

**IMPACTO AMBIENTAL DE HIDRELÉTRICAS:  
UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE DUAS ABORDAGENS**

**Wanderley Lemgruber de Sousa**

**TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO  
ENERGÉTICO.**

**Aprovada por:**

---

**Prof. Luiz Fernando Loureiro Legey, Ph.D.**

---

**Prof.<sup>a</sup> Alessandra Magrini, D. Sc.**

---

**Prof. Josimar Ribeiro de Almeida, D.Sc.**

**RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL**

**MARÇO DE 2000**

**SOUSA, WANDERLEY LEMGRUBER DE**

**Impacto Ambiental de Hidrelétricas: Uma  
Análise Comparativa de Duas Abordagens [Rio de  
Janeiro] 2000**

**VII, 154p. 29,7cm (COPPE/UFRJ, M.Sc.,  
Planejamento Energético, 2000)**

**Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
COPPE**

- 1. Impacto Ambiental de Hidrelétricas**
- 2. Avaliação de Impactos Ambientais**
- 3. Instrumentos de Avaliação de Impactos  
Ambientais.**

**I. COPPE/UFRJ      II. Título (série)**

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

**IMPACTO AMBIENTAL DE HIDRELÉTRICAS:  
UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE DUAS ABORDAGENS**

**Wanderley Lemgruber de Sousa**

**Março/2000**

Orientador: Luiz Fernando Loureiro Legey

Programa: Planejamento Energético

Este trabalho faz uma apresentação e análise crítica de duas abordagens de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) desenvolvidas para projetos hidrelétricos: o módulo ambiental do modelo SUPEROLADE e a metodologia CEPEL. Os dois instrumentos foram avaliados segundo critérios técnicos, legais, institucionais e operacionais. Para averiguar o comportamento prático das ferramentas foi realizado o estudo do caso do aproveitamento hidrelétrico de Simplício, utilizando como base o relatório de impacto ambiental (RIMA) confeccionado. A utilidade dos instrumentos de AIA apresentados foi discutida a luz das condições e processos envolvidos no planejamento do setor elétrico brasileiro. As principais conclusões apresentadas têm como objetivo principal contribuir para o aprimoramento da eficácia dos instrumentos. O manual referente ao módulo ambiental do modelo SUPEROLADE foi traduzido e disponibilizado em anexo ao trabalho.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

**ENVIRONMENTAL IMPACT FOR HYDROELECTRICAL PROJECTS:  
A COMPARATIVE ANALYSIS FOR TWO APROCHES**

**Wanderley Lemgruber de Sousa**

**March/2000**

Advisor: Luiz Fernando Loureiro Legey

Department: Energy Planning

This Thesis presents a critical analysis of two approaches for Environmental Impact Assessment developed for hydroelectrical projects: the SUPEROLADE model - environmental module and CEPEL methodology. Both instruments were evaluated according to technical, legal, institutional and operational criteria. To appraise practical performance of these tools a case study was realized concerning hydroelectric efficiency of Simplicio using its Environmental Impact Report as a basis. The importance of these Environmental Impact Assessment tools was discussed according to conditions and process of Brazilian Electrical Sector Planning. Main conclusions have the main goal of enhancing the performance of these tools.

## ÍNDICE

- I. Introdução
- II. A avaliação de impactos ambientais de aproveitamentos hidrelétricos
  - 1. Os impactos ambientais de aproveitamentos hidrelétricos
  - 2. Metodologias de avaliação de impactos ambientais para projetos hidrelétricos
    - 2.1. Sistemas de redes e gráficos
    - 2.2. Sistemas cartográficos
    - 2.3. Modelagem e análise de sistemas
    - 2.4. Métodos baseados em indicadores, índices e integração da avaliação
    - 2.5. Outros métodos quantitativos
  - 3. Gestão ambiental de projetos hidrelétricos
  - 4. Planejamento do Setor Elétrico brasileiro
  - 5. Aspectos legais
  - 6. Aspectos institucionais
    - 6.1. O modelo proposto pela Coopers & Lybrand
- III. O Módulo Ambiental do Modelo SUPEROLADE
  - 1. Aspectos teóricos
  - 2. Configuração metodológica
- IV. A Metodologia CEPEL
  - 1. Aspectos teóricos
    - 1.1. Critérios adotados
      - 1.1.1. Critérios ambientais
      - 1.1.2. Critérios de dimensionamento e custo de aproveitamentos
      - 1.1.3. Critérios para seleção de alternativas
  - 2. Configuração metodológica

## 2.1. Planejamento dos estudos

2.1.1. Coleta e análise dos dados disponíveis

2.1.2. Relatório de planejamento dos estudos

## 2.2. Estudos preliminares

2.2.1. Levantamento de dados ambientais

2.2.2. Diagnóstico ambiental

2.2.2.1. Processos e atributos físicos

2.2.2.2. Componentes-síntese

2.2.2.2.1. Ecossistemas aquáticos

2.2.2.2.2. Ecossistemas terrestres

2.2.2.2.3. Modos de vida

2.2.2.2.4. Organização territorial

2.2.2.2.5. Base econômica

2.2.2.2.6. População indígena

2.2.3. Avaliação dos impactos ambientais por aproveitamento

2.2.4. Comparação e seleção das alternativas

2.2.4.1. Índice ambiental da alternativa de divisão de queda

2.2.4.1.1. Composição do índice de impacto da alternativa sobre cada  
componente-síntese

## 2.3. Estudos Finais

2.3.1. Consolidação dos dados e investigações complementares

2.3.1.1. Dados ambientais

2.3.2. Consolidação do diagnóstico ambiental

2.3.3. Avaliação dos impactos ambientais das alternativas

2.3.3.1. Revisão da identificação dos processos impactantes relativos aos  
aproveitamentos isolados

2.3.3.2. Avaliação do impacto ambiental sinérgico

2.3.4. Comparação e seleção das alternativas

2.3.4.1. Índice ambiental

2.3.4.2. Definição da alternativa escolhida

V. Estudo de Caso

5.1. O caso do aproveitamento hidrelétrico de Simplício

VI. Resultados e discussão

6.1. Principais críticas à metodologia desenvolvida no Módulo Ambiental do modelo

SUPEROLADE

6.1.1. Orientação adotada pelo instrumento

6.1.2. Impactos ambientais desconsiderados

6.1.3. Operacionalidade do *software*

6.2. Principais críticas à metodologia desenvolvida pelo CEPEL

6.2.1. Dimensão espacial

6.2.2. Orientação adotada pelo instrumento

6.2.3. Impactos positivos

6.2.4. Impactos controlados, compensados ou mitigados

6.2.5. Critérios de modelagem adotados à realidade

VII. Conclusão

VIII. Bibliografia

IX. Anexo: Tradução do Manual de Referência do Módulo Ambiental do

SUPEROLADE

## I. INTRODUÇÃO

O estudo aqui empreendido tem como objetivo principal comparar duas abordagens de avaliação de impactos ambientais de projetos hidrelétricos: a apresentada no módulo ambiental do modelo SUPEROLADE, da Organização Latino-Americana de Energia (OLADE), e a desenvolvida pelo CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica..

Espera-se que a análise comparativa desses instrumentos permita apontar aspectos positivos e negativos, contribuindo para o aperfeiçoamento dos mesmos e para o desenvolvimento de outras metodologias de avaliação de impactos ambientais.

A estrutura deste trabalho inclui uma revisão e uma análise a respeito da avaliação de impactos ambientais - AIA - em hidrelétricas sob o ponto de vista da gestão ambiental (aspectos legais envolvidos e impactos característicos deste tipo de projeto) dos instrumentos de AIA (onde incluem-se os modelos) e da nova dinâmica institucional que se desenha para a realidade brasileira.

O módulo ambiental do SUPEROLADE/BID e a metodologia CEPEL são apresentados e discutidos em capítulos à parte, sendo avaliados segundo alguns aspectos relevantes que se referem à consistência teórica adotada e questões de caráter operacional dos instrumentais. Uma situação prática representada pelo Relatório de Impacto de Meio Ambiente (RIMA) do projeto de aproveitamento hidrelétrico de Simplício é utilizada como forma de estudo na realidade. As considerações e conclusões observadas e as principais críticas e sugestões são apresentadas visando ao aprimoramento dos modelos e da técnica de AIA para hidrelétricas.



## **II. A AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS**

Os projetos hidrelétricos, no caso brasileiro, assumem especial importância porque “a hidreletricidade é a base do suprimento energético do Brasil” (MÜLLER, 1995), tratando-se, na maioria dos casos de hidrelétricas de grande porte situadas a grande distância dos centros consumidores.

As obras hidrelétricas, de uma forma geral, produzem grandes impactos sobre o meio ambiente, que são verificados ao longo e além do tempo de vida da usina e do projeto, bem como ao longo do espaço físico envolvido. Os impactos mais significativos e complexos ocorrem nas fases de construção e de operação da usina, os quais poderão afetar o andamento das próprias obras.

Segundo ROSA (1995), a hidreletricidade, para a situação brasileira, é considerada a melhor solução técnica e econômica, em face dos riscos ambientais e dos custos, se comparada com a energia nuclear. Sendo também a melhor alternativa de geração elétrica quando comparada com a termoeletricidade a combustíveis fósseis, pois tem como vantagens o fato de ser renovável e disponível no país a menor custo.

Os empreendimentos hidrelétricos inserem-se dentro do interesse coletivo de uma sociedade por elevar, através da oferta de energia, a qualidade de vida da população. No entanto, além dos benefícios energéticos devem ser considerados os efeitos prejudiciais do empreendimento. Conforme o “Manual de Gestão Ambiental para Obras Hidráulicas de Aprovechamiento”, (REVORA, 1987), os projetos hidrelétricos devem ter como objetivo elevar a qualidade de vida da população promovendo o uso racional e sustentável do recurso. Para isso, a gestão ambiental deve começar nas fases iniciais do projeto, passando pela etapa de construção e continuar ao longo da vida útil da usina; a fim de minimizar os efeitos negativos e

maximizar os benefícios do empreendimento. A gestão ambiental também pode contribuir para melhorar o *design* e funcionalidade da obra, contribuindo para a redução de seus custos globais, minimizando imprevistos, atenuando conflitos e ajudando na preservação da obra e do meio ambiente. Dentro desta concepção, um determinado projeto hidrelétrico deve ser considerado como de aproveitamento múltiplo, onde o energético faz parte dos diferentes outros usos da água e cuja preponderância irá depender de diferentes fatores.

As usinas hidrelétricas são empreendimentos planejados para um horizonte de tempo longo. São freqüentes as hidrelétricas que ultrapassam algumas gerações, funcionando com interrupções apenas de manutenção. A energia hidrelétrica é um dos sistemas que se enquadram nos conceitos de operação ou desenvolvimento sustentável. No entanto, os impactos e conseqüências também devem ser sustentáveis. “Ainda que a geração hidrelétrica seja sustentável, algumas regiões atingidas para que ela fosse gerada tiveram, em lugar de desenvolvimento, retrocesso insustentável”.(MÜLLER, 1995).

### **1. Os impactos ambientais de aproveitamentos hidrelétricos:**

Os impactos físicos mais comuns são a diminuição da correnteza do rio alterando a dinâmica do ambiente aquático, com isso o fluxo de sedimentos é alterado favorecendo a deposição deste no ambiente lótico, a temperatura do rio também é modificada, tendendo a dividir o lago da represa em dois ambientes: um onde a temperatura é mais baixa (o fundo do lago) e outro onde a temperatura é mais alta (superfície do lago). Este fato repercute, também, em outros impactos uma vez que com essa disposição há pouca mistura na água do ambiente represado, criando condições anóxicas e favorecendo a eutrofização do mesmo e a ocorrência de reações químicas que geram compostos nocivos ao interesse humano, sendo estes os principais impactos químicos observados.

Os impactos biológicos relacionam-se à barreira física representada pela barragem para as espécies aquáticas, constituindo um fator de isolamento das populações antes em contato. Além deste fato, a barragem impede ou dificulta a *piracema* das espécies de peixe. A transformação da dinâmica do rio bem como as alterações na qualidade da água afetam tanto a região a montante quanto a jusante da barragem. Tais impactos, geralmente, afetam a biodiversidade do rio.

A instalação de uma usina hidrelétrica, juntamente com o lago formado e todas as alterações mencionadas anteriormente, repercutem nas sociedades organizadas na região do projeto e além dos limites destas também. O aumento na oferta de energia representa uma consequência global de qualquer empreendimento de hidreletricidade. Entretanto, todos os eventos desencadeados por essa forma de energia, tais como diminuição na qualidade de água, desagregação social de comunidades locais e aumento na incidência de doenças seriam consequências imediatas para os habitantes da região do projeto, representando os impactos sociais do empreendimento. Embora sejam mais subjetivos, estes efeitos devem ser considerados e analisados por ocasião de projetos hidrelétricos.

## **2. Metodologias de avaliação de impactos ambientais para projetos hidrelétricos**

Os estudos necessários à gestão ambiental podem ser efetuados de diversas formas, via diferentes ferramentas metodológicas. A Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) representa um importante instrumento para tomada de decisões necessárias ao processo de gestão. Existem diversas formas de se proceder a avaliação dos impactos ambientais provocados por empreendimentos humanos. Alguns desses métodos são mais sistematizados e outros mais livres. As diferentes técnicas pressupõem fundamentações distintas que poderão ser mais ou menos úteis dependendo de cada situação particular.

Entretanto, independente da metodologia adotada, “para definir o impacto de qualquer empreendimento sobre um ambiente, precisamos conhecer suficientemente tanto a ação impactante como o meio que a receberá. Isso implica obter dados, elaborá-los, proceder as análises e saber interpretar os resultados”. (MÜLLER, 1995).

Segundo BOLEA (1984), as várias metodologias e modelos de avaliação de impactos ambientais podem ser classificados da seguinte forma: Sistemas de Redes e Gráficos; Sistemas Cartográficos; Modelagem e Análises de Sistemas; Métodos Baseados em Indicadores e Integração da Avaliação; Métodos Quantitativos.

### **2.1. Sistemas de redes e gráficos**

As metodologias aqui envolvidas são aquelas classificadas como métodos de identificação de impactos. O processo de identificação é de crucial importância para a avaliação de impactos ambientais, uma vez que a precisão da previsão e a pertinência das estratégias sugeridas dependerão de uma adequada interpretação da realidade.

O método de Leopold é a técnica mais conhecida dentro deste grupo, correspondendo a uma análise matricial de causa e efeito, onde os fatores ambientais também podem ser empregados como *check-list*. Os dados de entrada neste método estão organizados na forma de uma matriz onde as colunas representam as ações antrópicas que podem alterar o meio ambiente e as linhas constituem fatores ambientais que podem ser impactados pelas ações promovidas. A partir deste cruzamento de linhas e colunas, podem ser identificadas as interações existentes entre o projeto estudado e o meio-ambiente local, bem como o grau de comprometimento do mesmo.

### **2.2. Sistemas cartográficos**

Estas técnicas de avaliação de impactos ambientais visam a determinar a localização e extensão dos impactos sobre o meio ambiente, bem como identificar,

especialmente, as áreas territoriais de significância ambiental, cultural, arqueológica, social, econômica. Para isso, são utilizadas diferentes técnicas cartográficas, como fotografias, mapas e sensoriamento remoto. O Sistema de Informação Geográfica (SIG ou GIS) é um exemplo desta metodologia e vem sendo bastante utilizado para o planejamento ambiental e territorial. Tal instrumento consiste na utilização de computadores para o armazenamento e recuperação de informações geograficamente referenciadas.

### **2.3. Modelagem e análise de sistemas**

As técnicas de análise de sistema buscam uma forma de representar a realidade estudada e compreender o funcionamento global do sistema homem-ambiente. As principais características destes métodos são: definir *a priori* o objetivo a ser alcançado de modo a se resolver o problema apresentado; definir soluções alternativas para alcançar os objetivos; introduzir estas soluções alternativas em um quadro formalizado, que pode ser um modelo de simulação, programa matemático ou modelo físico-matemático; e, por fim, determinar a solução ótima.

A “Dinâmica de Sistemas” é um exemplo do tipo de metodologia discutida aqui. “É um método de lidar com questões sobre as tendências dinâmicas de sistemas complexos, ou seja, estuda os padrões de comportamento que são gerados no tempo e tenta desvendar a sua estrutura causal. A idéia principal por trás da estrutura causal é o ‘feedback loop’(dupla causalidade) - toda ação leva a uma reação. As decisões são tomadas com base em um estado ou nível do sistema ou ambiente que envolve a tomada de decisão. Essas decisões levam a ações que tendem a alterar o estado inicial do sistema - taxas ou fluxos. Este estado alterado (ou não, se a ação não teve efeito) produz nova decisão e mais alterações. Os modelos são formados de muitos desses elos ligados entre si”. (LEGEY, 1998)

A modelagem em dinâmica de sistemas não se detém na obtenção de variáveis numéricas precisas em anos específicos. A preocupação primordial está em identificar as tendências dinâmicas gerais do sistema, se é estável ou não, se oscila, se está em crescimento ou declínio etc. (MEADOWS, 1972)

Os modelos em dinâmica de sistemas são construídos de início como retratos de modelos mentais sobre o funcionamento geral do sistema. Todo elemento e relação estabelecida deve ter uma contrapartida no mundo real, nada sendo adicionado apenas por conveniência matemática ou devido a dados históricos. Ao contrário, deve-se documentar cada passo e discutir com as pessoas envolvidas o processo de modelagem. (LEGEY, 1998)

Os modelos ambientais são técnicas úteis na organização das relações causa-efeito e na ponderação de aspectos críticos. Modelos são representações aproximadas e simplificadas da realidade, cujos componentes e interrelações são de algum modo semelhantes aos componentes e interrelações da realidade. Podem ser elaborados desde modelos conceituais até modelos matemáticos de simulação.

Segundo REVORA *et alli* (1987), os modelos matemáticos ao mesmo tempo que representam uma das melhores ferramentas disponíveis para a realização de estudos ambientais, podem ser complexos e custosos. O que, muitas vezes, inviabiliza a utilização dos mesmos. Uma recomendação feita pelos autores é a de que se utilize primeiramente modelos conceituais simples, adotando modelos mais complexos nas etapas posteriores aonde seja necessário maior aprofundamento na investigação.

REVORA *et alli* (1987) alerta para o risco de se considerar os modelos de simulação como a verdadeira representação da realidade. Na verdade, aqueles serão sempre incompletos, uma vez que a realidade envolve sempre dados qualitativos, não passíveis de serem quantificáveis, e que são tão importantes quanto os dados mensuráveis quantitativamente.

Os modelos sempre serão uma forma de representar a realidade, e poderá acontecer de a estruturação da realidade feita pelo modelo não ser representativa. Ao trabalhar com modelos esta questão deve estar sempre presente.

#### **2.4. Métodos baseados em indicadores, índices e integração da avaliação**

Além da preocupação puramente instrumental - relativa a que instrumento utilizar, se modelos, *check-list* ou outro método - uma outra deve ser levada em consideração: a operacionalização do instrumento. Desta forma, os indicadores a serem utilizados pela metodologia deverão ser relevantes. Segundo MÜLLER, (1995), devem ser empregados “indicadores ambientais sensíveis às intervenções” advindas do projeto. Os indicadores, que podem ser quantitativos ou qualitativos, devem expressar quantitativamente o estado do ambiente, descrever o seu funcionamento e permitir estimar as mudanças no ambiente, decorrentes da ação promovida. (MÜLLER, 1995).

MÜLLER (1995), também chama a atenção para o fato de que a seleção dos indicadores irá depender do objetivo que se deseja alcançar com a avaliação proposta. Às vezes, “uma escolha de muitos indicadores, ou extremamente detalhados, em lugar de dar maior precisão, geram dificuldades no processamento, na interpretação dos resultados e conclusão (escala e importância) sobre os impactos. Por outro lado, escolher poucos indicadores ou indicadores muito superficiais, pode tornar as informações insuficientes para a constatação do impacto do empreendimento” (YORK, 1980)

As técnicas baseadas em indicadores e índices pretendem avaliar e comparar variantes para um mesmo projeto visando integrar o processo de avaliação. O pressuposto básico é que muitos parâmetros de avaliação não são quantificáveis numericamente e, desta forma, é necessário conduzir a avaliação comparando juízos subjetivos.

## **2.5. Outros métodos quantitativos**

Os métodos aqui compreendidos são aqueles que utilizam uma abordagem quantitativa para avaliação dos impactos ambientais oriundos de um determinado projeto. Os métodos quantitativos têm como principal qualidade o fato de procurarem eliminar a maior parte da subjetividade envolvida nas análises. No entanto, tal característica pode, muitas vezes, comprometer a flexibilidade do instrumento.

