população.

b) Estrutura e produtividade do solo podem ser alterados principalmente pelas chuvas ácidas que lixiviam os micronutrientes e atacam as raízes. A deposição de elementos tóxicos também pode diminuir a produtividade do solo. Como podem ocorrer chuvas ácidas na região, os efeitos acima podem ocorrer, devendo ser executado um monitoramento contínuo.

#### **5.4.1. Custos Ambientais dos Empreendimentos**

O cenário exposto de ambas as usinas dão uma amostra da complexa rede de decisões que envolve a implantação de um projeto de geração de energia, tendo que conciliar interesses diversos e nem sempre convergentes: os objetivos nacionais ou setoriais – a princípio, o suprimento de energia elétrica ao menor custo possível – e interesses regionais ou locais – genericamente, o aumento da qualidade de vida da população local.

A existência de um equilíbrio entre estas partes só é possível com uma estratégia que leve em conta a inserção regional dos empreendimentos e os custos sócio-ambientais envolvidos no processo decisório, que é a sistemática recentemente



adotada pelo Setor Elétrico Brasileiro. Para cada um dos projetos, os custos envolvidos encontram-se representados no Quadro 5.3.

**Quadro 5.3 – Custos Decorrentes da implantação de Corumbá I e Candiota III (US\$ 1.000)**

<b>CUSTOS PREVISTOS</b>	<b>Corumbá I</b>	<b>Candiota III</b>
<b>Custos Totais (a)</b>	772.612,5	767.900
<b>Custos Ambientais orçados (custos de Controle) (b)</b>	20.281	92.148
<b>Participação % custos totais</b>	2,62	12%

Fonte: (a) Eletrobrás, 1994 (b) PDMA

Os custos ambientais previstos encontram-se distribuídos entre custos de controle, mitigação, compensação, monitoramento e custos institucionais incorridos durante a implantação/operação do empreendimento. Os dados apresentados mostram uma participação reduzida dos custos ambientais em relação aos investimentos totais realizados para os projetos, particularmente para o caso do empreendimento hidrelétrico em análise. Este resultado já era previsto considerando que os custos ambientais nem sempre são devidamente evidenciados nas estatísticas do SEB, apresentando discrepâncias entre os custos que de fato ocorreram e os que foram orçados. Neste sentido, foram necessários ajustes nos custos ambientais previstos a fim de torná-los mais compatíveis com a realidade.

Conforme já discutido no capítulo 4, os parâmetros adotados para correção dos custos ambientais de projetos hidrelétricos foram os percentuais estabelecidos pela Eletrobrás (5% dos custos totais adicionados aos custos ambientais previstos). Embora este ajuste garanta uma melhor aproximação dos custos ambientais, o valor obtido ainda é um parâmetro subestimado, uma vez que só estão sendo considerados os impactos para os quais existem medidas de mitigação, compensatórias ou de controle a elas associadas, sem considerar aqueles custos para os quais não há medidas previstas.

Uma aproximação mais precisa dos custos ambientais pode ser feita inserindo os custos com danos, que indica os impactos percebidos pela população devido a implantação de usinas de geração. Em termos práticos, o custos com dano verificam o quanto a população está disposta a pagar para evitar impactos ambientais.

Para os projetos hidrelétricos, a pesquisa de Furtado (1996), da qual foram extraídos os parâmetros utilizados neste trabalho, indica que os impactos ambientais

apontados como mais relevantes (e que os consumidores estariam mais dispostos a pagar para evitar) são, nesta ordem de prioridade: perdas na fauna e flora, disseminação de doenças; deterioração da qualidade da água; interferência nas áreas indígenas e reassentamentos involuntários das populações, apresentando uma participação relativamente pequena, questões como a preservação de parques arqueológicos e questões de ordem estética.

No caso de projetos termelétricos, onde os custos com danos foram significativamente mais elevados, os problemas apontados como mais relevantes foram: problemas de saúde, contaminação dos fluxos de água e águas subterrâneas, danos para a fauna e a flora, contribuições para a chuva ácida e efeitos sobre o aquecimento global.

Com a inserção dos custos com danos e o ajuste dos custos ambientais previstos, observa-se um acréscimo considerável na participação dos custos ambientais no total de investimentos previstos para os empreendimentos.

Assim, tomado os parâmetros obtidos por Furtado (op. cit), os custos com danos foram estimados para cada um dos projetos (projeto hidrelétrico: US\$ 7,9/MWh e projeto termelétrico: US\$ 27,00/MWh), como mostra o **Quadro 5.4**.

**Quadro 5.4 – Custos Ambientais derivados da implantação de Corumbá I e Candiota III (US\$ 1.000)**

<b>Custos Previstos</b>	<b>Corumbá I</b>	<b>Candiota III</b>
<b>Custos Totais (a)</b>	772.612,5	767.900
<b>Custos de Controle (b)</b>	20.281	92.148
<b>Custos Ambientais Adicionais (c)</b>	38.630,6	-
<b>Custos com Danos</b>	12.975,7	41.850,9
<b>Custos Ambientais Totais</b>	71.887,3	133.998,9
<b>Participação % nos custos totais</b>	9,30	17,45

Fonte: (a) Eletrobrás, 1994 (b) PDMA (c) 5% dos custos totais

Implícitos nos custos com danos estão critérios subjetivos, como perdas culturais, problemas de saúde, questões estéticas e de bem-estar, além dos critérios tradicionalmente mensurados. Como o método de cálculo é o de avaliação de contingência, o qual engloba o ponto de vista da sociedade, este tipo de custo pode ser encarado como um complemento aos custos relativos às medidas de prevenção e mitigação dos impactos ambientais.

Com isto, a avaliação de custos ambientais procedida neste trabalho estabelece uma medida do quanto custa para o SEB os impactos ambientais gerados

por uma usina de 350 MW, seja termelétrica ou hidrelétrica, assim como o quanto estes impactos representam para a sociedade.