Utilizarei, como exemplo, o Método Batelle para ilustrar esse tipo de metodologia. Tal método permite a avaliação sistemática dos impactos ambientais mediante a utilização de indicadores homogêneos, podendo ser utilizado para dois propósitos: medir o impacto de diferentes projetos hídricos sobre o meio ambiente; e planejar, a médio e longo prazos, projetos de uso de recursos hídricos com o mínimo de impacto ambiental possível. Portanto, é possível empregá-lo tanto em análises micro (análise de projetos) quanto macro (planejamento ambiental).

A base do sistema Batelle é constituída por indicadores de impacto, representantes de unidades ou aspectos ambientais relevantes para a avaliação ambiental dos projetos analisados. A estrutura hierarquizada da metodologia vai agregando os indicadores, gradativamente, em quatro níveis. Primeiramente são definidas e analisadas as “medidas ambientais”, as quais são agregadas em “parâmetros ambientais”. Esses parâmetros, por sua vez, são agrupados em “componentes ambientais” que formarão as “categorias ambientais”, de modo a permitir avaliar os impactos ambientais globais.

## **3. A gestão ambiental de projetos hidrelétricos**

Percebe-se nas publicações recentes, uma tendência, observada tanto no cenário nacional quanto internacional, no sentido de se incorporar os aspectos ambientais como variável de decisão desde as etapas iniciais do processo de



planejamento dos empreendimentos, levando em conta os prováveis impactos associados a cada empreendimento e internalizando os custos relativos às ações de prevenção, mitigação e compensação. Há a tentativa de ampliação dos conceitos e procedimentos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) de projetos para a avaliação de políticas, planos e programas, colocando a dimensão ambiental no mesmo patamar que outros parâmetros - econômicos, financeiros, tecnológicos e requisitos de mercado.

Historicamente, os procedimentos de avaliação ambiental e de gestão ambiental sempre foram iniciados em etapas tardias dos projetos hidrelétricos. Tal estratégia vem sendo alterada para que os procedimentos mencionados sejam incorporados ainda na fase de *design* dos projetos. Isto, segundo GOODLAND (1996), justifica-se no fato de que só assim aspectos ambientais e sociais poderão ser completamente internalizados e capazes de influenciar na concepção do projeto, indicando localização, ações mitigadoras, etc. Os custos envolvidos para incorporação de alternativas são menores para fases iniciais dos projetos. Quanto mais cedo forem previstos os riscos, mais facilmente e com menores custos eles serão controlados. Neste sentido, insere-se a adoção de procedimentos para a avaliação de impactos ambientais já na fase de planejamento da expansão do setor elétrico.

O gerenciamento de projetos deve dispor de uma filosofia que inclua a dimensão ambiental e os riscos neles presentes, englobando tanto os riscos para o projeto quanto aqueles advindos dele. Nestes termos, a tomada de uma decisão será investida de mais certeza e coerência.

Quando ocorre a integração das diferentes atuações envolvidas nos empreendimentos hidrelétricos os “entendimentos entre a engenharia e o meio ambiente resolvem os pseudo-conflitos eventualmente existentes” (MÜLLER, 1995). Tal entrosamento também permite a escolha da melhor divisão de queda, para o aproveitamento hidrelétrico de um rio, e do melhor rio para permitir a expansão do setor elétrico, segundo critérios econômicos e ambientais.

A gestão ambiental tem como propósito minimizar os impactos ambientais causados pela intervenção humana, levando em conta as incertezas existentes nos sistemas ambientais. MÜLLER (1995), ao avaliar a atual situação brasileira de gestão ambiental comenta, que nos estágios recentes da avaliação ambiental nas empresas, observa-se duas correntes de atitudes: uma na qual a avaliação de impactos é feita sem estar inserida na dinâmica institucional, contando com uma gestão ambiental incipiente (o RIMA é tratado como mais um documento protocolar, um papel que se encerra em si próprio); e outra na qual a gestão se dá de forma efetiva, uma vez que há a integração da dimensão ambiental na política institucional da empresa, onde os estudos de impacto são rotinas e resultam em economia, agilizam o processo de implantação e contribuem para a justificativa social do próprio projeto.

As AIA incorporadas ao nível de planejamento e tomada de decisão para políticas, planos e programas (PPP's) costumam ser denominada de Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), uma vez que se inserem estrategicamente na tomada de decisão. A modificação do cenário institucional do setor elétrico brasileiro, que inclui a participação de novos agentes e expande a geração de eletricidade para outras fontes além da hidroeletricidade, impõe que as AIA's se dêem ainda na fase inicial das PPP's.

#### **4. O planejamento do setor elétrico brasileiro**

Antes da reestruturação do Setor Elétrico brasileiro, uma das atribuições da ELETROBRÁS era executar o plano de expansão do sistema elétrico brasileiro<sup>1</sup>, o qual atuava em três níveis: no planejamento de longo prazo, com um horizonte de 25 a 30 anos, no planejamento de médio prazo, com um horizonte de 15 anos, e no planejamento de curto prazo, conhecido como Plano Decenal de Geração, que tem um horizonte de até 10 anos.

---

<sup>1</sup> Atualmente a Eletrobrás continua elaborando o plano de expansão do sistema elétrico brasileiro, só que de forma indicativa.

- Estudo de Longo Prazo: representado pelo Plano Nacional de Energia Elétrica, com um horizonte de 30 anos, leva em conta as perspectivas de evolução do mercado de energia elétrica, as disponibilidades de fontes energéticas primárias, as tendências de evolução tecnológica. Programa-se, nesta etapa, os estudos de inventário para os aproveitamentos hidrelétricos.
- Estudo de Médio Prazo: Aqui, a partir das fontes primárias levantadas na fase anterior, faz-se a composição das mesmas, indicando os aproveitamentos hidrelétricos inventariados e os empreendimentos provenientes de outras fontes de energia que deverão ser desenvolvidos com horizontes de até 15 anos. Todos os empreendimentos definidos deverão ser submetidos a estudos de viabilidade, que compreende a viabilidade técnica, econômica e ambiental.
- Planos Decenais de Expansão: Anualmente é revista a programação de obras para os 10 anos do horizonte de médio prazo. Esta fase considera alterações provenientes das avaliações de viabilidade econômica e ambiental dos empreendimentos e as mudanças conjunturais ocorridas (condições hidrológicas, atraso de obras, revisões de previsão de consumo e expectativa de recurso financeiros).

As etapas de estudos e projetos para a implantação de um aproveitamento hidrelétrico, segundo o Manual de Inventários da ELETROBRÁS (1997), são:

- Estimativa do Potencial Hidrelétrico: análise preliminar das características da bacia hidrográfica, quanto aos aspectos topográficos, hidrológicos, geológicos e ambientais, no sentido de verificar sua vocação para geração de energia elétrica, sendo pautada exclusivamente nos dados disponíveis.
- Estudo de Inventário Hidrelétrico: determina o potencial hidrelétrico de uma bacia hidrográfica e estabelece a melhor divisão de queda, mediante a identificação do conjunto de aproveitamentos que propiciem um máximo de energia ao menor custo, aliado a um mínimo de efeitos relativos sobre o meio ambiente. A análise é

efetuada a partir de dados secundários, complementados com informações de campo, e pautada em estudos-base, apresentando um conjunto de aproveitamentos, suas principais características, estimativas de custo, índices custos-benefícios e índices ambientais.

- Estudo de Viabilidade: definição da concepção global de um dado aproveitamento da melhor alternativa de divisão de queda estabelecida na etapa de inventário, visando sua otimização técnico-econômica e ambiental e a avaliação de seus benefícios e custos associados. Compreende o dimensionamento do aproveitamento, as obras de infra-estrutura local e regional necessárias à sua implantação, o seu reservatório e respectiva área de influência, os outros usos da água e as ações ambientais correspondentes. O *Relatório Final do Estudo de Viabilidade*, de acordo com a Lei 9074 de 07 de julho de 1995 (parágrafo 3º do inciso III do Artigo 5º) poderá constituir a base técnica para a licitação da concessão de projetos de geração de energia hidrelétrica.
- Projeto Básico: o aproveitamento é detalhado e definido seu orçamento com maior precisão, de forma a permitir ao vencedor da licitação de concessão a implantação do empreendimento. Nessa etapa realiza-se, também, o Projeto Básico Ambiental.
- Projeto Executivo: É a etapa em que se processa a elaboração dos desenhos de detalhamento das obras civis e dos equipamentos hidromecânicos e eletromecânicos, necessários à execução da obra e à montagem dos equipamentos. Nesta etapa são tomadas todas as medidas pertinentes à implantação do reservatório.

Neste processo de planejamentos estruturado e contínuo, as estratégias são sistematicamente reavaliadas e as alternativas revistas até chegar à decisão de implantação de um dado empreendimento. As decisões geralmente são pautadas em critérios de custos e benefícios energéticos. Os aspectos ambientais são considerados apenas nos estudos de viabilidade, quando se analisam as ações

relativas a um determinado projeto. No caso brasileiro há uma antecipação destes aspectos, a base de geração elétrica pautada na hidreletricidade, traz grandes impactos ambientais associados. Por isso, a avaliação dos aspectos ambientais tem sido considerada desde a fase de inventário (planejamento de médio prazo).

Assim, verifica-se que a dimensão ambiental como critério de decisão é adotada a partir da fase de planejamento de curto prazo, para o caso de geração elétrica não-hídrica, e a partir da fase de planejamento de médio prazo, no caso da geração hidrelétrica,.

No Plano Decenal 1998/2007, o cenário referencial é formulado considerando apenas a “viabilidade ambiental dos empreendimentos, quer sob o aspecto legal, no sentido de obtenção das licenças ambientais, quer sob o aspecto do equacionamento das questões de cada empreendimento programado, identificados nos respectivos EIA/RIMA”. Os aspectos ambientais são considerados somente na dimensão micro, não há mecanismos de incorporação e avaliação dos efeitos regionais e dos efeitos combinados dos empreendimentos elencados no plano de expansão.

A percepção de que as atuações e decisões que garantem um desenvolvimento sustentável inserem a discussão ambiental em aspectos difusos e transversais de todas as fases dos planejamentos de políticas, planos e programas, tem incorporado o critério ambiental como fator de decisão em todas as etapas envolvidas. As Avaliações de Impactos Ambientais quando feitas para projetos específicos recaem numa avaliação voltada para a minimização dos impactos dos empreendimentos. Tal enfoque é, em sua gênese, descompromissado com os princípios de sustentabilidade para a sociedade como um todo.

## **5. Aspectos legais**

No artigo 225 (§ 1º,IV) a Constituição Brasileira prevê que para assegurar a efetividade do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado compete ao Poder Público exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

O financiamento de projetos por entidades governamentais de financiamento brasileiras fica condicionado, com o Decreto 99.274/90, ao licenciamento ambiental. Assim, o financiamento por agências governamentais está atrelado ao fato de terem sido, estarem sendo ou virem a ser feitos os estudos ambientais do projeto.

O estudo de impacto ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, segundo a Lei federal 6.938/81, devendo o mesmo ser conclusivo, emitindo um juízo de valor. Não se admite um estudo de impacto ambiental que não avalie o projeto estudado. Tal característica advém do fato de as noções de estudo e avaliação de impacto complementarem-se. Isto pode ser observado via junção do preceito constitucional e dos preceitos da legislação ordinária (Leis 6.803/80 e 6.938/81).

O objetivo da avaliação de impacto ambiental é o de fornecer uma base séria de informação para que seja possível gerenciar os conflitos de interesses envolvidos na implantação de qualquer projeto. O estudo de impacto ambiental é um procedimento público. Mesmo que haja a iniciativa privada de empreendê-lo, a esfera pública deverá estar presente aceitando ou rejeitando o estudo feito. (MACHADO, 1995).

Segundo a legislação brasileira, há alguns itens que deverão ser contemplados em qualquer estudo de impacto ambiental. O EIA deverá “definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual

se localiza”, conforme o Artigo 5º, Inciso III da Resolução 001/86-CONAMA. A Resolução determina também que o EIA deverá considerar, nos estudos, os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, devendo avaliar a compatibilidade do projeto estudado com aqueles.

Além disso, o estudo promovido deverá contemplar a avaliação das alternativas possíveis ao projeto, como preconiza a Lei 6.803/80. Serão consideradas como alternativas os projetos razoáveis que se diferenciem do proposto tanto em termos tecnológicos como locacionais.

O Decreto 88.351/83 estabelece a necessidade do EIA (Estudo de Impacto Ambiental) conter a identificação, análise e previsão dos impactos significativos, positivos e negativos. Além disso, a Resolução 001/86-CONAMA determina que o estudo deverá abranger a análise dos impactos ambientais do projeto através da identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos positivos e negativos, diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas.

## **6. Aspectos institucionais**

O setor elétrico brasileiro atravessa por um período de indefinição. De um lado observou-se uma necessidade de investimento no setor e de outro a ausência de recursos por parte do poder público para atender a esta demanda. Desta forma, a ampliação da participação privada surgiu como uma alternativa para a ampliação da oferta de energia, sem que isso represente ônus financeiro direto para o Estado.

No entanto, a minimização do investimento público, com conseqüente ampliação do capital privado no setor, requer um rearranjo institucional do setor elétrico, que ainda não está completo. O momento atual é, portanto, de indefinição, inclusive no que tange aos aspectos ambientais envolvidos nos projetos elétricos.

O governo brasileiro, na tentativa de gerar um quadro que contemple essa nova realidade, contratou o consórcio liderado pela COOPERS LYBRAND para propor um modelo para o setor elétrico. A proposta apresentada encontra-se no “Relatório Consolidado Etapa IV -1”. As principais questões de interesse ao estudo empreendido aqui, serão apresentadas a seguir.

### **6.1. O modelo proposto pela Coopers & Lybrand**

As recomendações feitas pelos consultores tentam orientar também o planejamento do sistema para uma ótica de mercado. Neste modelo não haveria mais o planejamento centralizado e determinístico. Entretanto, há a recomendação de se manter a atual capacidade de desenvolvimento dos planos de médio e longos prazos que serviriam de indicadores para os agentes do setor e para ilustrar o efeito de diferentes políticas energéticas.

O planejamento da expansão passa a ser efetuado como planejamento indicativo de longo prazo e planejamento de curto prazo. O planejamento indicativo de longo prazo - feito para um horizonte de tempo de 25 anos, atualizado a cada quinze anos, e de 12 anos - será realizado pela ELETROBRÁS, a entidade responsável pelo



planejamento indicativo do setor. Tais planos, deverão identificar programas de investimento de menores custos, analisando especificamente projetos hídricos e térmicos, sob diferentes cenários e premissas. No entanto, tais planos serão apenas norteadores não tendo obrigatoriedade de serem adotados.

“O poder concedente, agindo por intermédio da Aneel<sup>2</sup> continuaria a oferecer normalmente os projetos na seqüência sugerida no plano indicativo, mas os investidores poderiam solicitar concessões para potenciais em seqüência diferente da apresentada, ou mesmo para projetos que não constem do plano.” (Eletricidade Moderna, 1997). O objetivo deste rearranjo é, segundo os consultores, assegurar novos investimentos do setor privado, não impondo um plano específico, garantindo, assim, que as concessões sejam feitas de forma negociada e justa, respeitando a lei do mercado.

No planejamento de curto prazo, considerando-se um horizonte de tempo de cinco anos, a responsabilidade recairá sobre o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)<sup>3</sup>, constituinte do Mercado Atacado de Energia Elétrica (MAE) - que substituirá o atual sistema de preços regulamentados de geração e os contratos renováveis de suprimento. O ONS será o responsável pelo planejamento de curto prazo pelo fato de, segundo os consultores, ser um organismo neutro em relação a todos os possíveis projetos de geração, incluídos ou não no plano indicativo.

A questão do licenciamento ambiental é tratada de forma preliminar no relatório apresentado pelos consultores. São apenas apontadas diretrizes e recomendações gerais, indicando que deverá haver maior cooperação entre os Ministérios das Minas e Energia e o do Meio Ambiente em questões referentes aos

---

<sup>2</sup> Agência Nacional de Energia Elétrica, entidade criada a partir da nova configuração do setor que tem como atribuição “assegurar o suprimento adequado de eletricidade, confiável e a preço razoável, a consumidores existentes e novos, através da regulamentação de preços, quando houver monopólios, em níveis condizentes com concessionárias eficientes e financeiramente viáveis, e através do incentivo à concorrência, sempre que este for um mecanismo prático e eficiente” (COOPERS & LYBRAND, 1997)

<sup>3</sup> O ONS é a principal entidade do MAE, detido conjuntamente pelos agentes do setor elétrico, sob a supervisão do Ministério das Minas e Energia e da regulamentação da Aneel. Será uma entidade sem fins lucrativos cujas funções englobariam “o planejamento operacional da geração e transmissão em horizontes de até cinco anos; a programação e despacho da geração; cobrança de encargos pelo uso da rede e remuneração dos prestadores dos serviços de transmissão; planejamento do investimento em transmissão em horizontes de tempo de até cinco anos; assegurar

padrões ambientais, ao desenvolvimento ideal de potenciais hidrelétricos e às interações com outros usuários do recurso. Os consultores defendem ajustes no processo de licenciamento ambiental para os projetos de geração elétrica, visando a diminuir os riscos do capital privado investido nos projetos e, conseqüentemente, tornar estes mais atrativos para aquele. Para isso, o relatório recomenda que o enchimento dos reservatórios e a ativação de usinas deixe de depender da emissão da Licença de Operação.

### III. O MÓDULO AMBIENTAL DO MODELO SUPEROLADE

#### 1. Aspectos teóricos

O modelo SUPEROLADE apresenta como principal característica o fato de utilizar uma abordagem multiobjetivo com as seguintes peculiaridades: integra os aspectos sócio-econômicos e biofísicos numa mesma função multiobjetivo; adequa-se tanto para a avaliação de seqüências de projetos quanto para a avaliação de projetos individuais; integra a avaliação de usinas térmicas e hidrelétricas, aplicando os mesmos parâmetros; trabalha no nível ambiental com juízos de valor do decisor; e tem como objetivo principal a busca por soluções “robustas” (soluções que se mantêm para diferentes condições exógenas).

No primeiro momento, a metodologia determina os cinco objetivos mais relevantes, do ponto de vista ambiental, sendo estes decompostos em critérios que têm como finalidade avaliarem impactos particulares. A cada critério é associada uma variável ou um grupo de variáveis, que deverão ser significativas e de fácil obtenção. A agregação das variáveis fornece um indicador para o critério, de modo a permitir mensurar o tamanho do impacto ao qual o critério está associado. Então o indicador é normalizado, utilizando-se uma “função de impacto ambiental” - FIA - específica. De posse dos indicadores normalizados, os critérios são agregados mediante a utilização de pesos determinados consensualmente pelos decisores. Os valores de cada objetivos serão novamente agregados para a obtenção de um valor global para a avaliação ambiental, que poderá ser de um projeto ou de uma seqüência de projetos. A determinação dos pesos dos critérios e objetivos poderá ser feita através da média aritmética dos diferentes julgamentos atribuídos pelos especialistas ou do consenso entre esses advindo da consideração de regras de comparação dos objetivos e critérios. O consenso deverá levar em conta a duração, possibilidade de ocorrência,

mitigabilidade e os impactos associados, atribuindo os pesos aos diferentes objetivos e critérios ponderados, de modo que o somatório seja igual a 1.

O modelo adota uma estrutura matricial, que se modifica a cada nível do processo de agregação mencionado no parágrafo anterior, apresentando a seguinte seqüência: Matriz Variáveis x Projetos, Matriz Indicadores x Projetos, Matriz Indicadores x Seqüência/Grupo de projetos, Matriz Critérios x Seqüência/Grupo de Projetos e Matriz Objetivos x Seqüência/grupo de Projetos.

As variáveis quantificadas são transformadas em indicadores, por intermédio da normalização; os indicadores são agregados dentro das seqüências/grupo de projetos através de artifícios como somatório, média simples ou média ponderada. Os indicadores por seqüência/grupo de projetos são transformados em critérios por seqüência (nesta etapa a única condição necessária é a de que os indicadores estejam em escalas de valores numéricos entre zero e um, os indicadores qualitativos já são dados nesta forma e os quantitativos são normalizados via a utilização das funções de impacto - FIA). Após isso, os critérios por seqüência/grupo de projetos são passados a objetivos por seqüência/grupo de projetos, mediante o somatório dos produtos de cada critério com os pesos correspondentes. Finalmente, os objetivos por seqüência/grupo de projetos são agregados, utilizando-se pesos relativos a cada objetivo, isso fornecerá a avaliação final.

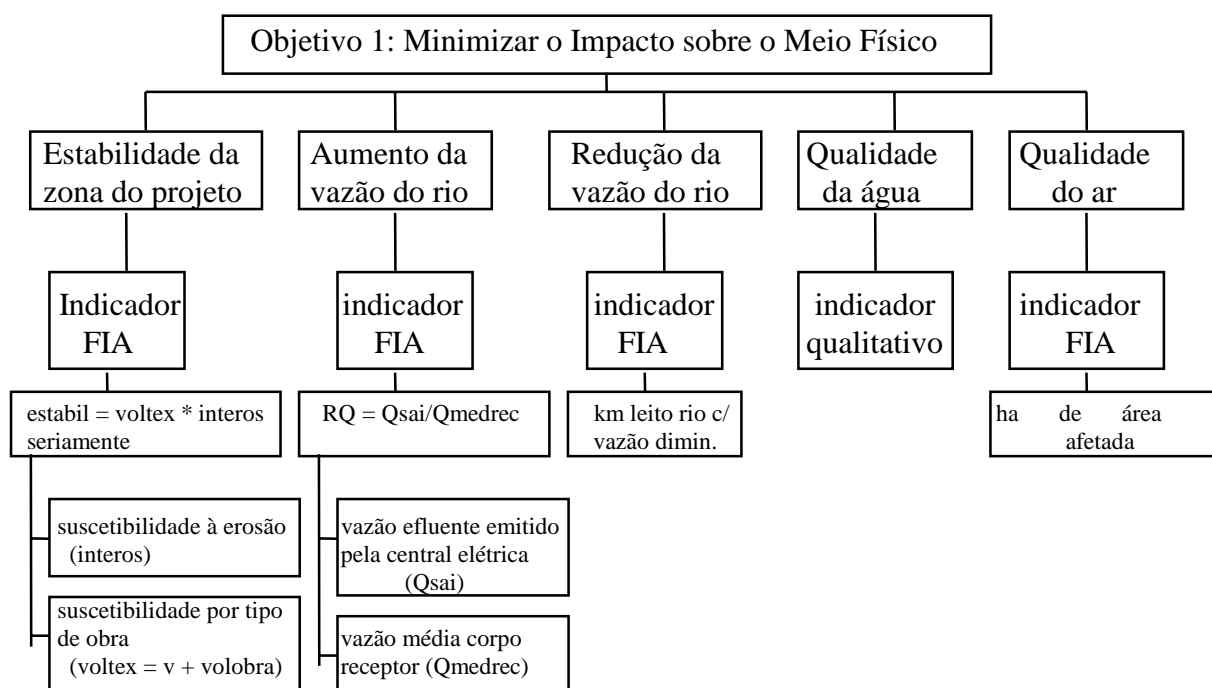
O modelo de avaliação representado pelo módulo ambiental do SUPEROLADE tem inspiração no método Batelle. Além de se inspirar na “Análise de Sistemas” ao propor uma configuração metodológica onde define um objetivo a ser alcançado, avalia alternativas para um mesmo projeto, mediante um sistema formalizado e visa obter uma solução ótima, usando curvas de normalização, fórmulas físicas de modelagem da realidade, software etc.

A metodologia do SUPER utiliza a idéia de selecionar fatores ambientais que representem a realidade estudada. Tal como nos métodos “Sistemas de Redes e

Gráficos” adota para os critérios uma magnitude que irá variar de 0 a 1; considera impactos positivos e negativos, e adota um estrutura matricial.

## 2. Configuração Metodológica:

Especificamente, o modelo SUPEROLADE caracteriza-se pela seguinte estrutura:



Como podemos observar no esquema, os impactos sobre o meio físico são agrupados em cinco categorias principais (critérios): estabilidade da zona do projeto, aumento da vazão do rio, redução da vazão do rio, qualidade da água e qualidade do ar.

Os critérios são representados por valores que variam de 0 a 1, sendo que quanto maior for o valor maior será o impacto do projeto ou grupo de projetos sobre o meio físico. A normalização dos valores dos critérios é feita mediante a aplicação de funções de impacto ambiental (FIA), com exceção para o critério “qualidade da água” que tem um indicador qualitativo. Antes da aplicação da FIA os valores obtidos estarão em unidades e magnitudes diversas, o que impede a agregação direta deles.

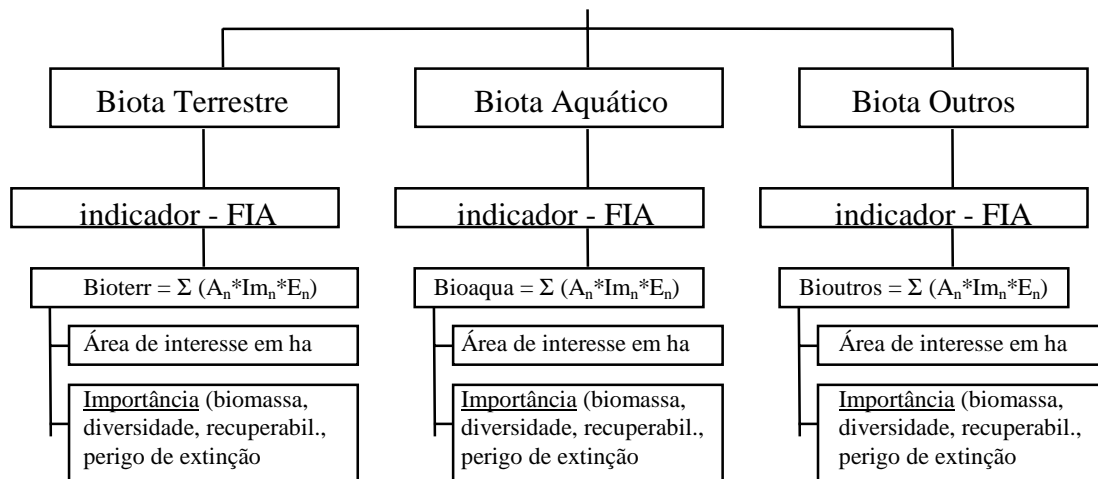
Os elementos situados na parte inferior do esquema representam as variáveis que fornecem os dados básicos para mensurar os respectivos critérios. O critério “estabilidade da zona do projeto” é avaliado segundo as variáveis *suscetibilidade à erosão* e *suscetibilidade à obra*. A *suscetibilidade à erosão* é obtida através de uma tabela que atribui valores para a suscetibilidade à erosão da região, a qual é classificada mediante mapas indicativos. A *suscetibilidade à obra* é indicada o volume de aterro utilizado e escavado para as obras na área da central e para as vias de acesso.

O critério “aumento da vazão do rio” é avaliado mediante as variáveis *vazão do efluente emitido pela central* e *vazão média do corpo receptor no ponto de descarga*. O critério “redução na vazão do rio” é balizado pela extensão do leito do rio com vazão diminuída.

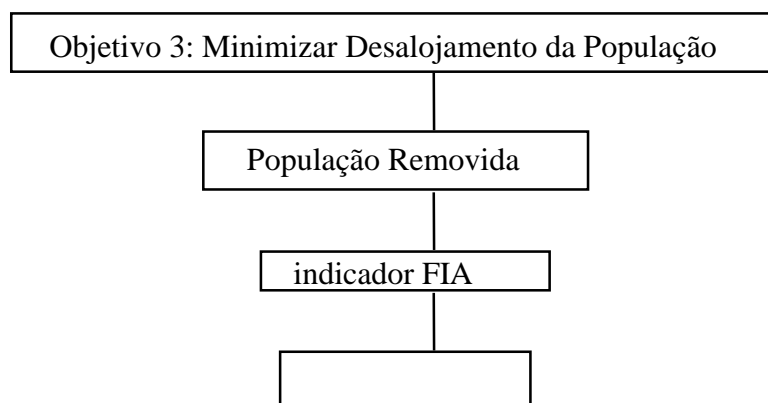
O critério “alteração da qualidade da água” é verificado através das variáveis *qualidade da água afluyente*, *impacto gerado pelo projeto* e *capacidade de recuperação do rio a jusante*. A *qualidade da água afluyente* será resultante da combinação das variáveis densidade de uso da água e da capacidade de recuperação da mesma. O *impacto gerado pelo projeto*, no caso de hidrelétricas, será resultante da combinação das variáveis tempo de retenção da água e capacidade de recuperação, que por sua vez é função da inclinação do rio (maior inclinação implicará em maior oxigenação e maior capacidade de recuperação). Para a *capacidade de recuperação à jusante* deverão ser consideradas as variáveis geomorfologia do rio, existência de cidades ou indústrias e presença de corpos d’água afluentes.

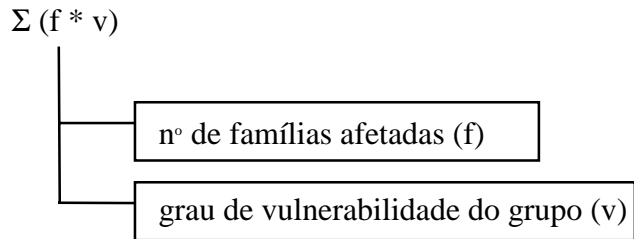
O critério “qualidade do ar” é avaliado através da extensão, em ha, da área seriamente afetada na qualidade do ar. Considera-se como área seriamente afetada aquela onde observa-se até 75 % do nível máximo, estabelecido por lei, da concentração do poluente. Este critério é utilizado apenas para projetos térmicos, uma vez que para hidrelétricas é desconsiderado este efeito.

Objetivo 2: Minimizar Impacto sobre Meio Biótico



Os impactos sobre o meio biótico são caracterizados segundo os critérios: biota terrestre, biota aquático e outros biotas. Em todos os três critérios as avaliações são feitas mediante as variáveis área ocupada pelo ecossistema ( $A_n$ ), importância dos ecossistemas afetados ( $I_n$  - estabelecida por estudos de especialistas) e a excepcionalidade dos ecossistemas afetados ( $E_n$ ). No caso de ecossistemas de excepcional importância, multiplica-se o indicador pela variável fator de excepcionalidade ( $E_n$ ), que será igual a 1 para ecossistemas não-excepcionais e maior do que 1 para os excepcionais. O valor atribuído para excepcionalidade deverá seguir a seguinte lógica: ele será tanto maior quanto a excepcionalidade do ecossistema e o valor definido irá refletir o quanto se estaria disposto a sacrificar de outro ecossistema (não excepcional) para preservar aquele avaliado. Assim, caso o valor definido seja igual a 2, isso significa que você estará disposto a sacrificar o dobro da área (pois estará multiplicando  $A_n$  por 2, portanto o impacto neste caso será maior) de outro ecossistema para preservar aquele.





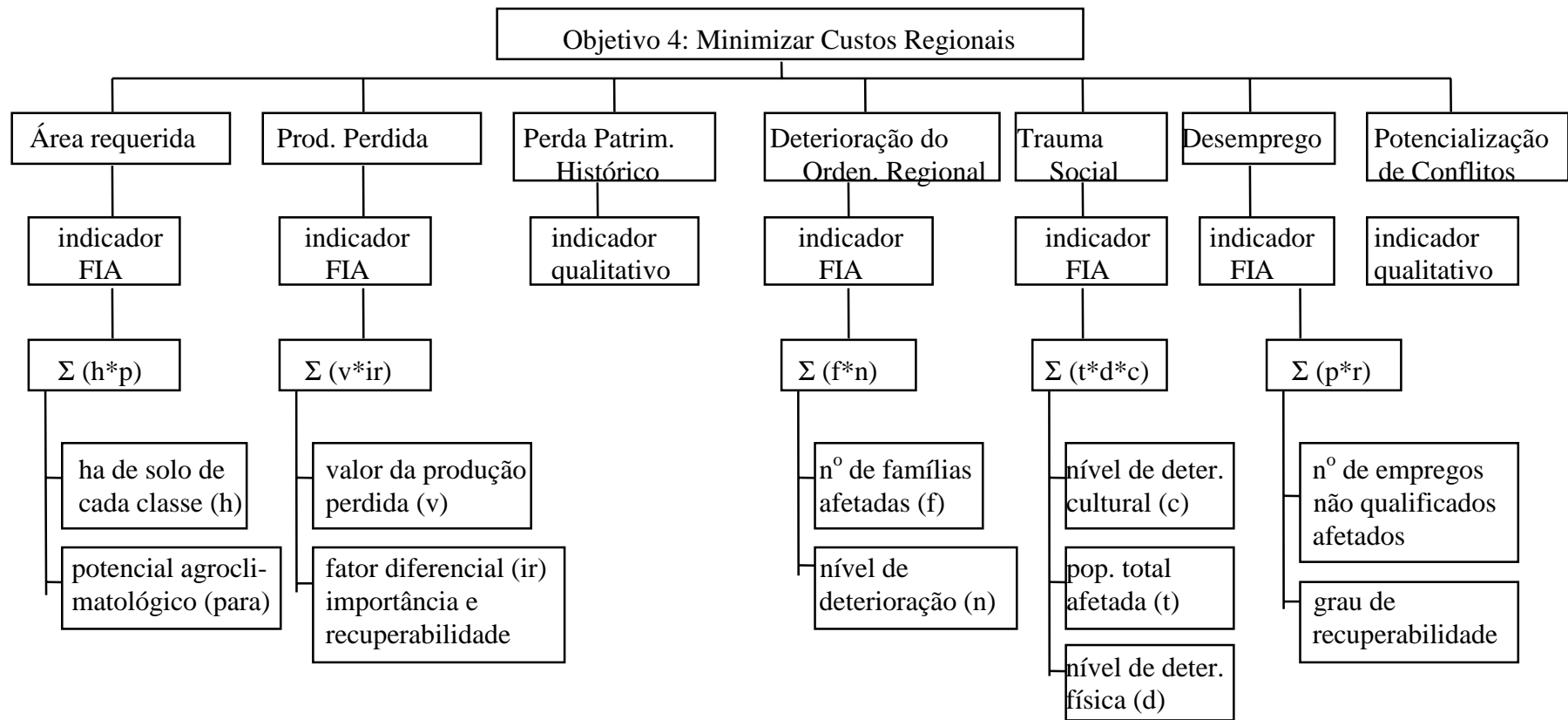
O desalojamento da população é avaliado segundo o critério “população removida” que é operacionalizado mediante as variáveis número de famílias afetadas e o grau de vulnerabilidade do grupo afetado (sendo este maior para grupos mais vulneráveis, como minoriais étnicas e pequenos produtores).

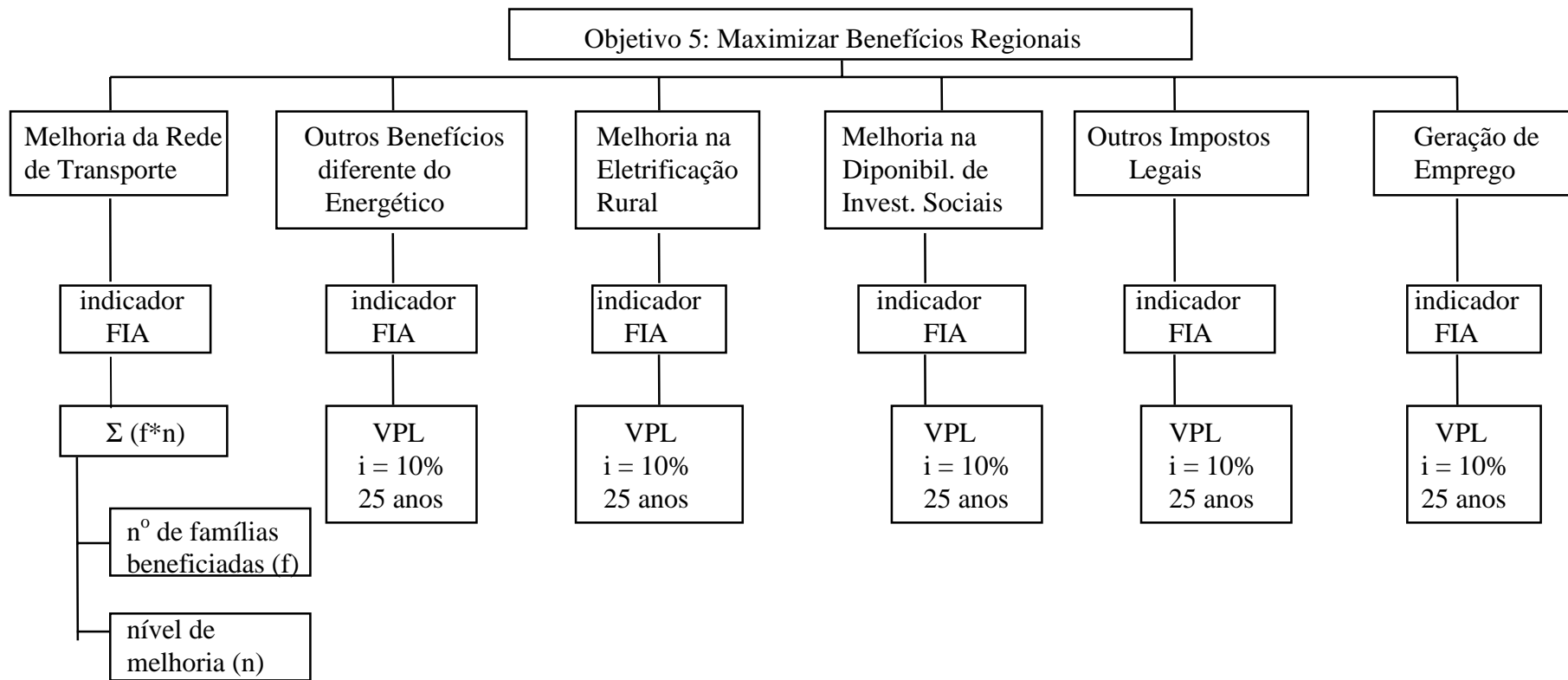
Os impactos sobre os custos regionais são estruturados segundo os critérios: “área total requerida”, “produtividade perdida”, “perda de patrimônio histórico”, “deterioração do ordenamento regional”, “trauma social”, “desemprego” e “potencialização de conflitos”. A área total requerida é avaliada pela extensão, em ha, de solo perdido e pelo potencial agroclimatológico deles (sendo maior para solos mais produtivos). A produtividade perdida é medida por intermédio do valor da produção perdida e por um fator diferencial que é função da perda ser total ou não e da capacidade da produção perdida ser recuperada. A perda do patrimônio histórico é balizada mediante a capacidade de recuperação apenas de bens culturais tangíveis.

A deterioração do ordenamento regional é operacionalizada através do número de famílias afetadas e do nível de deterioração físico-regional verificado, que é função da reversibilidade do impacto. O trauma social é avaliado segundo as variáveis deterioração cultural, população afetada e deterioração física (que é função da capacidade adaptativa da região e do tipo de modificação operada pelo projeto - passagem obrigatória ou receber população flutuante). O desemprego é medido pelas variáveis número de empregos não-qualificados extintos e grau de recuperabilidade destes postos (sendo mais alto para maior dificuldade de recuperação). A potencialização de conflitos é operacionalizada mediante as variáveis nível de conflito



preexistente na região e potencial do empreendimento de gerar ou intensificar conflitos.





Os benefícios regionais são organizados segundo os critérios: “melhoria na rede de transporte”, “benefícios não-energéticos”, “melhoria na eletrificação rural”, “maior disponibilidade para investimentos sociais”, “outros investimentos legais” e “geração de emprego”. A melhoria na rede de transporte é avaliada pelo número de famílias beneficiadas e pelo nível de melhoria verificado. Os benefícios não-energéticos, a melhoria na eletrificação rural, a disponibilidade para investimentos sociais e outros investimentos legais são balizados pelo valor líquido presente dos recursos disponibilizados, para um horizonte de 25 anos e supondo taxa de atualização de 10% aa. A geração de emprego é operacionalizada através do número de postos de emprego criados e do tipo de emprego gerado, tendo maior pontuação os emprego gerados diretamente pelo projeto e de caráter permanente.