#### **5.4.2. Benefícios ambientais decorrentes do programa de iluminação pública eficiente**

A adoção do programa de iluminação pública eficiente possibilita o adiamento por cerca de cinco anos à construção de uma usina geradora de 350 MW. Com a energia poupada pelo programa, pode-se adiar a construção de uma nova usina, destinada a abastecer, por exemplo as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul de eletricidade para os serviços de iluminação pública, que deverão demandar uma quantidade adicional de 308 MW em 2003 e 339 MW em 2008.

##### **a) Adiamento dos Custos Ambientais**

A suspensão das obras de geração traz, a princípio, o adiamento de aproximadamente US\$ 71,8 milhões em custos ambientais, considerando a construção de uma usina hidrelétrica para atender a esta demanda adicional de energia. Se a opção recaísse sobre uma usina termelétrica a carvão, estes custos seriam de US\$ 133,9 milhões. Esta é a parcela mais facilmente visualizada dos benefícios ambientais pela adoção do programa por ser passível de valoração monetária.

##### **b) Possibilidades de redução nos custos ambientais**

A dilatação no prazo de implantação de uma nova usina geradora traz benefícios adicionais em função do que se pode fazer durante este tempo no sentido de intensificar os estudos e buscar novas alternativas para reduzir e/ou aliviar os impactos ambientais decorrentes do empreendimento.

Durante os cinco anos de adiamento é possível, por exemplo, intensificar as negociações junto à população afetada pelos empreendimentos, aumentando a participação popular nas decisões, o que reduz consideravelmente a incidência de futuros processos de indenizações. No caso de empreendimentos hidrelétricos, onde

há a necessidade de deslocamento de famílias para a formação do reservatório, o processo de negociação com a comunidade é ponto-chave na redução dos custos ambientais. A experiência brasileira tem vários exemplos de empreendimentos hidrelétricos cujos custos, tanto para a população<sup>29</sup> quanto para as concessionárias, atingiram níveis altíssimos por não ter havido um planejamento prévio das condições de realocação da comunidade afetada. Usinas como Samuel, Balbina e Tucuruí são exemplos desta situação, onde a preocupação efetiva com a população afetada só aconteceu quando as obras de engenharia estavam avançadas ou praticamente concluídas e as famílias afetadas tiveram que ser alocadas em condições insatisfatórias.

A dilatação do prazo de construção permite ainda um melhor aproveitamento dos recursos naturais, como madeiras nobres, podendo ser devidamente consideradas medidas como a construção de parques ecológicos, berçários de espécies em extinção, entre outras. Além disso, permite a realização de estudos mais intensivos para o aproveitamento da fauna e flora, o que garante uma menor exploração dos recursos naturais.

### **c) Redução na emissão de gases poluentes**

Entre os benefícios ambientais de longo prazo, pode-se considerar a redução de emissões gases poluentes, entre eles, o dióxido de carbono, pelo adiamento da construção e operação da usina, que para uma potência instalada de 350 MW, é de 1.477.812 toneladas métricas por ano, para termelétrica e 4.752 toneladas métricas por ano, para hidrelétrica<sup>30</sup>.

Embora não se disponha de mecanismos que garantam uma adequada medição destas emissões, sabe-se de antemão que a conservação de energia, *ceteris paribus*, reduzirá, a emissão dos mesmos na mesma proporção que reduzir a demanda de energia primária.

---

<sup>29</sup> Por não ter sido feito um estudo mais aprofundado sobre as condições de vida e especificidades da população afetada, muito se perdeu em termos de organização social, cultural e até religiosa da população ribeirinha, que teve suas condições de vida e habitação profundamente alterada com a implantação do empreendimento.

<sup>30</sup> <http://www.millennium-debate.org/energyfactor.htm>

#### **d) Difusão das idéias de conservação de energia**

Como o programa de iluminação pública eficiente prevê ações de marketing e educação ambiental, a longo prazo estas ações trarão um benefício ambiental considerável, por incutir mais efetivamente as idéias de conservação e a conscientização da população, o que reduz algumas das barreiras atualmente enfrentadas pelo SEB na implementação de programas de conservação de energia elétrica.

### **5.5. Considerações Finais**

O presente capítulo teve como objetivo a aplicação da metodologia proposta para o cálculo dos benefícios ambientais de PCEELs, tendo sido escolhido para a aplicação, o programa de iluminação pública eficiente, que tem mostrado bons resultados.

Inicialmente foi procedida uma breve contextualização, discutindo as principais características do segmento de iluminação pública e do programa de iluminação eficiente do PROCEL, para, em seguida, proceder a aplicação da metodologia.

O processo de aplicação propriamente dito, iniciou-se com a descrição dos dois projetos de geração escolhidos como cenário de análise: a hidrelétrica Corumbá I e a termelétrica Candiota III, para em seguida, serem calculados os custos ambientais evitados.

A adoção do programa de iluminação pública eficiente permite um adiamento, em cerca de cinco anos, na construção de uma nova usina de 350 MW, o que implica o adiamento de 71,8 milhões em custos ambientais, se fosse construída uma hidrelétrica do porte de Corumbá I ou US\$ 133,9 milhões para o caso de uma termelétrica do porte de Candiota II. Estes custos correspondem a 9% e 17,5% dos custos totais de cada projeto, respectivamente. Além destes, foram discutidos os benefícios ambientais decorrentes da redução de dióxido de carbono emitido, uma das grandes preocupações de ambientalistas de todo mundo.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

*“ Os problemas ambientais, por encerrarem uma ameaça à sobrevivência humana, precisam ter uma dimensão política e por consequência a fazerem parte do exercício da cidadania...”*

(Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1994)

O presente trabalho discutiu os benefícios ambientais decorrentes dos programas de conservação de energia elétrica (PCEELs) a partir de três aspectos básicos: i) da análise da interação existente entre conservação de energia e a conservação ambiental; ii) da proposição de um modelo de avaliação dos programas, que ressalta, dentro dos resultados gerais das práticas de conservação de energia elétrica, os aspectos ambientais; e por fim, iii) da aplicação do modelo proposto no programa de iluminação pública eficiente do PROCEL. Com a abordagem destas questões, foram atingidos os objetivos geral e específicos inicialmente estabelecidos para esta pesquisa.

Entre os resultados obtidos durante a pesquisa cabe destacar os seguintes aspectos:

- A produção de energia elétrica é uma atividade que exige muito da natureza: extraindo recursos naturais para produzi-la, alterando o espaço existente para dar

lugar às obras necessárias ao fornecimento de energia e lançando resíduos poluentes durante o processo geração. Neste sentido, a adoção de PCEELs configura-se como importante coadjuvante das políticas ambientais, por possibilitar a redução na exploração de recursos naturais, na medida em que promove a racionalização do uso da energia e o combate ao desperdício. Os PCEELs permitem ainda o adiamento de novas obras de geração e transmissão de energia elétrica, o que implica uma redução global na exploração dos recursos naturais, pois embora as obras de geração e transmissão sejam feitas no futuro, muitos impactos têm seus efeitos reduzidos pelo prazo de adiamento, tais como a emissão de gases poluentes, a adaptação da população local às transformações trazidas pelo empreendimento, entre outras.

- Avaliar os benefícios ambientais derivados dos PCEELs é uma tarefa complexa, pois envolve questões muito abrangentes, incluindo aspectos físicos, bióticos, sócio-econômicos e culturais, muitos dos quais não são mensuráveis. Assim, o procedimento mais indicado para evidenciá-los é a avaliação indireta, medindo-os a partir dos custos ambientais que deixaram de acontecer por ter sido adiada a construção de uma nova usina. Neste sentido, duas formas de custos devem ser considerados: os custos ambientais incorridos pela concessionária (custos de controle) e pela sociedade (custos de danos).
- A Economia do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais mostrou-se ser, entre as correntes que tratam de valoração de recursos naturais, a mais aplicável à avaliação dos benefícios ambientais dos PCEELs, por dispor de técnicas que permitem a atribuição de valor aos bens e serviços ambientais, considerando os seus aspectos mais subjetivos, como perdas culturais, problemas de saúde, questões estéticas e de bem-estar. Entre estas técnicas, destaca-se a de avaliação de contingente, cuja aplicação é indicada para o cálculo dos custos com danos.
- As políticas de conservação de energia elétrica têm no Brasil, um terreno fértil para sua aplicação por uma conjunção de fatores de ordem técnica, econômica e ambiental:

- a) sob o ponto de vista *técnico*, há um amplo potencial de conservação devido aos níveis de desperdício existentes, tanto na produção como no consumo de energia;
  - b) em termos *econômicos*, os programas representam uma saída para o impasse atualmente enfrentado pelo setor: atender a um mercado de eletricidade crescente sob forte restrição financeira;
  - c) no que diz respeito aos aspectos *ambientais*, a adoção dos programas permite um prazo maior para elaboração de estudos sobre os impactos ambientais dos empreendimentos a serem construídos no futuro, evitando que se repitam casos de extrema desatenção com o meio ambiente que ocorreram no passado, principalmente no que diz respeito ao deslocamento de famílias para construção de reservatórios e à ocupação de grandes áreas florestais.
- As ações do Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – PROCEL compõem a política brasileira de conservação de energia elétrica e compreendem projetos com enfoque na oferta de energia e no consumidor final: os programas voltados para o lado da oferta dizem respeito ao desenvolvimento tecnológico e projetos de melhorias tecnológicas. Já os programas voltados para o consumidor final estão voltados para projetos educacionais; efficientização de prédios públicos; troca de aparelhos ineficientes; programas de gerenciamento pelo lado da demanda, entre outros.
  - Os resultados da adoção de medidas de conservação de energia têm sido promissores: entre 1986 e 97 foram economizados 4.885 GWh/ano de energia, o que significou uma redução na demanda de ponta de 1522 MW e um investimento evitado de R\$ 2,27 bilhões. Por outro lado, algumas barreiras persistem, entre as quais destacam-se:
    - a) *barreiras tecnológicas*, pela dificuldade em se obterem as tecnologias de maior eficiência energética;
    - b) *barreira de financiamento*, pelas dificuldades em se obter recursos para investimento em eficiência energética.



- c) *barreiras culturais*, derivadas da cultura do desperdício inculcada na sociedade brasileira e da insensibilidade da população que não quer abrir mão do conforto de dispor de energia em prol de ações de conservação.
- Grande parte dos problemas enfrentados atualmente pelas políticas ambientais podem ser eliminados ou sensivelmente reduzidos com a conscientização da sociedade quanto à importância das políticas de conservação para se alcançar um crescimento sustentável e uma maior qualidade de vida. Garantindo-se a aceitação e o engajamento dos agentes sociais na defesa dos PCEELs torna mais fácil cobrar de autoridades e governantes medidas que facilitem a adoção de tecnologia eficientes; linhas de financiamento para projetos de conservação. Neste sentido, o engajamento popular nos PCEELs reveste-se de um instrumento de exercício da cidadania, na medida em que dá ao cidadão, mecanismos para intervir na utilização dos recursos naturais.