## **IV. A METODOLOGIA DO CEPEL**

### **1. Aspectos Teóricos**

Por se tratar de uma metodologia desenvolvida para a avaliação de impactos ambientais na fase de inventário das bacia hidrográficas, ela apresenta algumas características próprias em sua implementação. Tais características são:

1. A necessidade de sistematizar o conteúdo e os procedimentos dos estudos ambientais de forma a tornar efetiva a incorporação dos aspectos ambientais na comparação e seleção de alternativas de divisão de queda dentro do enfoque multi-objetivo.
2. A avaliação de impactos ambientais é utilizada como instrumento de planejamento, de modo a permitir a hierarquização das alternativas estudadas, e não somente como um procedimento para identificação de prováveis impactos e medidas mitigadoras.
3. A flexibilidade operacional da metodologia, que vem a ser a capacidade da metodologia em estabelecer um conjunto de diretrizes visando a padronizar os critérios ambientais de análise e a habilitar a metodologia desenvolvida aos estudos de inventário de bacias hidrográficas situadas nas diversas regiões do país.
4. Ênfase para a representação espacial dos aspectos ambientais. A espacialização dos processos e dinâmicas existentes permite a identificação de processos sinérgicos entre aproveitamentos e de aspectos sistêmicos inerentes à bacia hidrográfica.
5. Abordagem interdisciplinar nas análises realizadas, respeitando as especificidades das disciplinas envolvidas nos estudos.
6. Ênfase à etapa de diagnóstico ambiental, constituindo-se em fator determinante para a qualidade dos estudos realizados. Na etapa de diagnóstico será engenhada

toda a base para a análise ambiental, empreendendo-se uma caracterização ambiental com tratamento interpretativo e aplicações prática.

7. As informações quantitativas e qualitativas disponíveis devem ser tratadas e formatadas adequadamente à metodologia, de modo a reduzir a obtenção de dados primários, muito subjetivos ou incertos.

As etapas tradicionais dos estudos de avaliação de impactos ambientais (diagnóstico ambiental, identificação e previsão dos impactos, análise dos impactos propriamente dita e proposição de medidas mitigadoras) estão presentes na metodologia desenvolvida pelo CEPEL. A necessidade de articulação entre o desenvolvimento dos estudos ambientais e de engenharia, as etapas e os procedimentos metodológicos adotados para avaliação de impactos levou à seguinte sistematização:

1. *Levantamento de Dados*
2. *Diagnóstico Ambiental*
3. *Avaliação de Impactos Ambientais por Aproveitamento para Estudos Preliminares*
4. *Consolidação do Diagnóstico Ambiental*
5. *Avaliação dos Impactos Ambientais das Alternativas e Índice Ambiental nos Estudos Finais.*

A flexibilidade da metodologia do CEPEL aliada à ênfase que é dada à fase de diagnóstico ambiental, revelam diferenças significativas entre essa metodologia e a desenvolvida no modelo SUPEROLADE. Nesse último, a etapa de diagnóstico é bastante reduzida e as variáveis utilizadas encontram-se definidas *a priori*.

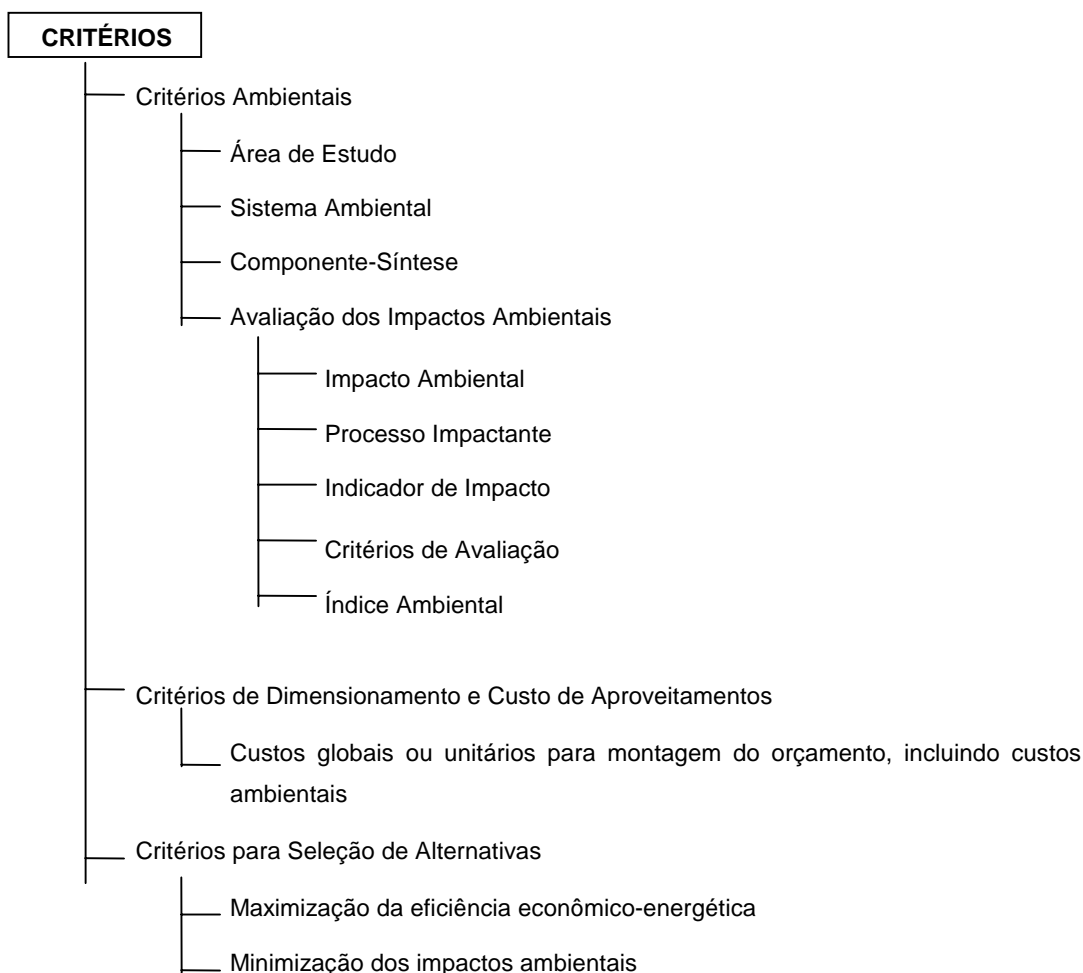
## **1. 1. Critérios adotados**

Como foi mencionado anteriormente, a metodologia desenvolvida destina-se à avaliações de impactos ambientais na fase de inventário hidrelétrico de uma bacia

hidrográfica, por isso teria como critério básico “a maximização da eficiência econômico-energética em conjunto com a minimização dos impactos ambientais. Conseqüentemente, para sua realização devem ser estabelecidos critérios de natureza energética, econômica, ambiental e técnica de engenharia” (PIRES, 1997). Nesse sentido, os critérios adotados são os seguintes:

1. Ambientais;
2. De dimensionamento e custo de aproveitamento;
3. Para seleção de alternativas.

O esquema adotado pela metodologia:



### 1.1.1. Critérios ambientais:

Critérios Ambientais	Objetivos	Observações
Área de Estudo	1. Possibilitar a análise	• Os limites da área de

Critérios Ambientais	Objetivos	Observações
	<p>dos processos ambientais inerentes à bacia hidrográfica inventariada, a qual deverá ser incluída em sua totalidade;</p> <p>2. Permitir a identificação e avaliação dos processos impactantes gerados pelo desenvolvimento do potencial hidrelétrico da bacia hidrográfica.</p>	<p>estudo deverão ser definidos na etapa de Planejamento dos Estudos, ajustando sempre que necessário e respeitando as especificidades dos processos ambientais envolvidos que, com frequência, não estão restritos a limites fisiográficos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A caracterização dos processos e atributos físicos envolvidos na Área de Estudo é feita na fase de Diagnóstico Ambiental e servirá como "substrato" aos estudos e às estruturas necessárias aos Componentes-Síntese.</li> </ul>
<b>Sistema Ambiental</b>	<p>1. Garantir uma análise sistêmica da realidade estudada, permitindo a consideração de aspectos relevantes a A.I.A..</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A análise do sistema ambiental requer um enfoque multi e interdisciplinar sobre os processos físico-bióticos, sociais, culturais, econômicos, políticos e das respectivas inter-relações;</li> <li>• A representação do sistema ambiental é operacionalizada através de uma estrutura analítica composta por seis componentes, denominados "componentes-síntese".</li> </ul>
<b>Componente-Síntese</b>	<p>1. Permitir a compreensão da globalidade dos processos segundo os quais os elementos ambientais interagem;</p> <p>2. Evidenciar as questões de maior relevância que emergem das interações aproveitamento hidrelétrica/ alternativa-Área de Estudo;</p> <p>3. Conferir seletividade ou poder de diferenciação na comparação entre alternativas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os elementos ambientais que constituem os Componentes-Síntese são denominados "elementos de caracterização" (EC);</li> <li>• Os EC's não devem ser considerados segundo as categorias tradicionais dos estudos ambientais: físico, biótico e sócio-econômico. Tal consideração poderá gerar equívocos, uma vez que um Componente-Síntese pode ser arranjado de modo a contar com elementos das três categorias mencionadas.</li> </ul>
<b>Avaliação dos Impactos Ambientais</b>	<p>1. Subsidiar a comparação e seleção das alternativas de divisão de queda. Para isso, adotada-se uma estrutura que inclui os conceitos apresentados na coluna ao lado.</p>	<p><u>Impacto ambiental:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• É alteração potencialmente desfavorável (impacto negativo) sobre um Componente-Síntese ou sobre o Sistema Ambiental.</li> </ul>



Critérios Ambientais	Objetivos	Observações
		<p><u>Processo Impactante:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• É o conjunto de alterações relacionadas aos impactos ambientais quando considerados ao nível do Componente-Síntese.</li> </ul> <hr/> <p><u>Indicador de Impacto:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A partir da identificação genérica dos principais Processos Impactantes são selecionados os elementos capazes de avaliarem os impactos do empreendimento sobre o meio ambiente e de conferirem diferenciação entre as alternativas comparadas, constituindo assim o Indicador de Impacto.</li> <li>• Os Elementos de Avaliação (EA) guardam correspondência com os EC's.</li> <li>• Deve ser buscado o equilíbrio entre EA quantitativo e EA qualitativo, evitando que os aspectos mais facilmente quantificáveis sejam privilegiados na análise.</li> </ul> <hr/> <p><u>Critérios de Avaliação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientam a análise, direcionando o enfoque da AIA e apontando aspectos a serem privilegiados na construção dos indicadores e valoração dos Índices Ambientais.</li> </ul>
		<p><u>Índice Ambiental:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• É o valor numérico que expressa a intensidade do impacto ambiental, sendo o resultado da avaliação de impacto, variando em uma escala contínua de ZERO (mínimo impacto) a UM (máximo Impacto).</li> <li>• É o resultado da Avaliação de Impacto Ambiental de um aproveitamento ou conjunto de aproveitamentos sobre um determinado Componente-Síntese.</li> <li>• A combinação dos Índices Ambientais dos aproveitamentos geram o índice da alternativa de divisão de queda para um determinado Componente-Síntese.</li> </ul>

Critérios Ambientais	Objetivos	Observações
		<ul style="list-style-type: none"> <li>A agregação dos Índices Ambientais relativo a todos os Componentes-Síntese de uma determinado aproveitamento gera um valor que expressa o impacto total sobre a área de estudo, representando o grau de atendimento do objetivo de minimização dos impactos ambientais.</li> </ul>

### 1.1.2. Critérios de dimensionamento e custo de aproveitamentos

Os critérios aqui adotados são utilizados nos estudos preliminares e finais. Durante a fase de estudos preliminares “o critério para a estimativa de custo é o da utilização de gráficos onde são obtidos os custos globais ou unitários de obras, serviços ou equipamentos em função de um parâmetro de entrada. O objetivo é o de se obter os custos de obras civis e equipamentos em grandes blocos para montagem rápida e simples do orçamento do aproveitamento” (PIRES, 1997). Na etapa de estudos finais há um detalhamento dos resultados e informações obtidas na etapa anterior.

Os custos ambientais que serão efetivamente internalizados deverão ser estimados para que se possa avaliar o custo de implantação dos aproveitamentos, devendo ser estimados os seguintes custos: custos de controle, custos de mitigação, custos de compensação, custos de monitoramento e custos institucionais (envolvidos na confecção do EIA/RIMA, na obtenção das licenças ambientais e na realização de audiências públicas).

### 1.1.3. Critérios para seleção de alternativas

Aqui adota-se o critério básico de “maximização da eficiência econômico-energética em conjunto com a minimização dos impactos ambientais” (PIRES, 1997). Na etapa de “Estudos Preliminares” o critério é utilizado para eliminar as alternativas

não competitivas, tanto do ponto de vista da eficiência econômico-energética, como sob o ponto de vista dos impactos ambientais. Já na etapa de “Estudos Finais” o critério é utilizado para identificar a alternativa que “será utilizada nos estudos subsequentes da cadeia de planejamento da expansão do Setor Elétrico” (PIRES, 1997).

## **2. Configuração Metodológica**

A metodologia desenvolvida encontra-se estruturada para acompanhar as fases compreendidas em um estudo de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas: Planejamento do Estudos, Estudos Preliminares e Estudos Finais. A seguir é apresentado um esquema da metodologia nas diferentes etapas e um resumo das mesmas, considerando para isso o Relatório Técnico 143/97 do CEPEL:

## Esquema da Metodologia:

### Planejamento dos estudos

- Coleta e análise dos dados disponíveis
- Relatório de planejamento dos estudos
  - Aspectos Ambientais
  - Identificação preliminar das alternativas/estimativa do potencial energético
  - Programas de trabalhos/estimativa de custo

### Estudos preliminares

- Levantamento de dados ambientais
- Diagnóstico ambiental
- Avaliação dos impactos ambientais por alternativa
- Comparação e seleção das alternativas
  - Índice ambiental da alternativa de divisão de queda
    - Composição do índice de impacto de alternativa sobre cada componente-síntese**  
 $IAC = \sum I_{max_{SAi}} \times P_{SAi}$ , onde  $I_{max_{SAi}}$  é o maior índice de impacto dos **aproveitamentos** que afetam a sub-área  $i$  e  $P_{SAi}$  é o peso dado, variando de 0 a 1, cuja soma equivale a 1.
    - Composição do índice de impacto de alternativa sobre o Sistema Ambiental**  
 $IA = \sum IAC_i \times P_{ci}$ , onde  $IAC_i$  é o índice de impacto da **alternativa** sobre o componente-síntese e  $P_{ci}$  é o fator de ponderação do componente-síntese, variando de 0 a 1, cuja soma equivale a 1.

### Estudos finais

- Consolidação dos dados e investigação complementares
  - Dados ambientais
- Consolidação do diagnóstico ambiental
- Avaliação dos impactos ambientais das alternativas
  - Revisão da identificação dos processos impactantes relativos aos aproveitamentos isolados
  - Avaliação do impacto ambiental sinérgico (...)**
- Comparação e seleção das alternativas
  - Índice ambiental
  - Definição da alternativa escolhida (...)**

## 2.1. Planejamento dos estudos

Tem como objetivo planejar as etapas posteriores do Estudo de Inventário. As fases desta etapa serão apresentadas a seguir.

### 2.1.1. Coleta e análise dos dados disponíveis

Sub-fase	Objetivos	Observações
-	<ul style="list-style-type: none"><li>Reunir os dados existentes que sejam úteis aos estudos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Recorrer a órgãos que centralizem informações específicas e a projetos e estudos que contemplem a bacia hidrográfica em questão.</li><li>Sistematizar e geo-referenciar os dados quando possível.</li><li>Elaborar mapas temáticos utilizando uma base cartográfica única.</li><li>Construir o "mapa-síntese" a partir da representação cartográfica simultânea das informações, destacando possíveis restrições, problemas e conflitos; identificar locais barráveis; definir a área de estudo a ser considerada nas etapas posteriores e elaborar o roteiro para o reconhecimento de campo</li></ul>

### 2.1.2. Relatório de planejamento dos estudos

Nessa fase ocorre a elaboração do relatório técnico-gerencial. Deve conter uma avaliação do potencial energético e das restrições impostas aos empreendimentos na bacia estudada, o programa de trabalho com atividades, prazos e custos para a realização dos Estudos de Inventário nas fases posteriores.

Sub-fase	Objetivos	Observações
<b>Aspectos ambientais</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Sistematizar as informações ambientais obtidas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>É um item específico do relatório, apresentando a caracterização ambiental, os usos múltiplos da bacia, os mapas temáticos e o mapa-síntese.</li></ul>
<b>Identificação preliminar da alternativa de divisão de queda e estimativa do potencial energético</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Estabelecer o conjunto das possíveis divisões de queda da bacia hidrográfica.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Estabelecer alternativas de modo a aproveitar a totalidade da queda disponível.</li><li>Os arranjos da divisão de queda consideram os reservatórios de regularização nos trechos de montante e a possibilidade de reversão de parte das águas para</li></ul>

Sub-fase	Objetivos	Observações
		outras bacias.
<b>Programa de trabalhos a executar e estimativa de custos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar uma proposta discriminando serviços, cronogramas de execução, custos, recursos humanos e equipamentos necessários às fases posteriores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir a área de estudo a ser considerada, apontando levantamentos complementares e estudos necessários à formulação dos componentes-síntese e às estimativas dos custos ambientais do estudo.</li> <li>Definir a equipe técnica para cada atividade, indicando a capacitação requerida para a execução da mesma.</li> </ul>

## 2.2. Estudos preliminares

Os estudos ambientais empreendidos nesta etapa promovem o conhecimento prévio dos prováveis impactos ambientais associados a cada aproveitamento e a cada uma das alternativas em análise. Esses aspectos ambientais, evidenciados pelos estudos, serão incorporados como critérios para formulação de alternativas de divisão de queda e concepção de aproveitamentos, fornecendo importantes informações para a estimativa dos custos ambientais associados aos empreendimentos.

Nessa etapa são obtidos índices de impacto ambiental para cada alternativa analisada, permitindo comparações, a partir de um enfoque multiobjetivo, e a seleção daquelas que irão ser objeto de análise nos Estudos Finais.

### 2.2.1. Levantamento de dados ambientais

Tem como objetivo obter dados ambientais complementares aos reunidos na fase de Planejamento dos Estudos. O levantamento deverá ser feito em uma perspectiva interdisciplinar. A equipe responsável deverá trabalhar de forma integrada, reunindo informações úteis à conformação dos conteúdos dos componentes-síntese. Em alguns casos serão necessários estudos de campo,

uma vez que a maioria dos dados disponíveis encontram-se em fontes secundárias.

### 2.2.2. Diagnóstico ambiental

Os principais objetivos nesta fase dos estudos são:

- Fornecer informações pertinentes à formulação das alternativas de divisão de queda e concepção dos aproveitamentos e;
- Construir uma base referencial para a avaliação de impactos dos aproveitamentos e das alternativas de divisão de queda.

A estruturação dos objetivos a serem atingidos na abordagem do CEPEL, considerando a realidade de cada estudo empreendido, deverá respeitar os aspectos mencionados no quadro abaixo:

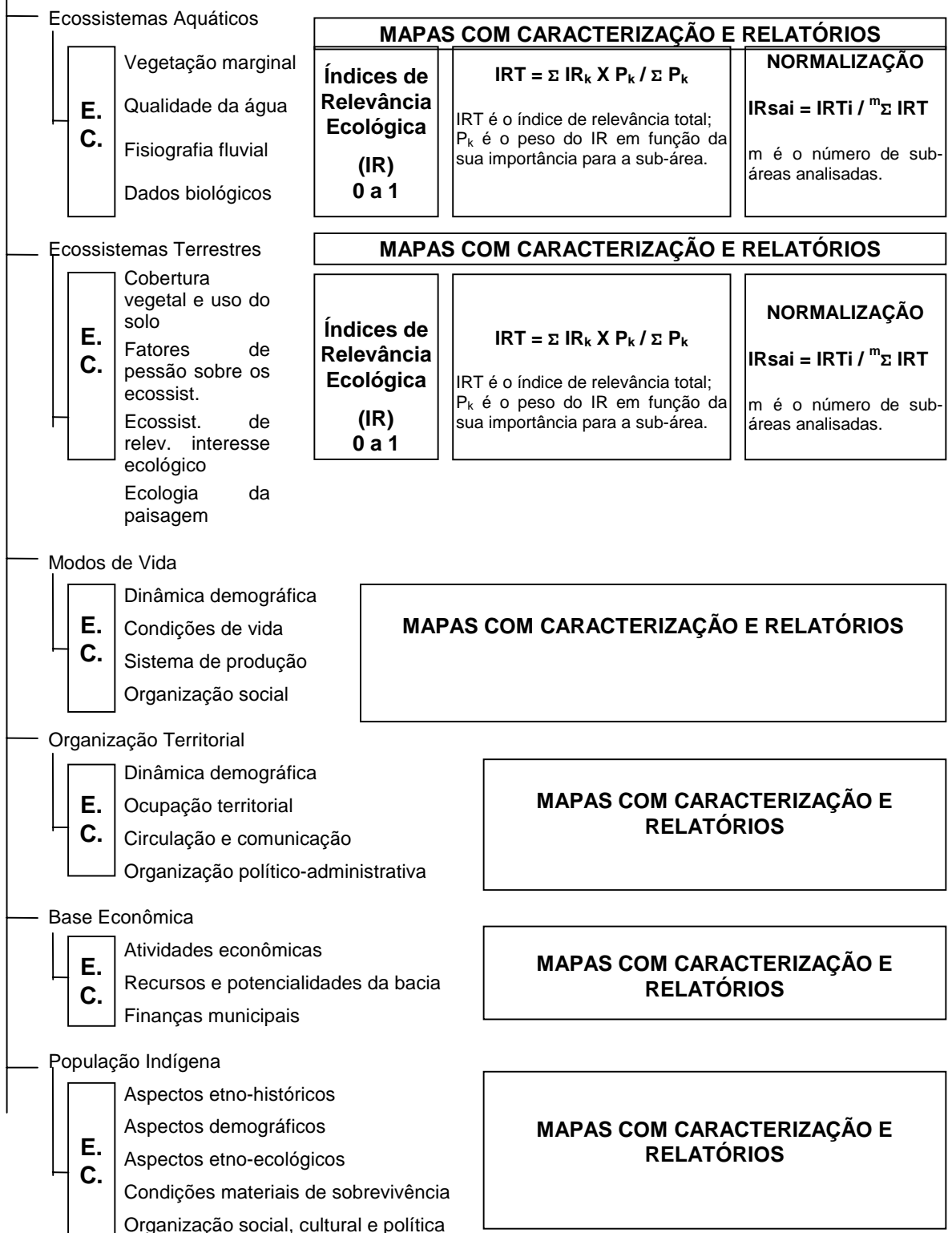
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Representação Espacial</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geo-referenciamento na área de estudo das informações relativas a cada componente-síntese, integrando os elementos de caracterização em um único quadro referencial.</li> <li>• A área de estudo quando analisada a partir da dinâmica de um determinado componente-síntese poderá não ser homogênea o que justifica a divisão da área de estudo em sub-áreas de análise para determinado componente-síntese.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Resultado do Diagnóstico:</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir um mapa para cada componente-síntese acompanhado da descrição dos aspectos diferenciadores de cada sub-área, destacando aspectos notáveis, áreas especiais e conflitos existentes ou potenciais.</li> <li>• Consolidar as análises feitas para os componentes-síntese, compondo o quadro ambiental da área de estudo. Um mapa-síntese poderá ser gerado a partir da superposição dos mapas de cada componente-síntese.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Componentes-Síntese:</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O sistema ambiental está operacionalizado nos seguintes componentes: ecossistemas aquáticos, ecossistemas terrestre, modos de vida, organização territorial, base econômica e população indígena.</li> <li>• Os processos e atributos físicos não são considerados como um componente-síntese, mas sim como elementos básicos para as análises dos seis componentes mencionados. Dessa forma, deve-se iniciar a diagnose ambiental pela caracterização dos processos e atributos físicos da área de estudo.</li> </ul>

Cabe um detalhamento esquemático desta etapa dos estudos:

Processos e atributos físicos

- Processos morfodinâmicos
- Dinâmica de cheias
- Compartimentação do relevo
- Propriedades físico-químicas dos solos

Componentes-Síntese





### 2.2.2.1. Processos e atributos físicos

Nesta etapa de Estudos Preliminares é feita uma extensa caracterização dos aspectos físicos envolvidos na área de estudo. Embora não constitua um componente-síntese, é considerado como tal por servir de embasamento à operacionalização dos componentes-síntese propriamente ditos. No quadro abaixo é possível visualizar as principais características das investigações empreendidas nesta sub-fase do Diagnóstico Ambiental.

Objetivo	Observações
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar e analisar os aspectos físicos prioritários, ou seja, aqueles que melhor evidenciam as interações entre aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não são necessárias extensas caracterizações. A interpretação e tratamento apropriados de dados secundários e de um conjunto de dados primários permite construir um quadro referencial compreensivo para a análise dos impactos ambientais dos aproveitamentos e das alternativas.</li> <li>• O nível de detalhamento da análise empreendida deve ser compatível com os conteúdos dos componentes-síntese.</li> <li>• <u>Aspectos geológicos.</u> Identificar as unidades e estruturas geológicas, litologias associadas e potencial mineral. A compartimentação geológica deverá considerar a resistência dos materiais, condicionamentos do relevo e potencialidades.</li> <li>• <u>Aspectos geomorfológicos.</u> Identificar as principais feições e processos morfodinâmicos atuantes. A compartimentação deverá considerar a diversidade de relevo e dos processos atuantes.</li> <li>• <u>Aspectos pedológicos e edáficos.</u> Apontar as principais unidades de solos, identificando suas potencialidades e restrições de uso. Deve ser evidenciadas as classes de aptidão agrícola e a susceptibilidade à erosão.</li> <li>• <u>Hidrologia e climatologia.</u> Caracterização do regime hidro-climático, das descargas superficiais e das águas subterrâneas.</li> <li>• <u>Qualidade das águas.</u> Este elemento será de grande importância aos componentes-síntese Ecossistemas Aquáticos, Base Econômica e Modos de Vida, devendo levar em conta a manutenção da diversidade biológica (utilizar indicadores de qualidade de água), uso dos recursos hídricos (utilizar indicadores de potabilidade e pureza para determinar os usos doméstico e das atividades econômicas) e ocorrência de doenças de veiculação hídrica (levantar indicadores que levem em conta as fontes de contaminação por efluentes domésticos e o quadro epidemiológico regional).</li> </ul>

A partir das informações produzidas, poderão ser identificados os seguintes eventos na área estudada:

- Processos morfodinâmicos;
- Dinâmica de cheias;
- Compartimentação do relevo e
- Propriedade físico-químicas dos solos.

A síntese dos dados das etapas anteriores permitirá a confecção de mapas localizando a compartimentação física da região; a aptidão agrícola dos solos e a suscetibilidade à erosão; os recursos minerais existentes; o patrimônio geomorfológico; e a qualidade das águas. Este mapa, com todas as informações associadas, será utilizado para a etapa posterior onde os componentes-síntese são utilizados para o diagnóstico e avaliação ambiental propriamente ditos.

#### **2.2.2.2. Componentes-síntese**

A abordagem adotada pelo CEPEL para a avaliação dos impactos ambientais estrutura a realidade em seis categorias de análise:

- Ecossistemas Aquáticos
- Ecossistemas Terrestres
- Modos de Vida
- Organização Territorial
- Base Econômica
- População Indígena

Os resultados obtidos nesta sub-fase deverão ser consolidados de modo a possibilitarem a confecção do diagnóstico ambiental. Para isso são utilizados os elementos de caracterização (EC) como forma de operacionalização da análise. A síntese dos EC's deve permitir a compreensão da dinâmica do componente-síntese avaliado em cada sub-área estudada. Na tentativa de facilitar a comparação entre as

sub-áreas são sugeridas seqüências de procedimentos que visam a gerar relações numéricas, variando em uma escala de 0 a 1 (índice de relevância ecológica - IRsa), que representem a contribuição de cada sub-área para a manutenção da dinâmica mencionada. Os EC's permitem uma abordagem qualitativa da realidade estudada, enquanto os IRsa's facilitam a quantificação e a comparação padronizada das alternativas.

### 2.2.2.2.1. Ecossistemas aquáticos

Elementos de Caracterização e Indicadores Adotados	Índices de Relevância Ecológica (IRsa) - variando de 0 a 1
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vegetação Marginal (VM) - mata-ciliar, mata-galeria, mata-de-várzea, mata-de-igapó, etc.)</li> </ul>	<p>VM = <math>Ld + Le / 2Lt</math>, sendo:</p> <p>Ld = extensão marginal da rede de drenagem provida de vegetação na margem direita;</p> <p>Le = extensão marginal da rede de drenagem provida de vegetação na margem esquerda;</p> <p>Lt = extensão marginal total do sistema provida de vegetação.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade da Água (QA) - sistemas não comprometidos quanto as suas características ecológicas, sem a presença de poluição (classe A = 3); sistemas com algum grau de comprometimento de suas características ecológicas, refletindo a interferência de fontes poluidoras (classe B = 2); sistemas com alto comprometimento de suas características ecológicas pela intensidade das atividades poluidoras (classe C = 1).</li> </ul>	<p>QA = classe sub-área/classe melhor.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fisiografia Fluvial - hierarquia fluvial, densidade de drenagem, diversidade física do canal fluvial, lagoas marginais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hierarquia Fluvial: canais de primeira ordem (menores canais e sem tributários = 1); canais de segunda ordem (surgem da confluência de dois canais de primeira ordem = 2); canais de terceira ordem (oriundos da junção de um canal de segunda ordem com outro de primeira ou segunda ordem = 3); canais de quarta ordem (surgem da junção de dois de terceira ordem = 4) etc.</li> <li><b>Hierarquia Fluvial Relativa (HFR) = Ordem sub-área / Ordem máxima.</b></li> <li>Densidade de Drenagem (DD): é obtida para cada sub-área pela relação entre o número de confluências e a</li> </ul>

Elementos de Caracterização e Indicadores Adotados	Índices de Relevância Ecológica (IRsa) - variando de 0 a 1
	<p>área de drenagem de cada sub-área.  <b>DD = DD sub-área / DD máxima.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Diversidade Física do Canal Fluvial:</b> a hipótese assumida aqui é a de que quanto maior a diversidade ambiental de um canal fluvial maior será o número de espécies presentes. Sugere-se a aplicação do Índice de Shannon (S) para expressar a relação citada, onde <math>S = \sum P_i \cdot \log P_i</math>, "i" variando de 1 a n, sendo "Pi" o percentual da superfície da sub-área ocupada por cada ambiente identificado e "n" o número de ambientes na sub-área.  <b>Diversidade Relativa de Ambientes (DRA) = S sub-área / S máxima.</b></li> <li>• <b>Lagoas Marginais (LM):</b> a presença de lagoas marginais está associada a diversidade ambiental, capacidade de suporte e estabilidade do sistema ambiental. Uma vez confirmado o uso dos complexos lacustres pela fauna reofílica, deve ser obtida a área ocupada por tais corpos lânticos em cada sub-área.  <b>LM = A sub-área / A máxima.</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dados Biológicos</b> - biologia e ecologia das espécies ícticas mais representativas (dados bibliográficos); identificação e espacialização das principais rotas migratórias, reprodutivas, reprodutivas e tróficas; identificação e espacialização das áreas de maior produtividade pesqueira (volume de captura - série histórica, esforço de pesca empregado); identificação das principais espécies, sobretudo as espécies migradoras e as espécies associadas a ambientes de elevada energia hidrodinâmica e ocorrência de outras espécies da fauna vertebrada. Os dados biológicos referentes às espécies deverão ser organizados segundo o esquema abaixo:          .Classif. - espécie e gênero          .Distrib. Geogr. - endêmico ou não endêmico          .Distrib. Mesoespacial - cabeceira, baixada ou trechos intermediários          .Distrib. Ambiental - remansos ou corredeiras</li> </ul>	<p>Não há associação direta a um índice nesse item.</p>

Elementos de Caracterização e Indicadores Adotados	Índices de Relevância Ecológica (IRsa) - variando de 0 a 1
.Porte - grande, médio ou pequeno .Háb. Migratórios - ausentes, facultativos ou obrigatórios	

Com este conjunto de índices obtém-se o índice de relevância total de cada sub-área (IRT). Cada um dos IR<sub>k</sub>'s são ponderados (P<sub>k</sub>) em função da sua importância como indicador de relevância ecológica de cada sub-área, atribuindo-se pesos 1 ou 2. Os pesos maiores são dados àqueles parâmetro que, dentro de cada sub-área, têm maior importância como agente determinante na ocorrência e manutenção da dinâmica analisada.

O IRT é obtido pela média ponderada dos IR<sub>k</sub>'s. Para normalizar o índice de relevância ecológica de cada sub-área (Irsa<sub>i</sub>) no contexto da área de estudo total aplica-se:

$$Irsa_i = IRT_i / \sum_i^m IRT$$

Onde "m" é o número de sub-áreas analisadas.

#### 2.2.2.2. Ecossistemas terrestres:

Elementos de Caracterização e Indicadores Adotados	Índices de Relevância Ecológica (IRsa) - variando de 0 a 1
•Cobertura Vegetal e Uso do Solo na Bacia - mapeamento das fitoformações naturais da bacia com auxílio de sensoriamento remoto e outros recursos cartográficos existentes.	• <u>Vegetação Marginal (VM)</u> : é obtido pela relação entre a extensão marginal da rede de drenagem provida de vegetação e a extensão total dos sistema provida de vegetação. $VM = Ld + Le / 2Lt$ , onde Ld é a extensão marginal da rede de drenagem provida de vegetação na margem direita; Le é a extensão marginal da rede de drenagem provida de vegetação na margem esquerda e Lt é a extensão marginal total do sistema provida de vegetação.
•Fatores de Pressão sobre os Ecossistemas - evolução da exploração de recursos naturais e expansão de áreas agrícolas (extrativismo,	Não há associação direta a um índice nesse item.

Elementos de Caracterização e Indicadores Adotados	Índices de Relevância Ecológica (IRsa) - variando de 0 a 1
agropecuária, desmatamento etc.).	
<p>• <u>Ecossistemas de Relevante Interesse Ecológico</u> - caracterizar os ecossistemas importantes pela função que exercem na manutenção da diversidade biológica (ecótonos; ecossistemas ameaçados; ecossistemas sob proteção legal; ecossistemas mantenedores de espécies ameaçadas de extinção; ecossistemas importantes na manutenção de fluxos populacionais).</p>	<p>Não há associação direta a um índice nesse item.</p>
<p>• <u>Ecologia da Paisagem</u> - avaliar a capacidade da área de estudo para manter espécies da fauna e o nível geral de insularização da cobertura vegetal nativa.</p> <p>* <u>Forma Média dos Remanescentes Florestais (FM)</u> - inspira-se na forma e na função desenvolvida por Thompson (1961) para sistemas em geral. Onde quanto menor for a relação perímetro(P)/área(A) maior será a capacidade de retenção de atributos internos (no caso, seres vivos). <math>FM = \frac{[\sum_{i=1}^n P/2(Ap)^{1/2}]}{n}</math>, sendo "n" o número de remanescentes.</p> <p>* <u>Isolamento entre os Mosaicos (IM)</u> - a distância entre os remanescentes florestais fragmentados permite avaliar o nível de insularização. O isolamento é estimado pela fórmula: <math>IM = 1/n \cdot \sum d_{ij}</math>, onde "n" é o número de fragmentos florestais na sub-área, excluindo a vegetação marginal, e "d<sub>ij</sub>" é a distância entre o fragmento "i" e o seu vizinho "j" na sub-área.</p> <p>* <u>Classificação Fitofisionômica dos Mosaicos</u> - sugere-se a utilização da classificação adotada pela FIBGE, elaborada por</p>	<p>• <u>Capacidade de Retenção da Fauna (CF)</u>: é obtido pela relação entre o valor calculado para a forma média dos remanescentes de cada sub-área (FMSa) e o valor calculado para um remanescente hipotético com área igual à maior área dos remanescentes estudados e de formato circular (Fmhipot), de modo a apresentar mínima relação perímetro/área, gerando menor efeito de borda.</p> <p>• <u>Isolamento Relativo dos Mosaicos (IRM)</u>: representa o grau de insularização que a fauna vem sofrendo em determinada sub-área em relação à área de estudo total, sendo expresso pela relação: <math>IRM = IM_{\text{mínimo}} / IM_{\text{sub-área}}</math>, onde IMsub-área é o grau de isolamento obtido na sub-área e IMmínimo o grau de isolamento mínimo verificado na bacia hidrográfica.</p> <p>• <u>Taxa de Cobertura Vegetal (TCV)</u>: expressa a relação entre a área florestada da sub-área (Af) e a área total florestada (At) na área de estudo. <math>TCV = Af / At</math></p> <p>• <u>Relevância da Fauna (RF)</u>: é calculado pela relação entre o número de espécies ameaçadas de extinção dos taxons utilizados como indicadores na sub-área e o número total de espécies ameaçadas de extinção dos grupos taxonômicos considerados na área de estudo.</p> <p>• <u>Exclusividade Fisionômica (E)</u>: é dada pela relação entre o número de fitofisionomias exclusivas da sub-área sobre o número total de fitofisionomias existentes na área de estudo.</p>

Elementos de Caracterização e Indicadores Adotados	Índices de Relevância Ecológica (IRsa) - variando de 0 a 1
Veloso et al. * <u>Ocorrência e Distribuição Faunística</u> - toma como base a organização das informações de acordo com os atributos descritos abaixo: .Classif. - espécie e gênero .Distrib. - endêmico ou não endêmico .Situação - borda ou núcleo .Hábito - solo, árvores, dossel ou áreas paludiais .Status - ameaçado, vulnerável ou não ameaçado.	

Pelo mesmo procedimento descrito para o componente-síntese “Ecosistemas Aquáticos”, calcula-se o índice de relevância ecológica total de cada sub-área (IRT). Ou seja, através da média ponderada dos indicadores de relevância ecológica parciais ( $Ir_k$ ).

A relativização do IRT de cada sub-área ( $IRsa_i$ ) no contexto da área de estudo total é feito mediante o seguinte procedimento:

$$Irsa_i = IRT_i / \sum_i IRT$$

Onde “m” é o número de sub-áreas analisadas.

### 2.2.2.2.3. Modos de vida

Neste item não há a construção de índices de relevância ecológica e sim a sugestão de indicadores.

Elementos de Caracterização	Indicadores Sugeridos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Dinâmica Demográfica</u> - comportamento da população através de suas características gerais, distribuição espacial e mobilidade. São requeridos o quantitativo populacional, distribuição espacial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Mobilidade da População:</u> o saldo líquido migratório (diferença entre a taxa de crescimento e a taxa de crescimento vegetativo) revela se a área é expulsora ou receptora de população.</li> </ul>

Elementos de Caracterização	Indicadores Sugeridos
(situação de domicílio rural/urbano), taxa de crescimento, taxa de crescimento vegetativo e fluxos migratórios.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Condições de Vida</u> - observar os recursos públicos e privados disponíveis para atender as necessidades básicas da população, e a relação entre o acesso a eles e a qualidade de vida verificada (saúde, renda, emprego, educação, saneamento, comunicação, energia, transporte, lazer).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Indicador de Desenvolvimento Humano (IDH)</u> - utilizado pelo PNUD, este indicador é sugerido para a construção de um diagnóstico situacional neste EC.</li> <li>• <u>Estado de Saúde da População</u> - pode ser obtido um diagnóstico situacional através da observação do perfil nosológico (prevalência/letalidade), da infraestrutura médico-hospitalar e do quadro de endemias, bem como pela articulação desses indicadores com o padrão sócio-econômico e os principais indicadores de saúde (mortalidade infantil, esperança de vida, consultas/habitantes) da região.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Sistema de Produção</u> - formas pelas quais os homens e/ou grupos sociais produzem os bens requeridos à satisfação de suas necessidades materiais, devendo ser observadas a organização da produção rural e urbana, os recursos naturais disponíveis e as condicionantes ambientais da região.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Recursos Naturais e Condicionantes Ambientais</u> - uma vez que a base do sistema de produção são os recursos naturais disponíveis, as informações obtidas sobre os "Processos e Atributos Físicos" da área de estudo e sobre os componentes-síntese "Ecossistemas Aquáticos" e "Ecossistemas Terrestres", são utilizadas para consolidar os seguintes indicadores: <b>áreas de várzea, solos com aptidão agrícola, dinâmica de cheias, uso do solo, uso das águas e os recursos minerais, florestais e pesqueiros.</b></li> <li>• <u>Organização da Produção</u> - formas de organização da produção rural e urbana (observando o vínculo entre ambas), condição de propriedade/valor do patrimônio e formas de geração de renda. Em determinadas áreas rurais ainda perduram práticas de escambo e insignificante circulação de moeda, o que não poderá ser relevado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Organização Social</u> - formas pelas quais os homens e/ou grupos sociais organizam-se e definem parâmetros de convivência. Observar o processo histórico de ocupação, a identidade sócio-cultural (hábitos, valores, crenças, patrimônio histórico/cultural), as representações, situações de conflito, organização espaço-temporal e as formas de socialidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que está exposto na célula ao lado</li> </ul>



Elementos de Caracterização	Indicadores Sugeridos
<p>* A consideração conjunta das situações de conflito, dos vínculos associativistas informais, das relações especiais existentes na organização do grupo (relações de parentesco, vizinhança, de trabalho, políticas, etc.) e do processo histórico de ocupação do território, delinearão os principais elementos constitutivos da identidade sócio-cultural do grupo (identificando as formas de socialidade e as representações produzidas)</p> <p>* Investigar a importância e o significado atribuído pelo grupo ao patrimônio (histórico, cultural, paisagístico, arqueológico e ecológico) existente</p>	

A partir da síntese dos EC's referidos às estratégias de sobrevivência e às formas de socialidade historicamente construídas será possível identificar os "Modos de Vida" existentes na área de estudo e apreender o substrato da sua identidade. A vulnerabilidade dos grupos à mudança das formas de reprodução da vida pode ser percebida considerando-se conjuntamente a existência de situações de contradição e conflito, as condições de capitalização/descapitalização e o grau de organização social dos grupos.