### **Resultados da Avaliação do Programa de Iluminação Pública Eficiente do PROCEL**

Para o Setor Elétrico Brasileiro, alvo de críticas e pressões populares em virtude dos impactos ambientais de seus empreendimentos, os programas de conservação de energia elétrica são a possibilidade de um novo posicionamento frente os valores sociais vigentes. O Programa de Iluminação Pública Eficiente do PROCEL, neste sentido, é um bom exemplo de como as políticas de conservação de energia elétrica podem trazer benefícios ao meio ambiente, como pode-se observar pelos resultados obtidos:

- Com uma meta de substituição de 3 milhões de pontos de luz e adoção de medidas de marketing e apoio técnico às concessionárias, o programa prevê uma redução no consumo de energia de 1.533 GWh, ou uma potência instalada de 350 MW. Atingida esta meta, é possível adiar, por cerca de cinco anos, a construção de uma usina hidrelétrica do porte de Corumbá I ou uma termelétrica do porte de Candiota III.

- Tomando como cenário de referência os custos de Corumbá I e Candiota III, observa-se que é possível uma economia de custos ambientais em torno de US\$ 71 milhões, se considerada a possibilidade de construção de uma hidrelétrica e de US\$ 134 milhões, se considerada a possibilidade de construção de uma usina termelétrica. Considerando que este valor é uma medida aproximada dos recursos naturais, pode-se dizer que durante os cinco anos de adiamento das obras, este foi o montante de recursos ambientais poupados. Os dados do **Quadro 6.1** resumem os principais resultados obtidos com a aplicação do modelo.

**Quadro 6.1 - Benefícios Ambientais com a adoção do Programa de Iluminação Pública Eficiente do PROCEL (US\$ 1.000)**

	Usina Hidrelétrica	Usina Termelétrica
<b>Custos Totais Evitados(a)</b>	772.612,5	767.900
<b>Custos de Controle Evitados(b)</b>	58.911,62	92.148
<b>Custos com Danos Evitados</b>	12.975,7	41.850,9
<b>Custos Ambientais Totais Evitados</b>	71.887,3	133.998,9
<b>Participação % nos custos totais</b>	9,30	17,45

Fonte: (a) Eletrobrás, 1994 (b) PDMA

- Além dos custos ambientais adiados, durante os cinco anos de adiamento da construção de uma nova usina é possível obter uma efetiva redução nos custos ambientais, buscando-se novas alternativas para reduzir e/ou aliviar os impactos previstos para os empreendimentos. Entre as ações que contribuem para que os impactos ambientais sejam reduzidos, destacam-se:
  - a) Intensificação das negociações junto à população afetada pelo empreendimento, o que reduz a incidência de futuros processos de indenizações;
  - b) melhor aproveitamento dos recursos naturais, podendo ser consideradas medidas como a construção de parques ecológicos, berçários de espécies em extinção, entre outras.
  - c) Redução na emissão de gases poluentes
  - d) Difusão das idéias de conservação de energia elétrica, uma vez que o programa prevê ações de marketing e educação ambiental, o que contribui

para a conscientização da população sobre a importância de se adotar as políticas de conservação.

- Os valores apresentados representam uma estimativa dos benefícios ambientais derivados dos PCEELs, estando longe de ser um valor definitivo, dadas as limitações na estimativa dos parâmetros, discutidas no Capítulo 4. Por outro lado, reveste-se de importância por ser um parâmetro de avaliação que engloba o ponto de vista setorial e da sociedade na estimativa dos aspectos ambientais.

Desta forma, pode-se dizer que nisto consiste a máxima dos programas de conservação de energia elétrica, a qual pode ser aplicada ao programa de iluminação pública eficiente: lucrar por não ter perdas com a poluição e o desperdício e lucrar por não gastar com a despoluição e a descontaminação, preservando a qualidade de vida e os recursos naturais da melhor forma possível, dentro de critérios sustentáveis.

### **Contribuições desta Dissertação**

A principal contribuição deste trabalho é destacar os benefícios ambientais derivados dos PCEELs. Com isto, torna-se patente as vantagens para a sociedade da adoção das políticas de conservação e sua importância como instrumento de exercício da cidadania e gestão ambiental.

### **Limitações e Recomendações para futuros trabalhos**

A análise dos benefícios ambientais derivados dos PCEELs, procedida neste trabalho apresenta algumas limitações, as quais carecem de uma análise mais focalizada. A primeira destas limitações diz respeito ao fato de só serem considerados os custos evitados com a etapa de geração de energia, sem considerar investimentos adicionais em linhas de transmissão e distribuição, o que, certamente irá aumentar os custos ambientais evitados. Em segundo lugar, não foram

confrontados os custos ambientais evitados pelo adiamento da construção da usina com os benefícios ambientais que deixaram de ocorrer também pelo adiamento da obra, o que daria um resultado líquido dos benefícios ambientais derivados dos PCEELs.

No campo teórico, uma sugestão de pesquisa estaria associada a uma abordagem de cálculo dos custos com danos utilizando-se métodos alternativos ao da avaliação de contingente, como por exemplo, a técnica de custo de viagem ou de produção sacrificada, a fim de que se tenha uma avaliação sob ângulos diferenciados. Além disso, seria relevante que fosse observado o comportamento dos custos ambientais considerando outras alternativas tecnológicas de geração de energia, para que se possa compará-las entre si, observando as mais onerosas em termos ambientais.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, Manuel Correia. *O Desafio Ecológico: utopia e realidade*. São Paulo: Hucitec, 1994.
- ANEEL. *Eficiência energética: integrando usos e reduzindo desperdícios*. Brasília, Aneel, 1999.
- ANEEL – Homepage: <http://www.aneel.gov.br>
- BELLIA, Vítor. *Introdução à Economia do Meio Ambiente*. Brasília: IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), 1996.
- BENAKOUCHE, Rabah & SANTA CRUZ, René. *Avaliação Monetária do Meio Ambiente*, São Paulo, Makron Books, 1994.
- BITTENCOURT, Eliana. *Pesquisa Consenso: uma proposta de definição participativa dos valores ambientais para o setor de transportes*. Dissertação de Mestrado. UFSC, 1998.
- BORENSTEIN, Carlos Raul & CAMARGO, C. Celso. *O Setor Elétrico no Brasil: dos desafios do passado às alternativas do futuro*. 1ª ed. Porto Alegre. Sagra Luzzatto, 1997.
- CEEE (COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA – RS). *Relatório de Impacto Ambiental*, Superintendência de Geração, Departamento de Hidrologia e Estudos Especiais, Porto Alegre, 1989
- COMASE (comitê Coordenador das Atividades do Meio Ambiente do Setor Elétrico) *Informativo COMASE – Ano III nº 1 – Janeiro/94*.
- COMASE. *Considerações para a análise de Custos e Benefícios Sócio-Ambientais do Setor Elétrico*. GTCA. Agosto, Rio de Janeiro, 1993.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Nosso Futuro em Comum* 2 ed. Rio de Janeiro: Ed FGV, 1994.
- CORREA, Alexandra Maria Gutiérrez. *Conservação de energia em Campi Universitários: estudo de caso do Departamento de Eng. Química da UFSC*. Florianópolis. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, UFSC. 1998
- EFFICIENTTIA'98 – *Seminário Internacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica*. Eletrobras/Procel, 1998.
- EIA – ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – Homepage: <http://www.eia.doe.gov>