O mapeamento dos modos de vida caracterizados é feito integradamente com os mapas confeccionados para os processos e atributos físicos da região e para os demais componentes-síntese, de modo a permitir a delimitação do território no qual o modo de vida se manifesta.

Cada modo de vida identificado irá ocupar uma sub-área. O mapa confeccionado deverá ter, além da representação espacial, uma descrição de cada sub-área (Modo de Vida), enfatizando e situando, no contexto geral da área de estudo, os aspectos mais relevantes.

#### 2.2.2.2.4. Organização territorial

Compreende os processos que determinam a organização, a dinâmica e, conseqüentemente, a paisagem e os padrões de ocupação do território.

Elementos de Caracterização	Indicadores Sugeridos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Dinâmica Demográfica</u> - avalia-se a dinâmica de crescimento populacional propriamente dita, a distribuição espacial da população, os aspectos referentes à mobilidade populacional e o quadro urbano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Evolução das Populações Urbana e Rural, por município:</u> os indicadores mais usados são as taxas de crescimento urbano, rural e total, a taxa média geométrica de incremento anual e saldo líquido migratório.</li> <li>• <u>Estrutura e Distribuição Espacial das Populações Urbana e Rural, por município:</u> os indicadores estatísticos mais utilizados são a densidade demográfica e o grau de urbanização.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Ocupação do Território</u> - devem ser considerados o processo histórico de ocupação do território; as condicionantes ambientais do território, que apontem indução ou restrição à ocupação; as características, distribuição espacial, das categorias de uso do solo e as respectiva intensidade de uso; a função do recurso hídrico na organização do território; os principais usos da água e estimativa do contingente de usuários, por uso; as relações urbano-rurais e padrões de assentamento resultantes, e os programas de desenvolvimento existentes e planejados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que está exposto na célula ao lado</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Circulação e Comunicação</u> - analisar a localização e características dos núcleos urbanos (diversidade e hierarquia funcional); a localização, capacidade e raio de atendimento dos equipamentos de produção, consumo e serviços; a localização, características e importância relativa dos sistemas rodovias, hidro e ferroviário; e as relações origem-destino (fluxo de pessoas e bens, e respectivos meio de transporte) e articulação intermodal (pontos de interligação dos diferentes sistemas de transporte de passageiro e cargas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que está exposto na célula ao lado</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Organização Político-Administrativa</u> - localização das sedes municipais e</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que</li> </ul>

Elementos de Caracterização	Indicadores Sugeridos
distritais; superfície territorial municipal circunscrita pela bacia e a relação com a superfície total; localização e raio de atendimento das principais instituições públicas municipais, estaduais e federais; e o colégio eleitoral e representação nas instâncias parlamentares municipais, estaduais e federais.	está exposto na célula ao lado

A síntese dos EC's deverá possibilitar a compreensão e caracterização dos processos que determinam a organização do território e seus padrões de ocupação, percebendo quais são os processos estruturantes dessa organização.

A confecção dos mapas deverá considerar os limites político-administrativo, sedes municipais e distritais; a densidade populacional dos municípios; a distribuição relativa e o crescimento relativo da população urbana; os núcleos urbanos, a hierarquia funcional e o grau de urbanização; os sistemas rodo, hidro e ferroviário existentes e planejados; origem-destino dos principais fluxo de bens e população e os pontos de articulação intermodal; os padrões dominantes de uso e ocupação do solo; a intensidade de ocupação dos solos agrícolas; a ocorrência de equipamentos de porte (silos, armazéns, equipamentos de saúde, estocagem, etc.) e capacidade de atendimento supra-local; e os grandes projetos extrativos, agropecuários, industriais existentes e planejados.

A delimitação das sub-áreas levará em consideração a classificação da área de estudo em função do nível de integração, podendo usar a seguinte classificação: áreas de integração incipiente (baixo grau de urbanização, presença inexpressiva de centro urbanos, acessabilidade precária); áreas em transição (proximidade à malha viária, ocorrência de atividades que apontam para a possibilidade de integração, urbanização crescente e presença de pontos de integração intermodal); e áreas integradas ou de integração consolidada (alta urbanização, centro urbanos dotados de

capacidade polarizadora, alto grau de acessabilidade, equipamentos e porte extra-local).

Além do mapa, deverá ser produzido um documento que situe cada sub-área, enfatizando os processos mais relevantes para sua definição e situando-os no contexto da área total de estudo, buscando compreender as relações existentes entre as sub-áreas.

#### 2.2.2.2.5. Base econômica

Reúne as atividades econômicas significativas para a economia e a qualidade de vida da área de estudo, e os recursos ambientais que se constituem em potencialidades para suporte às atividades econômicas futuras.

Elementos de Caracterização	Indicadores Sugeridos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Atividades Econômicas</u> - deverá investigar:               <ul style="list-style-type: none"> <li>-As características, capacidade de geração de renda e emprego, e localização espacial dos principais ramos produtivos e estabelecimentos;</li> <li>-Estrutura produtiva;</li> <li>-Setor primário (estrutura fundiária, pauta produtiva, nº de estabelecimentos, população economicamente ativa/PEA, pessoal ocupado/PO, valor da produção e superfície ocupada);</li> <li>-Setor secundário (nº estabelecimentos, PEA, PO, valor bruto e de transformação, relações para frente e para trás dos principais ramos);</li> <li>-Setor terciário (nº estabelecimentos, PEA, PO, receita total, arrecadação ICMS e ISS);</li> <li>-Atividades econômicas vinculadas à manutenção da qualidade de vida das populações residentes;</li> <li>-Atividades econômicas relacionadas aos recursos hídricos;</li> <li>-Formas de apropriação dos recursos;</li> <li>-Mercados atendidos e importância econômica e social das atividades econômicas.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que está exposto na célula ao lado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Recursos e Potencialidades da Bacia Hidrográfica</u> - as informações levantadas nos estudos feitos para os Processos e Atributos Físicos, Ecossistemas Aquáticos e</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que está exposto na célula ao lado.</li> </ul>

Elementos de Caracterização	Indicadores Sugeridos
Terrestres, Organização Territorial e Modos de Vida serão utilizadas para determinar: -As características e respectiva localização espacial; -Os recursos minerais; -As áreas de potencial agrícola; -O potencial energético, madeireiro, extrativista, biológico, genético e turístico (identificar espécies de valor econômico, medicinal e alimentar, os usos potenciais e efetivos dos recursos hídricos, a infraestrutura existente e planejada, e os investimentos e programas de desenvolvimento existentes e planejados); -Condicionantes ambientais das atividades e fatores de pressão sobre os recursos naturais	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Finanças Municipais</u> - pesquisar as receitas decorrentes da arrecadação de tributos municipais (impostos, taxas e contribuição de melhoria), e receitas decorrentes de transferência da União e do Estado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que está exposto na célula ao lado.</li> </ul>

A síntese dos EC's deve possibilitar uma visão integrada das atividades existentes e potenciais que dão sustentação econômica à região, permitindo identificar os elementos estruturantes da base econômica.

O mapa confeccionado deverá localizar os seguintes elementos, existentes ou planejados: grandes projetos extrativistas e agropecuários; áreas de produção agropecuária; de concentração industrial (incluindo os distritos industriais); de potencial agrícola, de concentração do setor terciário; de vegetação original, de interesse turístico e de lazer; áreas sujeitas a estatuto especial de proteção (Unidades de Conservação); áreas de ocorrência de recursos naturais (minerais, madeireiros, etc.); e os mercados atendidos (situando sua importância relativa aos mercados local e regional).

Também deverá ser representado o quadro atual dos usos das águas, indicando a concentração de usuários, a localização dos agentes responsáveis por usos consultivos, os pontos de conflito e os fluxos de navegação. Estas informações

deverão ser compatibilizadas com aquelas utilizadas no componente-síntese Organização Territorial e na construção do cenário básico de outros usos da água.

As sub-áreas serão delimitadas no mapa em função da ocorrência de estruturas de produção semelhantes, padrões homogêneos de consumo, distribuição similar da força de trabalho, concentração de atividades econômicas e/ou abundância de determinado recurso natural dotado de potencial econômico. Este mapa será acompanhado de uma descrição, caracterizando cada sub-área na área de estudo e em relação às demais.

#### 2.2.2.2.6. População indígena

Nesse componente-síntese destaca-se a presença de grupos especiais na área de estudo, buscando compreender a forma pela qual os grupos se organizam e garantem a sua reprodução sócio-cultural. Em virtude disso, o tratamento dispensado a este componente é semelhante àquele referente ao componente-síntese Modos de Vida.

Elementos de Caracterização	Indicadores Sugeridos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspectos <u>Etno-Históricos</u> - observação das diferenças e especificidades das etnias e para a produção de conhecimento sobre a forma historicamente construída de relacionamento do povo indígena com seu meio. Para isso deve investigar:               <ul style="list-style-type: none"> <li>-o conhecimento arqueológico da região e</li> <li>-a trajetória histórica do grupo.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que está exposto na célula ao lado.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspectos <u>Demográficos</u> - caracterizar o comportamento demográfico da população indígena, tendo em vista conhecer os processos de adaptação do grupo a novas situações. Os EC's sugeridos são:               <ul style="list-style-type: none"> <li>-tamanho e densidade demográfica e</li> <li>-avaliação dos índices de perdas demográficas</li> </ul> </li> </ul>	<p>Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que está exposto na célula ao lado.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspectos <u>Etno-Ecológicos</u> - destacam a importância da relação entre população indígena e território, observando os valores que norteiam essa relação e as formas de apropriação da natureza. Os EC's</li> </ul>	<p>Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que está exposto na célula ao lado.</p>

Elementos de Caracterização	Indicadores Sugeridos
<p>sugeridos são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-valores e crenças;</li> <li>-sítios sagrados;</li> <li>-valores que orientam a relação índio/natureza (etno-ecológicos);</li> <li>-tamanho, natureza e construção histórica do território;</li> <li>-avaliação dos índices de perdas do território;</li> <li>-patrimônio geomorfológico;</li> <li>-formas de apropriação dos recursos naturais e</li> <li>-avaliação do potencial de sustentabilidade do território para a reprodução social do grupo.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Condições Materiais de Sobrevivência</u> - observar as formas de produção econômica, uso do solo, conhecimento da fauna flora e a racionalização dessa utilização face o uso de produtos comerciais. Os EC's sugeridos são: <ul style="list-style-type: none"> <li>-dinâmica sócio-econômica da região interétnica;</li> <li>-relações de integração com o mercado;</li> <li>-condição legal do território e condicionantes ambientais do sítio (áreas de várzea, dinâmica de cheias, áreas de erosão, aptidão agrícola, compartimentação do relevo)</li> </ul> </li> </ul>	<p>Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que está exposto na célula ao lado.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Organização Social, Cultural e Política</u> - caracterizar as relações entre os povos indígenas e a sociedade nacional. Os EC's sugeridos são: <ul style="list-style-type: none"> <li>-formas religiosas e suas relações com a sociedade envolvente;</li> <li>-unidade étnica;</li> <li>-formas de relação com outros grupos;</li> <li>-filiação lingüística;</li> <li>-eixos de solidariedade recíproca/eixos de rivalidade;</li> <li>-formas e natureza do contato com a sociedade envolvente.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Os indicadores deverão ser escolhidos de acordo com o que está exposto na célula ao lado.</p>

A síntese dos elementos de caracterização deverá permitir identificar para cada grupo étnico as situações que dão conta da lógica que orienta as realidades sociais (situações de conflito, existência de invasão de território, condição de proteção legal, organização do grupo e o limite das condições etno-ecológicas).

As informações dos EC's devem ser mapeadas e analisadas conjuntamente com o mapa confeccionado para os processos e atributos físicos da área de estudo,

de modo a possibilitar a delimitação do território no qual o grupo se manifesta. Não há a definição de sub-áreas como unidades espaciais de análise para este componente-síntese, uma vez que os processos relacionados nesse componente não apresentam continuidade na área de estudo. Assim, considera-se uma única unidade espacial de análise, ou seja, toda a área de estudo, onde devem ser localizadas as áreas indígenas. Cada grupo étnico deverá ser caracterizado em um documento anexo ao mapa confeccionado.

### **2.2.3 Avaliação dos impactos ambientais por aproveitamento**

Os principais objetivos nessa fase são identificar os possíveis processos impactantes que serão desencadeados com a implantação dos empreendimentos e promover a avaliação dos impactos ambientais propriamente dita.

A diagnose ambiental da área de estudo, realizada na etapa anterior, será utilizada como subsídio à avaliação das conseqüências da implantação do empreendimento para a sua região de influência.

Essa fase de avaliação dos impactos por aproveitamento visa a fornecer informações para a estimativa dos custos ambientais do aproveitamento, através dos índices de impacto. Serão quantificados os impactos ambientais dos aproveitamentos (posteriormente, serão calculados os valores correspondentes à divisão de queda da bacia hidrográfica).

A indicação da necessidade de ajustes na formulação das alternativas e na concepção dos aproveitamentos também deverá ser analisada, de modo a minimizar os impactos ambientais que ora são verificados nos estudos. Deverão ser apontados aqueles processos para os quais é possível prever ações de controle, de mitigação e de compensação que serão traduzidos em custos ambientais.



A exemplo da etapa anterior, nesta também são definidos indicadores, sendo sugeridos “indicadores de impacto” que representem os principais processos impactantes sobre cada componente-síntese e que potencialmente ocorrem quando da implantação de aproveitamentos hidrelétricos.

Para uma melhor visualização dos procedimentos adotados nesta fase, foi elaborado o esquema que se segue. Para facilitar a compreensão do processo, o texto e o esquema deverão ser acompanhados juntos.

Cada indicador tem sugerido “critérios de avaliação” (CA), que determinarão o enfoque a ser adotado na análise. A cada critério encontra-se associado um conjunto de “elementos de avaliação” (EA), organizando as informações relativas aos processos impactantes. Este conjunto deverá procurar o equilíbrio entre EA’s quantitativos e qualitativos.

## Componentes-Síntese

$Iap = \frac{\sum EA_k \times P_k}{\sum P_k}$ <p style="font-size: small;">Iap é o índice de impacto de um aproveitamento sobre determinada sub-área; P<sub>k</sub> é o peso do EA em função da sua importância para a sub-área.</p>	<b>Índices de Impacto</b>  <b>(EA)</b> <b>0 a 1</b>	<p style="text-align: right; margin-right: 10px;">Ecosistemas Aquáticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hierarquia fluvial</li> <li>• Perda de lagoas marginais</li> <li>• Compromet. de rotas migrat.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espécies exclusivas</li> <li>• Alteração da vegetação                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualidade da água</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Ocorrência de outras sp vertebr. passíveis de impactos</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: auto;">E. A.</div>
$Iap = \frac{\sum EA_k \times P_k}{\sum P_k}$ <p style="font-size: small;">Iap é o índice de impacto de um aproveitamento sobre determinada sub-área; P<sub>k</sub> é o peso do EA em função da sua importância para a sub-área.</p>	<b>Índices de Impacto</b>  <b>(EA)</b> <b>0 a 1</b>	<p style="text-align: right; margin-right: 10px;">Ecosistemas Terrestres</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda de vegetação marginal</li> <li>• Taxa de cobertura vegetal               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevância de fauna</li> </ul> </li> <li>• Exclusividade fisionômica</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: auto;">E. A.</div>
$Iap = \frac{\sum EA_k \times P_k}{\sum P_k}$ <p style="font-size: small;">Iap é o índice de impacto de um aproveitamento sobre determinada sub-área; P<sub>k</sub> é o peso do EA em função da sua importância para a sub-área.</p>	<b>Índices de Impacto</b>  <b>(EA)</b> <b>0 a 1</b>	<p style="text-align: right; margin-right: 10px;">Modos de Vida</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteração nos aspectos que conformam as condições de vida</li> <li>• Alteração nos sistemas de produção de cada modo de vida               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vínculos de sociabilidade comprometidos</li> </ul> </li> <li>• Comprometimento da identidade sócio-cultural e sua expressão</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: auto;">E. A.</div>
$Iap = \frac{\sum EA_k \times P_k}{\sum P_k}$ <p style="font-size: small;">Iap é o índice de impacto de um aproveitamento sobre determinada sub-área; P<sub>k</sub> é o peso do EA em função da sua importância para a sub-área.</p>	<b>Índices de Impacto</b>  <b>(EA)</b> <b>0 a 1</b>	<p style="text-align: right; margin-right: 10px;">Organização Territorial</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• N.º, localização e caracterização dos núcleos atingidos</li> <li>• Disponibilidade áreas para reassentamentos</li> <li>• Estimativa da pop. a ser remanejada               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vila residencial</li> </ul> </li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: auto;">E. A.</div>
$Iap = \frac{\sum EA_k \times P_k}{\sum P_k}$ <p style="font-size: small;">Iap é o índice de impacto de um aproveitamento sobre determinada sub-área; P<sub>k</sub> é o peso do EA em função da sua importância para a sub-área.</p>	<b>Índices de Impacto</b>  <b>(EA)</b> <b>0 a 1</b>	<p style="text-align: right; margin-right: 10px;">Base Econômica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• N.º e caract. dos estabelec. atingidos               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quant. e valor da prod. afetada</li> </ul> </li> <li>• Ativ. econ. vinculadas ao rio atingidas               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Expressão econ. e social das ativ.                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emprego e renda suprimidos                       <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercados afetados</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Ocorrência de cond. de suporte para reprod. das atividades</li> <li>• Caract. e grand. dos rec. suprim. da bacia               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferenc. da arrecad. tribut. e das transf.                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• etc.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: auto;">E. A.</div>
$Iap = \frac{\sum EA_k \times P_k}{\sum P_k}$ <p style="font-size: small;">Iap é o índice de impacto de um aproveitamento sobre determinada sub-área; P<sub>k</sub> é o peso do EA em função da sua importância para a sub-área.</p>	<b>Índices de Impacto</b>  <b>(EA)</b> <b>0 a 1</b>	<p style="text-align: right; margin-right: 10px;">População Indígena</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Situações de conflito pré-existent</li> <li>• Exist. de situação de invasão de territ.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condição de proteção legal</li> </ul> </li> <li>• Comprometimento da unidade política               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riscos de extinção</li> </ul> </li> <li>• Interferência sobre sítios sagrados e/ou culturais, e patrimônio geomorf.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• etc.</li> </ul> </li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: auto;">E. A.</div>

Aos “elementos de avaliação” há atribuição de graus de impactos variando de 0 (mínimo) a 1 (máximo), a síntese dos elementos permitirá avaliar os graus de impacto de cada aproveitamento sobre cada sub-área de estudo.

A partir deste momento a avaliação dos impactos será quantificada através do “índice de impacto” que “devem ser atribuídos em uma escala contínua variando de 0 (ausência de impacto) a 1 (comprometimento pleno dos processos inerentes ao componente-síntese analisado).

Para os componentes-síntese Ecossistemas Aquáticos e Ecossistemas Terrestres serão obtidos o “índice de impacto” de um aproveitamento sobre determinada sub-área ( $I_{ap_{sa}}$ ), a partir do conjunto de índices associados aos EA's. Cada EA será ponderado por  $P_k$  (1 ou 2) em função de sua importância na configuração geral do “critério de avaliação”, devendo receber peso maior (2) aqueles elementos que influenciam fortemente o critério adotado. Assim, o “índice de impacto” de um aproveitamento sobre uma sub-área será avaliado pela fórmula:

$$I_{ap} = \frac{\sum EA_k \cdot P_k}{\sum P_k}$$

Para os demais componentes-síntese os graus de impacto são atribuídos, variando de 0 (zero) a 1 (um), por sub-área afetada e para cada aproveitamento proposto. A síntese dos aspectos considerados pelos critérios de avaliação deverá orientar a atribuição dos valores, tendo em vista representar grau de interferência sobre as formas de reprodução da vida social (Modos de Vida), o grau de desarticulação dos fluxos de circulação e comunicação que organizam o território compreendido pela sub-área (Organização Territorial), o grau de interferência sobre a base de sustentação econômica da sub-área (Base Econômica) e o grau de intervenção sobre as formas de reprodução sócio-cultural dos grupo étnicos (População Indígena). Os procedimentos adotados para a obtenção do índice ambiental nos componentes mencionados são de caráter qualitativo, não adotando o uso da fórmula empregada para os ecossistemas aquáticos e terrestres.