- ELETROBRÁS, *Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico* – 1991/1993. Brasília, 1991
- ELETROBRÁS, *Plano 2015 – Projeto 7: A Questão Ambiental e o Setor Elétrico. As Opções de Suprimento de Energia Elétrica e Suas Implicações Sócio-Amebientais: Fontes/Tecnologias Convencionais de Geração*, Rio de Janeiro, mimeo, 1993
- ELETROBRÁS. *Plano 2015 – Projeto 12: Perspectiva de Mercado e Expansão do Setor Elétrico Brasileiro*, Rio de Janeiro, mimeo, 1992.
- ELETROBRÁS. *Manual de Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos*. Rio de Janeiro, mimeo, 1992.
- ELETROBRÁS. *Plano de Expansão do Setor Elétrico 1999/2008*, Rio de Janeiro, 1999.
- ELETROBRÁS. *Plano 2015: Volume I – Relatório Executivo: síntese Plano Nacional de Energia Elétrica: 1993-2015*, Rio de Janeiro, 1994.
- ELETROSUL. *Reflexos Econômicos da Instalação de um Despoluidor na UTE de Jacuí*. Florianópolis: BMPE, 1993
- FEEMA. *Vocabulário Básico do Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1990.
- FURNAS – Homepage: <http://www.furnas.com.br>
- FURTADO, Ricardo Cavalcanti. *The Incorporation of Environmental Costs into Power System Planing in Brazil*. Tese. Centre for Environmental Technology Imperial College of Science, Technology and Medicine. Londres, 1996.
- HIRST, E. et al. Creating the Future: Integrated Resource Planning for Electric Utilities, *Annual review of Energy* v.16, 1991: 91-121.
- INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – Homepage: <http://www.ax.apc.org/~inee>
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – Homepage: <http://www.iea.org>
- IPEA- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Meio Ambiente: aspectos técnicos e econômicos*. Sérgio Marlus editor. Rio de Janeiro, 1990.
- JANNUZZI, Gilberto de Martino & SWISHER, Joel N. P. *Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis*. Campinas, SP: Autores Associados, 1997
- LEWIS, Flora. *In Manual Global de Ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente*. São Paulo: Augustus, 1996

- LANDIM, Paulo M. Barbosa. *Recursos naturais não renováveis e desenvolvimento sustentável*. In Indicadores Ambientais coord. Nilson Borlina Maia et al. Marlos. Sorocabas: s.n., 1997.
- LEIPERT, Christian. Custos Ecológicos do Impacto da Economia e Cálculo Geral da Economia Nacional. In AB' SABAER, Aziz. *Previsão de Impactos: O Estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha* São Paulo. Ed USP, 1994: 379-389
- LIBANORI, Aurélio. *Incentivos Econômicos para controlar a poluição ambiental*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, v. 5 n.1, 1991.
- MARQUES & COMUNE. In ROMEIRO, Ademar Ribeiro et al. *Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais*. Campinas, SP. UNICAMP, 1997.
- MARX, Karl. *O Capital: crítica da economia política*. Rio de Janeiro: Zahar, 1996.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – Homepage: <http://www.mma.gov.br>
- OLIVEIRA JR, Alcides Casado. A redução dos impactos ambientais causados pela geração de eletricidade devido à conservação de eletricidade. *Anais do VI Congresso Brasileiro de Energia e I Seminário Latino Americano de Energia*. Rio de Janeiro, 1993.
- PEARCE, David. *Economia Ambiental*. México, Fondo de Cultura Económica, 1985.
- PLAUTUS FILHO, S. André et al. Idéia Luminosa: incentivo à iluminação eficiente em residências. *Eletricidade Moderna*. N. 257: 28-35, agosto/95
- PIMENTEL. A Incorporação da Dimensão Ambiental no Plano de Longo Prazo do Setor Elétrico Brasileiro – Aspectos Estratégicos. *Revista de Administração Pública*, vol 25(4): 43-52 out-dez/91
- PROCEL – Homepage: <http://www.eletronbras.gov.br/procel>
- ROMEIRO, Ademar Ribeiro et al (org). *Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais*. Campinas, SP. Instituto de Economia – UNICAMP, 1997
- ROTSTEIN, Jaime. *Brasil – século XXI: recursos energéticos*. Rio de Janeiro, Espaço e Tempo, 1996.
- ROSA, L.P. Hidrelétricas e Meio ambiente na amazônia – Análise Crítica do Plano 2010, *Revista Brasileira de Energia*, vol 1 (1), 7-24.

- SACHS, Ignacy. *In Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais*. Campinas, SP. Instituto de Economia – UNICAMP, 1997
- SANTOS, Sílvio Coelho. *Políticas de Meio Ambiente e Aproveitamento do Potencial Hidrelétrico Brasileiro*. Cadernos do Plano 2015. vol 2. Eletrobrás, 1991. (palestra proferida durante Seminários Temáticos)
- SIGAUD, Lygia. *Efeitos sociais de grandes projetos hidrelétricos: as barragens de Sobradinho e Machadinho*. In Impactos ambientais de grandes projetos hidrelétricos e nucleares. São Paulo: Ed Marco Zero, 1988.
- TEIXEIRA, Maria Gracinda. *Análise dos Relatórios de Impactos ambientais de Grandes Hidrelétricas no Brasil*. In Previsão de Impactos Ambientais no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. São Paulo: Ed da Universidade de São Paulo, 1994:164-186pp
- THEIS, Ivo. *Limites Energéticos do Desenvolvimento*. Blumenau, Ed Furbes, 1996.
- TITENBERG, T.H. Economic instruments for environmental regulation. *Review of Economic Policy*. v. 6 n.1: 16-31. Mar 1990.
- VALENÇA, Waleska. *Impactos Sócio-Econômicos da Usina Hidrelétrica de Tucuruí*. In VI Congresso Brasileiro de Energia e I Seminário Latino Americano de Energia, 1995.
- VINHAES, Élia. *A Reestruturação da Indústria de energia Elétrica Brasileira: uma avaliação da possibilidade de competição através da Teoria de Mercados Contestáveis*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Depto de Economia, 1999.
- YAMACHITA, Roberto Akira et al. Reciclagem de Lâmpadas visando a preservação do Meio Ambiente. *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Energia*. Rio de Janeiro, 1999.37-43 pp
- REDE GLOBO – Homepage: <http://www.globo.com> (06/05/2000)



## ANEXO 1 – IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE<sup>30</sup>

**Quadro 1.A – Impactos Ambientais de Plantas Hidrelétricas – Meio Físico**

Fator Ambiental	Impacto	Momento de Ocorrência	Medida de Mitigação, projetos e programas
<b>Recursos Hídricos</b>	Alteração do regime hídrico provocando atenuação dos picos de cheias/vazantes e aumento do tempo de residência de água no reservatório	C/O	Monitoramento hidrossedimentométrico da bacia  Adequação de regras operacionais da usina
	Alteração da descarga a jusante em função do período do enchimento e/ou de desvio permanente do rio	C/O	Monitoramento do uso do solo Mecanismos que garantam a descarga mínima (sanitária e ecológica) do rio
	Assoreamento do reservatório e erosão das encostas a jusante e a montante	C/O	Monitoramento hidrossedimentométrico  Monitoramento do uso do solo e da cobertura vegetal  Contenção de encostas: plantação de mata ciliar, contenção de taludes  Gestão junto aos municípios, estados, proprietários e/ou ocupantes das terras e órgãos ambientais quanto ao uso do solo na bacia de contribuição do reservatório Compatibilização dos usos da bacia
	Interferência nos usos múltiplos do recursos hídrico: navegação, irrigação, abastecimento, controle de cheias, lazer, turismo etc	C/O	Adequação de regras operacionais da usina  Mecanismos que garantam a descarga mínima (sanitária e ecológica) do rio
	Elevação do lençol freático	C/O	Monitoramento do nível do lençol freático
<b>Clima</b>	Interferência no clima local	C/O	Monitoramento climatológico
<b>Sismicidade</b>	Indução de sismos	C/O	Monitoramento sismológico
<b>Solos e Recursos minerais</b>	Interferência na atividade mineral	C	Exploração acelerada das jazidas existentes e dos recursos minerais potenciais na área do reservatório Identificação de jazidas alternativas  Indenização das jazidas  Desenvolvimento de técnicas para exploração futura de lavras subaquáticas
	Perda do potencial mineral		
	Erosão das margens	C/O	Monitoramento da erosão, do transporte e da deposição dos sedimentos  Estabilização das margens (plantação de mata ciliar, contenção de taludes etc)
	Degradação de áreas pela exploração de material de construção e pelas obras civis temporárias	C/O	Reintegração do canteiro de obras e recuperação de áreas degradadas
	Interferência no uso do solo	C	Intensificação de exploração agrícola e de extrativismo vegetal na área do reservatório

<sup>30</sup> COMASE, 1994

			Zoneamento, monitoramento e controle do uso do solo
<b>Qualidade da água</b>	Alteração do ambiente de lótico para lântico	C/O	Monitoramento da qualidade da água
	Alteração da estrutura físico-química e biológica do ambiente		Modelagem matemática para apoio à tomada de decisão
			Limpeza da área do reservatório
			Controle da proliferação de algas, macrófitas aquáticas e outros organismos
			Alternativas de abastecimento de água para as populações afetadas
			Compatibilização do material/equipamento da usina com a qualidade da água prevista para o reservatório
			Implantação de dispositivos para controle da qualidade da água (regras operacionais, sistema de aeração, altura da tomada d' água etc)
			Monitoramento e controle de criadouros de vetores de doenças e de agentes etiológicos
			Gestão junto estados, municípios e aos órgãos de controle ambiental quanto à qualidade dos efluentes industriais e domésticos lançados na bacia de contribuição do reservatório
			Repasse e divulgação dos estudos referentes à qualidade da água