Os procedimentos de caracterização dos componentes-síntese (fase anterior dos estudos) orientam na avaliação dos impactos, determinando a forma de abordagem da realidade. Os Ecossistemas Aquáticos e os Ecossistemas Terrestres são caracterizados segundo uma abordagem mais objetiva, utilizando relações numéricas de alguns atributos como indicadores ambientais. Nesta etapa de avaliação dos impactos, os indicadores levantados durante a caracterização (indicadores de caracterização) deverão levar à confecção dos indicadores de impacto e dos índices ambientais. Em virtude disso, adota-se procedimentos mais subjetivos para os modos de vida, organização territorial, base econômica e população indígena.

Componente-Síntese	Critério de Avaliação	Elementos de Avaliação
<p>ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS</p> <p><b>Indicador de Impacto:</b> grau de comprometimento das características determinantes na manutenção da diversidade biológica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento dos ambientes mantenedores de biodiversidade, de espécies migratórias, endêmicas ou exclusiva (e de outros grupos da fauna vertebrada).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Hierarquia Fluvial</u> - HFRap = <math>\frac{\text{Ordem observada na área de drenagem do reservatório}}{\text{Ordem máxima observada na sub-área}}</math>.</li> <li>• <u>Perda de Lagoas Marginais</u> - PLMap = <math>\frac{\text{Área das lagoas marginais impactadas pelo aproveitamento}}{\text{Área total de lagoas marginais na sub-área}}</math>.</li> <li>• <u>Comprometimento de Toras Migratórias</u> - CRMMap = <math>\frac{\text{Número de rotas migratórias a serem impactadas pela construção do barramento}}{\text{Número total de possíveis rotas de migração na sub-área}}</math>.</li> <li>• <u>Espécies Exclusivas</u> - EEap = <math>\frac{\text{Extensão dos ambientes de elevada energia hidrodinâmica existente na área do aproveitamento}}{\text{Extensão total destes ambientes existentes na sub-área}}</math>.</li> <li>• <u>Alteração da Vegetação</u> - AVap = <math>\frac{\text{Extensão de vegetação marginal perdida na área do aproveitamento}}{\text{Extensão total de vegetação marginal existente na sub-área}}</math>.</li> <li>• <u>Qualidade da Água</u> - QAap = valor de 0 a 1 resultante da aplicação de um modelo simplificado de projeção de qualidade da água dos futuros reservatórios.</li> <li>• <u>Ocorrência de Outras Espécies da Fauna Vertebrada Passíveis de Impacto (mamíferos aquáticos, répteis)</u> - sem definição de procedimento.</li> </ul>

Componente-Síntese	Critério de Avaliação	Elementos de Avaliação
<p>ECOSSISTEMAS TERRESTRES</p> <p><b>Indicador de Impacto:</b> comprometimento das características determinantes na manutenção da diversidade biológica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento de ecossistemas e comprometimento de espécies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Perda de Vegetação Marginal - PVMap</u>) = Extensão de vegetação marginal perdida na área do aproveitamento / Extensão total de vegetação marginal existente na sub-área.</li> <li>• <u>Taxa de Cobertura Vegetal - TCVap</u> = Superfície florestada afetada pelo aproveitamento / Superfície florestada total da sub-área.</li> <li>• <u>Relevância de Fauna - Rfap</u> = Número de espécies ameaçadas de extinção dos taxones utilizados como indicadores ocorrentes na área do aproveitamento / Número total de espécies pertencentes aos grupos taxonômicos considerados na sub-área.</li> <li>• <u>Exclusividade Fisionômica - EFap</u> = Superfície de fisionomias exclusivas afetada pelo aproveitamento / superfície total de fisionomias exclusivas existentes na sub-área.</li> </ul>
<p>MODOS DE VIDA</p> <p><b>Indicador de Impacto:</b> grau de interferência sobre as formas de reprodução da vida social.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento das estratégias de sobrevivência.</li> <li>• Comprometimento da socialidade historicamente construída.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteração nos aspectos que conformam as condições de vida (bens de consumo coletivo atingidos, quebra no padrão de consumo, modificações nos indicadores de qualidade de vida, alterações no quadro epidemiológico).</li> <li>• Alteração nos sistemas de produção de cada Modo de Vida (mudanças nas condições de capitalização/descapitalização pré-existentes, alterações na rede de relações das quais os grupos sociais urbanos dependem para garantir sua sobrevivência, ruptura dos vínculos de dependência entre rural e urbano, alteração nos condicionantes ambientais).</li> <li>• Vínculos de socialidade comprometidos.</li> <li>• Comprometimento da identidade sócio-cultural e sua expressão espaço-temporal.</li> </ul>
<p>ORGANIZAÇÃO TERRITORIAL</p> <p><b>Indicador de Impacto:</b> grau de desarticulação da circulação e comunicação.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interferência nos padrões de assentamento e mobilidade da população.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número, localização e características dos núcleos atingidos parcial e totalmente.</li> <li>• Disponibilidade de áreas para os reassentamentos previstos.</li> <li>• Estimativa da população a ser remanejada.</li> <li>• Vila residencial (localização, população prevista associada à obra, relação com a população local).</li> </ul>

Componente-Síntese	Critério de Avaliação	Elementos de Avaliação
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento dos fluxos de circulação e comunicação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acessibilidade (equipamentos de produção, consumo e serviços; extensão e funções da infraestrutura viária atingida; estimativa da população atingida por perda de infraestrutura viária; articulações intermodais atingidas)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento da base territorial relativa à organização político-administrativa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda de território (superfícies e participação no território total do município).</li> <li>• Estimativa do contingente de eleitores remanejados e participação no eleitorado municipal.</li> <li>• Perda do contingente de representantes.</li> <li>• Papel das sedes municipais e instituições públicas municipais, estaduais e federais atingidas.</li> </ul>
<p>BASE ECONÔMICA</p> <p><b>Indicador de Impacto:</b> grau de interferência nas atividades econômicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento das atividades econômicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número e características dos estabelecimentos atingidos.</li> <li>• Quantidade e valor da produção afetada, por setor.</li> <li>• Atividades econômicas vinculadas ao rio que foram atingidas.</li> <li>• Expressão econômica e social das atividades.</li> <li>• Emprego e renda suprimidos.</li> <li>• Mercados afetados.</li> <li>• Ocorrência de condições de suporte para reprodução das atividades.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento das potencialidades com destaque para usos da água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características e ordem de grandeza dos recursos e potencialidades da bacia hidrográfica suprimidos (jazidas minerais, áreas de aptidão agrícola, extrativismo, potencial turístico e de biodiversidade).</li> <li>• Expressão econômica e social das potencialidades atingidas.</li> <li>• Usos existentes e potenciais dos recursos hídricos atingidos/inviabilizados e respectiva população afetada.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento das finanças municipais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferencial da arrecadação tributária e das transferências de receitas.</li> </ul>
<p>POPULAÇÃO INDÍGENA</p> <p><b>Indicador de Impacto:</b> grau de interferência sobre as formas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencialização dos conflitos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situações de conflito pré-existentes.</li> <li>• Existência de situação de invasão do território.</li> <li>• Relação território inundado/território disponível.</li> <li>• Condição de proteção legal.</li> <li>• Comprometimento da unidade política.</li> </ul>

Componente-Síntese	Critério de Avaliação	Elementos de Avaliação
de reprodução da vida social.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento do relacionamento interétnico.</li> <li>• Riscos de extinção.</li> <li>• Comprometimento dos vínculos intra-grupos e com outros grupos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento das condições etno-ecológicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relação território inundado/território disponível (observar a suficiência do território para a reprodução do grupo).</li> <li>• Importância do território inundado para o grupo.</li> <li>• Interferência sobre sítios sagrados e/ou culturais, e patrimônio geomorfológico.</li> </ul>

#### 2.2.4. Comparação e seleção das alternativas

Essa fase dos Estudos Preliminares tem como objetivos a análise e comparação de alternativas, visando a eliminação daquelas não competitivas, e a orientação do processo de reformulação de alternativas, no sentido de identificar as características da bacia determinantes da relação custo/benefício energético e ambiental.

##### 2.2.4.1. Índice ambiental da alternativa de divisão de queda

###### 2.2.4.1.1. Composição do Índice de Impacto da Alternativa sobre cada Componente-Síntese

$$IAC = \sum I_{max_{SAi}} \times P_{SAi}$$

onde, IAC é o índice de impacto da alternativa sobre cada componente-síntese  $I_{max_{SAi}}$ ;  $I_{max_{SAi}}$  é o de maior valor dentre os índices de impacto atribuídos aos aproveitamentos que afetam a sub-área "i", e  $P_{SAi}$  é o fator de ponderação relativo a cada sub-área "i". Os pesos deverão ter valores variando de zero a um e a soma dos

pesos de todas as sub-áreas deve ser igual a um. Este procedimento visa a manter os valores do IAC na escala de 0 a 1.

Para o componente “População Indígena”, como a unidade de análise é a própria área de estudo, deve ser selecionado o maior índice de impacto dentre os atribuídos a todos os aproveitamentos que compõem a alternativa.

#### **2.4.1.2. Composição do Índice de Impacto da Alternativa sobre o Sistema Ambiental:**

$$IA = \sum IAC_i \times P_{ci}$$

onde, IA é o índice de impacto de alternativa sobre o sistema ambiental;  $IAC_i$  é o índice de impacto da alternativa sobre componente-síntese; e  $P_{ci}$  é o fator de ponderação relativo a cada componente-síntese. Os critérios devem ser os mesmos adotados no item anterior para a atribuição dos pesos.

### **2.3. Estudos finais**

Nesta etapa, os estudos ambientais empreendidos podem ser divididos em três frentes:

- Consolidação do diagnóstico ambiental, visando à concepção dos arranjos finais dos aproveitamentos e eventuais ajustes na composição das alternativas;
- Fornecer informações mais precisas para a estimativa dos custos ambientais associados a cada aproveitamento e a cada uma das alternativas;
- Obtenção do índice ambiental das alternativas com o objetivo de hierarquizar as alternativas segundo critério “minimização dos impactos ambientais”, de modo a subsidiar a seleção final das alternativas.



Os resultados e análises empreendidos serão incorporados aos resultados das fases anteriores, alterando os mapas dos componentes-síntese e subsidiando os ajustes finais das alternativas.

Nessa etapa, o enfoque recai sobre o conjunto de aproveitamentos, considerando os efeitos sinérgicos entre os aproveitamentos de uma alternativa que afetem uma mesma sub-área.

### **2.3.1. Consolidação dos dados e investigações complementares**

A unidade mínima de análise será a alternativa de divisão de queda. As informações obtidas nas fases anteriores deverão ser complementadas, confirmadas ou ajustadas visando a garantir a caracterização homogênea dos custos totais de obras e instalações.

#### **2.3.1.1. Dados ambientais**

Esta fase tem como propósito aprofundar as informações das questões levantadas na etapa de Estudos Preliminares e dos processos sinérgicos atuantes no conjunto dos aproveitamentos considerados, devendo ser realizados levantamentos de campo.

### **2.3.2. Consolidação do diagnóstico ambiental**

A concepção final dos arranjos dos aproveitamentos e os eventuais ajustes na composição das alternativas deverão ser feitos. Para isso as investigações empreendidas devem “proporcionar uma base referencial adequada para a avaliação dos processos impactantes sistêmicos, e dos efeitos sinérgicos decorrentes das interações entre aproveitamentos de uma mesma alternativa” (PIRES, 1997).

As novas informações podem levar a uma revisão dos mapas confeccionados até então. “Nesse sentido a compartimentação da área de estudo em sub-áreas para

cada componente-síntese deve também ser reavaliada” (PIRES, 1997). Os novos mapas deverão respeitar os critérios definidos na etapa de Estudos Preliminares, considerando como unidade básica o conjunto de aproveitamentos, onde os processos isolados atuam conjuntamente e muitas vezes sinergicamente.

### **2.3.3. Avaliação dos impactos ambientais das alternativas**

Consiste na revisão dos processo impactantes relativos aos aproveitamentos isolados, identificação dos processos impactantes causados por conjuntos de aproveitamentos e avaliação do impacto ambiental sinérgico.

#### **2.3.3.1. Revisão da identificação dos processos impactantes relativos aos aproveitamentos isolados**

Os procedimentos que devem ser orientadores nesta fase, conforme o Relatório Técnico 143/97 (CEPEL, 1997) são os seguintes:

- Identificação dos aproveitamentos que impactam cada sub-área;
- Caracterização dos principais processos impactantes emergentes da interação entre os conjuntos de aproveitamentos identificados e a área de estudo para cada componente-síntese. Os processos impactantes deverão ser considerados em suas interações e propriedades emergentes sobre a sub-área estudada e suas repercussões nas demais sub-áreas;
- Seleção dos “elementos de avaliação” capazes de caracterizar os processos impactantes sobre cada componente-síntese e diferenciar as alternativas comparadas.
- Recomenda-se realização de atividades interdisciplinares com o propósito de garantir a integração das análises realizadas para os componentes-síntese.
- A integração das análises acarreta a revisão da caracterização dos processos impactantes relativos aos conjuntos de aproveitamentos por componente-síntese.

Espera-se obter ao final uma descrição geral dos processos impactantes e dos elementos de avaliação adotados, apontando os processos para os quais é possível prever ações de controle, de mitigação e de compensação, como forma de subsidiar a revisão da estimativa de custos ambientais, ainda indicando os eventuais ajustes nos aproveitamentos ou arranjos de alternativas para melhorar o desempenho ambiental.

### **2.3.3.2. Avaliação do impacto ambiental sinérgico**

Inicialmente, estima-se a intensidade do impacto dos conjuntos de aproveitamentos sobre as sub-áreas. Não sendo considerados os impactos controláveis.

Os EA's por componente-síntese, selecionados na etapa anterior, serão analisados para cada conjunto de aproveitamentos que afetam determinada sub-área.

Os "índices de impacto" sobre cada componente-síntese serão quantificados por valores de 0 (ausência de impacto) a 1 (comprometimento pleno dos processos inerentes ao componente-síntese analisado), considerando o conjunto de aproveitamentos e as respectivas sub-áreas afetadas. O valor 1 não deve ser dado por comparação, ele representa uma situação virtual de total comprometimento dos processos, que pode ocorrer ou não.

Os valores são atribuídos pela equipe que realiza os estudos buscando-se sempre que possível o valor consensual, sendo requeridas discussões interdisciplinares "de modo a interagir os resultados, identificar inconsistências e minimizar a subjetividade entre os julgamentos realizados para os diferentes componentes-síntese" (PIRES, 1997).

### **2.3.4. Comparação e seleção das alternativas**

#### **2.3.4.1. Índice ambiental**

Representa o grau de impacto do conjunto de aproveitamentos sobre a área de estudo, a fim de hierarquizar as alternativas em função do objetivo de minimização dos impactos ambientais.

A construção do índice é feita segundo os mesmos procedimentos definidos para a etapa Estudos Preliminares.

#### **2.3.4.2. Definição da alternativa escolhida**

As alternativas devem ser comparadas através de uma representação gráfica, onde um dos eixos representará o índice custo/benefício energético e o outro, o índice ambiental. A escolha da melhor alternativa será feita entre aquelas mais próximas à região inferior esquerda do gráfico. Ou seja, aquelas com menores índices custo/benefício energético e ambiental.

A atribuição de pesos para os objetivos custo/benefício ( $P_{cb}$ ) e custo ambiental ( $P_a$ ) deve refletir o valor dado a eles pelos diversos setores da sociedade, contextualizando a análise e a época em que os estudos se realizam. Os pesos  $P_{cb}$  e  $P_a$  refletem a importância relativa entre os objetivos de minimização do índice custo/benefício energético e de minimização do índice de impacto ambiental.

Os diversos pares de pesos obtidos pelos diferentes setores sociais, poderão ser hierarquizados através de um índice de preferência "I", obtido pela soma ponderada dos índices custo/benefício energético (ICB) e ambiental (IA).

A padronização do ICB é obtida com a divisão do índice custo/benefício energético (ICB) pelo custo unitário de referência (CUR). Assim:

$$I = P_{cb} \cdot ICB/CUR + P_a \cdot IA$$

com as seguintes condições:

$$P_{cb} + P_a = 1;$$

$$P_{cb} \geq 0 \text{ e}$$

$$P_a \geq 0$$

## **V. ESTUDO DE CASO:**

Os estudos empreendidos para avaliação dos possíveis impactos ambientais acarretados pela construção, instalação e operação do aproveitamento hidrelétrico de Simplício serão apresentados a seguir de forma a comparar as abordagens de AIA desenvolvidas pelo CEPEL e pela OLADE.

O relatório de impacto ambiental (RIMA) elaborado para o caso mencionado é utilizado como instrumental balizador para a análise, partindo da premissa que o RIMA deverá ser capaz de fornecer todas as informações de entrada necessárias às abordagens mencionadas. O relatório é confeccionado na fase final do processo de AIA, por ocasião da concessão da licença para instalação do empreendimento, enquanto o CEPEL apresenta uma abordagem para ser utilizada na fase de inventário da bacia hidrográfica e o OLADE uma para o planejamento da expansão do setor elétrico. Ou seja, fases anteriores ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e ao RIMA.

As principais conclusões apresentadas pelo RIMA do aproveitamento hidrelétrico de Simplício, no que se refere aos impactos ambientais, serão apresentadas na próxima seção, de forma a permitir a visualização das abordagens em uma situação prática. A discussão dos instrumentos será feita no próximo capítulo, a partir da consistência teórica e da capacidade operacional (praticidade) dos mesmos.

Os estudos feitos para a construção do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício foram os escolhidos para servirem de dados modeladores ao estudo de caso devido a características do aproveitamento e a qualidades apresentadas pelo RIMA.

### **1. O caso do aproveitamento hidrelétrico de Simplício**

O Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) de Simplício visa o atendimento, em 180MW de potência instalada, das necessidades previstas para a região sudeste do Brasil, localizando-se no trecho médio inferior do rio Paraíba do Sul (divisa entre os Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro e os municípios de Além Paraíba e Sapucaia). Por se localizar próximo aos principais centros de consumo do país, torna reduzido os custos médios de geração e de transmissão da energia gerada.

Considerar como fases das obras o seguinte cronograma: início - outubro do ano I; término: junho do ano VI; obras civis principais - mês 10 do ano I (Fase 1); pico das obras civis principais - mês 2 do ano III ao mês 3 do ano IV (Fase 2); e desmobilização das obras - a partir do mês 7 do ano IV (Fase 3).

A estratégia adotada nesta etapa será apresentar os principais resultados e informações constantes no RIMA de Simplício. Pressupõe que tais informações deverão servir de dados de entrada às abordagens apresentadas nos capítulos anteriores. Assim, a pertinência dos instrumentos em uma situação prática poderá ser discutida nas seções posteriores. Todas as informações apresentadas a seguir, foram extraídas do RIMA, tendo sido arrumadas de forma a atender os objetivos do estudo.

- **Aspectos sócio-econômicos**

Além Paraíba apresenta uma urbanização mais intensa e uma economia mais estruturada, onde os setores serviço e indústria apresentam um relativo desenvolvimento, se comparado com Simplício que conta com um estilo de vida rural e uma economia agrícola ainda rudimentar. As principais alterações observadas por ocasião do empreendimento são:

- \* Ansiedade quanto ao que vai acontecer com a instalação do empreendimento.
- \* Contratação de mão-de-obra para a relocação da estrada, da ferrovia e para a construção da vila residencial, absorvendo principalmente mão-de-obra do mercado informal. Serão utilizados 2.600 empregados na fase de pico da obra.