OBS: Momento de ocorrência: P= planejamento, C= construção e O=operação

Fonte: GT Custos Ambientais – Comase, 1994

**Quadro 1.B – Impactos Ambientais de Plantas Hidrelétricas – Meio Biótico**

<b>Fator Ambiental</b>	<b>Impacto</b>	<b>Momento de Ocorrência</b>	<b>Medida de Mitigação, projetos e programas</b>
<b>Vegetação</b>	Inundação da vegetação com perda de patrimônio vegetal	C/O	Criação e/ou complementação de banco de gemoplasma
	Redução do número de indivíduos com perda de material genético e comprometimento da flora ameaçada de extinção		Criação e/ou consolidação de unidade de conservação
	Interferência no potencial madeireiro		Implantação de arboreto florestal/viveiro de mudas
	Perda de habitats naturais e da disponibilidade alimentar para a fauna		Recomposição vegetal de áreas ciliares e outras
	Interferência em unidades de conservação		Mecanismos que minimizem os efeitos de elevação do lençol freático e outros fenômenos (construção de barreiras, drenagem, bombeamento etc)
	Aumento da pressão sobre os remanescentes de vegetação adjacentes ao reservatório		Estímulo aos proprietários para manutenção dos remanescentes de vegetação
	Aumento da pressão sobre os remanescentes de vegetação adjacentes ao reservatório, em decorrência da elevação do lençol freático ou de outros fenômenos		Aproveitamento científico e cultural da flora Exploração da madeira de interesse comercial, na área do reservatório Gestão junto aos órgãos competentes Repasse e divulgação dos estudos referentes a vegetação
<b>Fauna aquática</b>	Interferência na composição qualitativa e quantitativa da fauna aquática com perda de material genético e comprometimento da fauna ameaçada de extinção	C/O	Monitoramento e manejo da fauna aquática
	Interferência na reprodução das espécies (interrupção da migração, supressão de sítios reprodutivos)		Implantação de estação de aquicultura para cultivo e repovoamento
	Interferência nas condições necessárias à sobrevivência da fauna		Implantação de mecanismos de transposição das populações e outros mecanismos para o cultivo e repovoamento
			Implantação de medidas de proteção aos sítios reprodutivos (bacias tributárias)
			Implantação de centro de proteção à fauna
			Resgate da fauna aquática
			Aproveitamento científico e cultural da fauna Gestão junto aos órgãos competentes
<b>Fauna terrestre e alada</b>	Interferência na composição qualitativa e quantitativa da fauna terrestre e alada com perda de material genético e comprometimento da fauna ameaçada de extinção	C/O	Criação e/ou consolidação de unidades de conservação
			Resgate da fauna
	Migração provocada pela inundação com		Criação e reintrodução da fauna

adensamento populacional em áreas sem capacidade de suporte

Aumento da pressão sobre a fauna remanescente por meio da fauna predatória

Monitoramento e manejo da fauna

Implantação de centro de proteção à fauna

Fiscalização à caça predatória

Aproveitamento científico e cultural da fauna

Gestão junto aos órgãos competentes

Repasse e divulgação dos estudos referentes à fauna terrestre e alada

---

OBS: Momento de ocorrência: P= planejamento, C= construção e O=operação

### Quadro 1.C – Impactos Ambientais de Plantas Hidrelétricas – Meio Sócio-Econômico e Cultural

Fator Ambiental	Impacto	Momento de Ocorrência	Medida de Mitigação, projetos e programas
A S P E C T O S	<b>Aspectos Urbanos</b>	Inundação/interferência em cidades, vilas, distritos etc (moradias, benfeitorias, equipamentos sociais e estabelecimentos comerciais, industriais etc)	P/C/O Comunicação e negociação com a população afetada  Recolocação de cidades, vilas e distritos
		Mudança compulsória da população	Remanejamento da população (reassentamento, recolocação e indenização)
		Interferência na organização físico-territorial	Articulação institucional
		Interferência na organização sócio-cultural e política	Reativação da economia afetada
		Interferência na organização econômica	Análise e acompanhamento do fluxo migratório
		Intensificação do fluxo populacional (imigração e emigração)	Articulação municipal visando a um crescimento ordenado
		Alteração demográfica dos núcleos populacionais próximos à obra	Redimensionamento dos equipamentos e serviços sociais
P O P U L A C I O N A I S	<b>Aspectos Rurais</b>	Inundação/interferência em terras, benfeitorias, equipamentos e núcleos rurais	P/C/O Comunicação e negociação com a populacional afetada  Remanejamento da população atingida (reassentamento, relocação e indenização)
		Mudança compulsória da população	Recolocação de núcleos rurais e da infra-estrutura econômica e social isolada
		Interferência na organização sócio-cultural e política	Reorganização das propriedades remanescentes
		Interferência na organização sócio-cultural e política	Reativação da economia afetada
		Interferência nas atividades econômicas	Incentivo às atividades econômicas e implantação de equipamentos sociais dos projetos de reassentamento (educação, saúde, saneamento, assistência técnica etc)
		Intensificação do fluxo populacional (imigração e emigração)	Análise e acompanhamento do fluxo populacional
		Alteração da demanda habitacional	Redimensionamento da estrutura habitacional  Reintegração de vilas e residências  Gestões junto aos órgãos competentes
Habituação	Alteração da demanda educacional	C/O	Redimensionamento da infra-estrutura
Educação	Alteração da demanda educacional	C/O	Redimensionamento da infra-estrutura

<b>Infra-estrutura</b>	Interrupção/desativação dos sistemas de comunicação, estradas, ferrovias, aeroportos, portos, sistemas de transmissão/distribuição, minerodutos, oleodutos etc	C	<p>Recolocação da infra-estrutura atingida (recomposição dos sistemas viário, de comunicação e de transmissão/distribuição)</p> <p>Gestões junto aos órgãos competentes</p> <p>Redimensionamento da infra-estrutura</p> <p>Recolocação da infra-estrutura atingida (recomposição dos sistemas viário, de comunicação e de transmissão/distribuição)</p> <p>Gestões junto aos órgãos competentes</p>
<b>Comunidades indígenas e/ou outros grupos étnicos</b>	<p>Interferência em populações indígenas e/ou outros grupos étnicos</p> <p>Alteração na organização sócio-econômica e cultural</p> <p>Mudança compulsória dos grupos populacionais (aldeias/povoados)</p> <p>Desequilíbrio nas condições de saúde e alimentação</p>	P/C/O	<p>Negociação com as comunidades afetadas e com a FUNAI sobre impactos e medidas mitigadoras</p> <p>Negociação com o Congresso Nacional</p> <p>Convênio com a FUNAI/Comunidade Indígena</p> <p>Acompanhamento e controle dos contatos interétnicos</p> <p>Compensação territorial</p> <p>Remanejamento das comunidades</p> <p>Apoio e assistência a comunidade compreendendo a demarcação, regularização e vigilância dos limites das áreas; saúde, educação e apoio à produção; equilíbrio das condições etno-ecológicas, entre outras ações.</p>

---

OBS: Momento de ocorrência: P= planejamento, C= construção e O=operação

**Quadro 2.A – Impactos Ambientais de Plantas Termelétrica**

<b>Fator Ambiental</b>	<b>Impacto</b>	<b>Momento de Ocorrência</b>	<b>Medida de Mitigação, projetos e programas</b>
Ruído	Poluição sonora	O	cinto verde para absorção de ondas de som de planta de poder sonoras  projetos para redução de ruído  monitoramento de ruídos
Distorções Estéticas	Poluição visual	O	Redução de impactos visuais
Emissões particuladas	Dependendo da concentração: Problemas respiratórios para os seres vivos Efeitos estéticos indesejáveis	O	Utilização de combustíveis com menos cinzas  Remoção de cinzas depois da combustão (filtros)  Dispersão de cinzas por chaminés  Utilização de tecnologias modernas de combustão com alta eficiência  Monitoramento das emissões, água e qualidade de ar e condições meteorológicas
Emissões aéreas de óxidos de enxofre	Dependendo da concentração: Cheiro desagradável Problemas de pulmão, coração Interferência no crescimento vegetal  Deterioração de construções  Contribuição para a incidência de chuvas ácidas	O	Utilização de combustíveis com menos enxofre  Remoção de enxofre antes a combustão (processamento)  Remoção de enxofre durante a combustão, com a adição de neutralizadores  Remoção de enxofre depois da combustão  Utilização de tecnologias modernas de combustão, com alta eficiência (ciclo combinado, co-geração etc)  Monitoramento das emissões, água e qualidade de ar e condições meteorológicas
Emissões aéreas de dióxidos de carbono	Contribuição para o efeito estufa	O	Implementação de gerenciamento de florestas na região para compensar a emissão de carbono  Utilização de tecnologias de combustão modernas com alta eficiência
Emissões de óxidos de nitrogênio, óxidos, hidrocarbono e monóxidos de carbono	Dependendo da concentração: Produção de oxidantes fotoquímicos Fumaça Irritação de garganta e olhos Efeitos sobre o crescimento vegetal Contribuição para a incidência de chuva ácida	O	Controle na combustão  Dispersão em chaminés apropriadas  Utilização de tecnologias de combustão modernas  Monitoramento de emissões aéreas, aquáticas, qualidade da chuva e condições meteorológicas
Percolação da chuva	Contaminação de fluxos de água com metais,	O	Utilização de decantadores

em áreas de armazenamento de carvão e de cinzas	partículas sólidas e alterações no pH Contaminação de cursos d' água		Neutralização de efluentes Dissolução de precipitação de metais Monitoramento de fauna aquática
Sistema de refrigeração da água	Dependendo da tecnologia a) Sistemas abertos; elevação da temperatura da água redução de oxigênio alteração no ambiente aquático  b) Sistemas Fechados (torre úmida) névoa pela atividade química fumaça Aumento da acidificação da atmosfera  c) Sistemas Fechados (torre seca) não danifica os recursos hídricos ou atmosféricos	O	a) Sistemas Abertos Estudos de dispersão nos cursos d' água Evolução dos impactos nos ecossistemas aquáticos Monitoramento da fauna aquática  b) Sistemas Fechados (torre úmida) Utilização de torres de dispersão Localização das torres considerando a direção de vento Utilização de refrigeração de água com aditivos químicos em menor intensidade  C) Sistemas Fechados (torre seca) Avaliação da interferência da dinâmica de emissões na dispersão da plumagem por meio de chaminés
Efluentes Líquidos dos sistemas de remoção das cinzas pesadas	Contaminação de fluxos de água com efluentes sólidos e metais  Alteração no pH	O	Fechamento de circuitos com recirculação  Decantadores e bacias de sedimentação Correção do pH e da precipitação de metais  Monitoramento da qualidade da água  Utilização de sistemas removedores de cinzas a seco
Drenagem pluvial, tratamento da água e processo de limpeza	Aumento na quantidade de efluentes sólidos Interferência na flora e fauna aquática	O	Sistema de enclausuramento manual de combustíveis sólidos e cinzas  Precauções operacionais para evitar o esparramento de partículas de combustíveis e cinzas no local da usina  Monitoramento de efluentes líquidos
Refugo de sólidos originários de processos (cinzas)	Aumento na quantidade de efluentes sólidos Interferências na flora e fauna aquática	O	Utilização de refugos sólidos como materiais crus para outros processos industriais  Utilização de refugos sólidos para a cobertura topográfica da área  Seleção de áreas para depositar o resíduo  Monitoramento de drenagem pluvial e de materiais Cinto verde para proteção contra vento
Efluentes sanitários	Transmissão de doenças  Redução de oxigênio diluído na recepção de corpos sólidos  interferências na fauna e flora	O/C	Tratamentos para separar de outros líquidos, efluentes produzidos pela usina
Fluxos Migratórios devidos ao empreendimento	Aumento nos serviços públicos Interferência nos processos regionais, sociais	C/O	Planejamento global Articulação envolvendo a municipalidade



e culturais

objetivando um crescimento direcionado

Aumento no crescimento económico,  
aumento de retração pelo fim da construção

Definição de critérios para análise do  
trabalho a ser contratado

---