- \* Os Efeitos observados na comunidade urbana tendem a se refletir nas comunidades rurais de forma mais desestruturante. A relocação da rodovia e ferrovia, e a perda de terras para a formação da barragem são os eventos de maiores impactos.
- \* Haverá o aglomerado de muitos trabalhadores, principalmente do sexo masculino. “A intensificação da circulação desse contingente de trabalhadores nas imediações dos canteiros, a introdução de novos hábitos, novas formas de vida, e de demandas até então inexistentes são, por si só, elemento potencialmente indutor de eclosão de conflitos”(ENGEVIX, 1990).
- \* O novo trajeto da rodovia afetará diretamente 20 proprietários (8 também perderão terras com o enchimento do reservatório). Poderão ser afetados 55 moradores, sendo 24 com relocação de moradia. Essas alterações são atenuadas pela valorização que os imóveis passam a ter com proximidade da rodovia.
- \* A relocação da ferrovia afetando 15 proprietários (9 também afetados pela formação do lago) com desvalorização das terras devido à alteração espacial e ao fracionamento da propriedade.
- \* Êxodo Rural. Trabalhadores rurais, pequenos e médios produtores rumarão para a cidade em função das novas frentes de trabalho e visando a melhoria de condições de vida.
- \* O enchimento do lago afetará pelo menos 60 famílias. Dessas, 22 correspondem a famílias de proprietários com os seus direitos assegurados legalmente. Além disso, para estes, há a valorização das terras remanescentes. Para as 38 famílias restantes, a situação se inverte com grande desorganização das relações produtivas.
- \* A participação coletiva e a mobilização social da população de Além Paraíba e Sapucaia tendem a intensificar-se. Espera-se uma ampliação da coesão interna dos grupos locais.



- \* Aumento da criminalidade é um dos impactos mais temidos pela população local. A usina acarreta a quebra do relativo equilíbrio sócio-econômico existente, induzindo a mudanças de hábitos, comportamentos e valores antes consolidados. O afluxo de migrantes de baixa renda, representa agravamento do quadro manifestado. A fase de implantação do empreendimento é a fase de maiores e profundas rupturas, a criminalidade é apenas uma delas.
- \* Haverá aumento da população das cidades de Além Paraíba, Sapucaia e da sede distrital de Jamapar, em função do aquecimento da economia local pela demanda de bens e serviço durante a fase de construção da usina. Estima-se que serão atraídas de 3.500 a 8.400 pessoas. Este último, na fase de pico da obra. A estrutura demográfica de Além Paraíba e Jamapar será afetada durante a construção da usina, devido  grande quantidade de adultos do sexo masculino que virão para trabalhar.
- \* O afluxo de trabalhadores levará a valorização dos imóveis urbanos, acarretando favelização da periferia, ocupação das encostas em função da topografia local. A intensificação do processo de verticalização e o aumento da densidade populacional na área central de Além Paraíba irá repercutir localmente em aumento na demanda por serviços de infra-estrutura urbana e em concentração das atividades de comércio e de serviços. A região central já apresenta problemas de pouca oferta viária e escassez de terrenos proprios  urbanização.
- \* Afluxo de população para a região durante as 3 fases de construção do empreendimento:

<b>fases</b>	<b>n. de famílias vinculadas diretamente à obra</b>	<b>n. de famílias não vinculadas diretamente à obra</b>	<b>total</b>
<b>1</b>	74	300	374
<b>2</b>	193	656	849
<b>3</b>	95	300	395

- **Impactos sobre os serviços públicos**

- \* Educação: 02 escolas inundadas (gastos públicos com a reconstrução) e aumento na demanda por vagas. Parte da demanda será suprida com a construção por FURNAS de uma escola de 1a. a 4a. série na vila residencial.

fases	n.º de vagas Educação Infantil	n.º de vagas Ensino Fundamental	n.º de vagas Ensino Médio	total
1	227	513	211	951
2	532	1199	494	2225
3	249	566	232	1047

Cruzando os dados totais das duas tabelas apresentadas, é possível saber o número de vagas necessárias por segmento de ensino para cada família.

fases	n.º de vagas Educação Infantil/família	n.º de vagas Ensino Médio/família	n.º de vagas Ensino Médio/família	total
1	227/374	513/374	211/374	2.5
2	532/849	1199/849	494/849	2.6
3	249/395	566/395	232/395	2.6

- \* Saúde: existem dois hospitais particulares, um com 160 leitos em Além Paraíba e outro com 20 leitos em Sapucaia, apresentando índices leitos/população próximos ao recomendado pela OMS de 5 leitos por 1000 habitantes. O aumento na população refletirá em aumento de morbidade nas áreas de obstetrícia, clínica médica, pronto socorro e pediatria.
- \* Lazer: aumentará a demanda devido ao aumento no número de habitantes e à elevação no padrão salarial da região. FURNAS construirá dois clubes destinados às vilas de seus funcionários. A população atraída pelo empreendimento irá procurar áreas municipais. A abertura dos clubes à municipalidade irá suprir parte da demanda. A criação do reservatório irá proporcionar novos atrativos para a população.
- \* Administração pública: o aumento da população irá acarretar aumento na demanda por equipamentos, infra-estrutura,, transporte coletivo, etc. Com isto, será

necessário ampliar a capacidade administrativa das prefeituras locais, com aumento do quadro de pessoal, instalações e orçamento.

- \* Transporte coletivo: atualmente existem 4 linhas de transporte coletivo com o transporte de 9200 passageiros/dia, o serviço é insatisfatório devido ao longo intervalo entre os ônibus. O empreendimento aumentará em 30% a demanda atual.
- \* Segurança pública: o afluxo populacional modificará as relações econômicas e sociais razoavelmente estáveis há muito tempo, acarretando problemas de aumento na criminalidade. Será maior no período de pico da obra, quando haverá o número máximos de migrantes.
- \* Água potável: os canteiros serão supridos por captação e tratamento, sob responsabilidade de FURNAS. As vilas residenciais construídas serão abastecidas pelo sistema de Além Paraíba, que opera hoje com 72 l/s (5992) e poderá dobrar esta capacidade. Os custos maiores estarão envolvidos na construção da rede de distribuição.
- \* Esgotamento sanitário: as vilas residenciais e canteiros terão sua rede de esgoto e tratamento sob responsabilidade de FURNAS. A população atraída sobrecarregará o sistema de Além Paraíba que apresenta problemas de estruturação. A incorporação do sistema das vilas poderá contribuir para o desenvolvimento de um sistema de esgoto sanitário na cidade.
- \* Águas pluviais: haverá aumento na demanda desta, em virtude da construção das vilas e da intensificação da urbanização. Nas vilas, a solução deverá ser dada por FURNAS. O relevo acidentado da região intensificará o processo de ocupação das encostas o que requer maior eficiência do sistema de esgotamento pluvial.
- \* Resíduos sólidos: atualmente, há a coleta de 24 t/dia de resíduos sólidos residenciais, comerciais e industriais. O lixo produzido nos canteiros será de responsabilidade de FURNAS. Abaixo, pode ser visualizada a estimativa do lixo produzido pela população atraída pelo empreendimento:

<b>Fases</b>	<b>Incremento na quantidade de Lixo</b>	<b>Porcentagem do volume produzido hoje</b>
<b>1</b>	2,6 t/dia	11%
<b>2</b>	6,75 t/dia	28%
<b>3</b>	2,85 t/dia	12%

Parte deste quantitativo será produzida nos canteiros, portanto será de responsabilidade de FURNAS.

- \* Energia elétrica: a demanda acrescida pelas vilas e população atraída será suprida pela distribuidora local Companhia Força e Luz Cataguases Leopoldina, que conta com condições de atendê-la.
- \* Telefonia: na época de confecção do RIMA, o sistema encontrava-se saturado e o empreendimento sobrecarregaria o mesmo. No período de obras haverá aumento no número de ligações interurbanas. O sistema de Discagem Direta a Distância (DDD) estava programado, por ocasião do Relatório, para receber 27 ligações simultâneas e fazer 33 ligações. Haverá aumento generalizado na demanda deste serviço: DDD, DDR (discagem direta regional) e telefones públicos. Neste item analisado, não houve a consideração do novo quadro para o setor de telecomunicações brasileiro.

- **Impactos sobre a infra-estrutura de transporte**

- \* Trânsito urbano:

<b>Fases</b>	<b>Conseqüências</b>
<b>Implantação das obras</b>	Intensificação no tráfego local e prejuízo no estado das estradas em função do tráfego de caminhões
<b>Ocupação das vilas</b>	Atualmente a cidade de Além Paraíba conta com 5000 veículos. O empreendimento implicará em acréscimo de 5% neste contingente.
<b>Implantação do aproveitamento</b>	Agravamento da sobrecarga das estradas e engarrafamentos, afetando inclusive a BR-393, que faz conexão entre as rodovias Presidente Dutra e a Rio-Bahia.

- \* Transporte rodo-ferroviário: um desvio provisório da BR-393 irá acarretar retenção parcial do fluxo, principalmente de veículos de carga. Intensificação na utilização das ferrovias como forma de mobilização de materiais de construção para as obras.

O sistema ferroviário regional atenderá esta demanda. As conexões com o sistema rodoviário é que são incipientes, podendo gerar problemas de trânsito. A BR-393 conta com um fluxo de 4350 veículos/dia nos dois sentidos, sendo 2610 veículos de carga de longa distância (interestaduais). Na fase de “pico” das obras, haverá acréscimo de 434 veículos/dia (ida e volta), que gerará diminuição na velocidade de operação da rodovia em trechos críticos e aumento no número de acidentes.

- \* Estradas municipais: FURNAS ficará responsável por desativar, relocar, recuperar e manter as estradas de interesse para as obras. Os transtornos acarretados pela sobrecarga de estradas existentes que conduzem a áreas rurais serão mínimos, por existirem poucos usuários. As novas estradas municipais relocadas serão de melhor qualidade que as desativadas, podendo beneficiar alguns proprietários e desfavorecer outras se comparadas com o antigo traçado. O período de maior transtorno será o compreendido entre o mês 10 do ano I e o mês 3 do ano IV. O empreendimento acarretará desativação de 15,1 Km e construção de 15,3 Km de ferrovia e desativação de 10,5 Km e relocação de 13 Km de estradas vicinais não pavimentadas.

- **Sistema de transmissão de energia**

- \* A demanda dos canteiros de obra por energia acarretará ampliação da rede de distribuição primária em 13,8 Km; restrições quanto ao uso da terra e à ocupação em função da implantação da rede de distribuição; 10 Km de eletrificação rural serão afetadas, visando a garantir a oferta aos proprietários que são atendidos atualmente, podendo beneficiar novos proprietários relocação de 5Km de linha de transmissão de FURNAS. A operação da hidrelétrica irá beneficiar o Sistema Interligado Sul/Sudeste, que contará com um acréscimo de 180MW de potência instalada e 100MW de energia firme.

- **Impactos sobre o mercado de bens e serviços**

- \* Incremento da atividade de construção civil em Além Paraíba e Jamapar em função dos novos habitantes e valorização dos imóveis, havendo construção de habitaoes, hotéis, pousadas e obras de infra-estrutura urbana.
- \* As desapropriações necessárias às obras da usina e de relocação de rodovias e ferrovias irão valorizar os imóveis rurais da região, podendo levar a pressões para a venda de pequenas propriedades rurais e concentração de terra.
- \* As propriedades situadas ao longo dos novos traçados das rodovias e do lago serão valorizadas. Isto também poderá levar a pressão para venda das pequenas propriedades dessas regioes.
- \* Aumento na demanda de extrativos minerais como areia, pedra, argila etc. Unidades extrativistas deverão ser expandidas e novas jazidas serão exploradas.
- \* A expansão da renda local aumentará a demanda por bens e serviços, levando ao inflacionamento local, se a demanda não for atendida. O aumento nos preços de habitação e alimentação acarretará alteração nas condioes de vida da população local. Os bens de alto custo e que requerem prazos mais longos também terão seus preços aumentados.
- \* Haverá crescimento econômico em função do aumento da demanda por bens e serviços decorrentes da elevação no padrão e na massa salarial, sendo o crescimento mais pronunciado na fase de pico da obra;
- \* O aumento populacional estimular a produção agrícola local, podendo contribuir para a reversão do "xodo rural".

- **Finanças públicas**

- \* Os aumentos na população e na renda em circulação levarão ao crescimento econômico da região, gerando crescimento na arrecadação municipal de Além

Paraíba e Sapucaia. Espera-se aumento na arrecadação de ICMS, IPTU, ISS e Imposto de Renda.

- \* Por força do Decreto 95.733 de 18-2-88, 1% da dotação do projeto poderá ser transferido às Prefeituras, desde que este seja condicionado à execução de medidas preventivas ou corretivas dos impactos negativos de caráter ambiental, cultural e social.
- \* Por força da Constituição Federal e da Lei 7.990, de 28-12-89, 6% sobre o valor da energia produzida constante da fatura a ser paga pelas concessionárias de serviços de energia elétrica são assegurados aos Estados, Distrito Federal e aos órgãos da administração da União na seguinte proporção (Lei 8.001 de 13-3-90): 45% ao Estado; 45% aos municípios; 8% ao DNAEE (hoje seria ANEEL) e 2% à Secretaria de Ciência e Tecnologia.
- \* O final das obras desmobilizará parte dos recursos gerados, que poderão ser compensados pela transferência de “royalties”.

- **Impactos sobre a saúde**

- \* Aumento de acidentes de trabalho no grupo de 19 a 45 anos de idade em função das obras.
- \* Aumento nos acidentes de tráfego em função da intensificação do tráfego rodoviário e urbano.
- \* A migração afetará a estrutura demográfica, aumentando o número da população masculina economicamente ativa. Haverá aumento das causas de morte externas e mortalidade por outras causas tenderão a diminuir;
- \* A favelização poderá elevar a taxa de mortalidade infantil;
- \* A elevação do padrão salarial vigente e a melhoria da infra-estrutura de saúde existente levarão a uma maior facilidade de acesso ao atendimento médico, acarretando diminuição na mortalidade por causas mal-definidas.

- \* O aumento da prostituição favorecerá a expansão de doenças sexualmente transmissíveis;
- \* Poderá haver aumento na morbidade em função de surtos de doenças infecto-contagiosas e parasitárias decorrentes das condições de confinamento dos trabalhadores e das deficiências de saúde e de saneamento básico.
- \* Aumento no número de acidentes com animais peçonhentos em decorrência da invasão do habitat desses animais por ocasião das obras e quando do enchimento do lago. Poderá haver exposição dos trabalhadores da obra ao nichos naturais de endemias e enzootias.
- \* As ações para a implantação do aproveitamento favorecem a formação de ambientes propícios à proliferação de vetores, que podem levar a expansão de endemias, principalmente doença de Chagas, esquistossomose, leishmaniose e arboviroses.

- **Impacto sobre o patrimônio histórico e cultural**

- \* Nos núcleos urbanos, prevê-se a diversificação de padrões construtivos e estéticos e a imposição de valores externos. Modificação de fachada de prédios, alteração de construções tradicionais e a perda de objetos de valor artístico e histórico poderão ocorrer.
- \* Em Além Paraíba há o risco de comprometimento do patrimônio histórico-cultural, inclusive pelo aumento da especulação imobiliária;
- \* O enchimento do reservatório acarretará perda de imóveis que refletem momentos específicos da região e do país, sendo importantes elentos à recomposição da memória coletiva;
- \* As estações ferroviárias, em particular, devem ser investigadas como unidades de um conjunto integrado de grande significado, cuja desintegração acarretará alterações concretas;



- \* O “cemitério dos turcos” não será inundado, mas será isolado em uma das ilhas criadas pelo reservatório;

- **Impactos sobre o patrimônio arqueológico**

- \* A criação do reservatório e a relocação da BR-393 criarão condições favoráveis à destruição de testemunhos arqueológicos de antigas culturas cerâmicas e pré-ceramistas.

- **Alterações na qualidade dos solos**

- \* A formação do reservatório levará à instabilidade do solo na margem do reservatório. A jusante do barramento nas margens do Paraíba do Sul poderá haver processos erosivos em consequência das alterações do regime de suas águas;

- **Impactos sobre o uso da terra**

- \* Perda de áreas agrícolas em função da exploração mineral, inundação e instalação do canteiro de obras e do acampamento. Haverá perda permanente de 557 ha de área total inundada, onde 4.40 ha serão de lavouras; 47 ha de vegetação secundária desenvolvida, 114,4 ha de vegetação secundária, e 391,2 ha de pastagens. Haverá perda temporária para as áreas destinadas aos canteiros e acampamentos, havendo recuperação natural após a desinstalação.
- \* A perda de fornteiras agrícolas implica em perda de 190.000 l/ano de produção leiteira, considerando o suporte de 1 cabeça por hectare e produção de 2,0 l de leite/dia/cabeça e 240 dias de lactação.
- \* Haverá valorização das terras próximas a BR-393, devido a melhoria na acessabilidade às propriedades, e das terras adjacentes ao reservatório, devido à água abundante e ao local de lazer.

- **Impactos sobre a fauna terrestre e alada**

- \* Perturbações no habitat e hábitos da fauna local terão importância e magnitude apenas nas fases de relocação da ferrovia, implantação da AHE e enchimento do reservatório. Nestas fases ocorrerão eliminação de manchas de refúgio e ocupação por espécies que se beneficiam das agressões ao meio ambiente.
- \* O aumento da população poderá levar ao aumento da caça na região. Embora de pequena magnitude, poderá ter grande importância, uma vez que objetiva capturar animais típicos de florestas, já raros na região e de grande importância ecológica.

- **Impactos sobre a fauna aquática**

- \* Mesmo sendo altos os níveis de poluição e de degradação da vegetação marginal, a fauna aquática local é relativamente rica. A implantação da AHE irá alterar a qualidade da água, diminuindo gradativamente as espécies típicas de água corrente na área impactada e favorecendo a ocupação por outras espécies de boa adaptabilidade às modificações do meio ambiente. O aumento da pesca na região intensificará o processo, uma vez que as espécies de água corrente são as de maior valor comercial.

- **Impactos sobre os Recursos Hídricos:** estão avaliados segundo as fases do empreendimento.

**Construção:**

- \* O Aumento da população acarretará incremento de despejo de esgoto doméstico. Haverá aumento na DBO e nos níveis bacteriológicos do rio.
- \* As obras desencadearão processos erosivos que aumentarão o teor de sólidos em suspensão. O aumento da procura de areia desencadeará intensificação na

exploração por dragagem do leito do rio Paraíba do Sul, contribuindo para aumentar também o teor de sólidos em suspensão e para o risco de contaminação das águas por metal pesado depositado nos sedimentos. A adoção de medidas de controle de processos erosivos, por parte de FURNAS, contribuirá para diminuir os efeitos desses processos;

- \* Aumento no risco de contaminação das águas por acidentes com cargas tóxicas, em função da intensificação do transporte rodo-ferroviário.

### **Enchimento do Reservatório:**

- \* Sem muitos efeitos, uma vez que durará de 6 a 19 dias para ocorrer (em condições extremas 53 dias). Nesse período haverá diminuição na vazão a jusante, com perda da capacidade de geração elétrica da UHE de Ilha dos Pombos e diminuição na capacidade de diluição do rio, agravando as condições sanitárias.
- \* Início das alterações hidrodinâmicas (diminuição no O<sub>2</sub> dissolvido e eutrofização) que serão mais pronunciadas na operação da UHE.

### **Operação:**

- \* **Eutrofização:** a forma do reservatório e o reduzido tempo de residência hidráulica manterão o grau de trofia atual.
- \* **Redução de O<sub>2</sub> dissolvido:** haverá eliminação de corredeiras, com redução no OD (oxigênio dissolvido) a níveis ainda superiores ao recomendado pelo CONAMA(5mg/l). A degradação da vegetação inundada contribuirá também para a diminuição do OD dissolvido, os níveis serão inferiores ao recomendado apenas nos 4 meses iniciais da operação.
- \* **Estratificação da coluna d'água:** ocorrerá uma leve estratificação nos períodos críticos de estiagem, formando uma camada anóxica próxima ao sedimento que terá efeitos para o trecho a jusante do reservatório.

- \* Proliferação de macrófitas: deverá ocorrer devido à eutrofização, porém sem maiores problemas uma vez que o reservatório apresenta pouco tempo de residência e características morfométricas desfavoráveis ao crescimento de macrófitas.
- \* Elevação dos níveis bacteriológicos: serão mantidas as condições atuais, que são críticas.
- \* Acúmulo de metais no sedimento: as concentrações atuais de cobre e chumbo indicam que deverá haver acúmulo desses metais nos sedimentos, afetando a cadeia trófica do sistema e os usos potenciais da água. A baixa capacidade de retenção de sólidos e a possibilidade de operação do descarregador de fundo amenizarão os efeitos deste acúmulo.

Geração de energia elétrica: o empreendimento irá acrescentar uma potência instalada de 180 MW ao sistema interligado sul/sudeste.

## VI. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais resultados e críticas às abordagens de AIA apresentadas foram obtidos a partir da simulação das condições de aplicação dos instrumentos desenvolvidos pelo CEPEL e pela OLADE. O aproveitamento hidrelétrico de Simplício foi escolhido para servir de referencial prático para a análise empreendida.

O CEPEL desenvolveu uma metodologia qualitativa de AIA que se vale de recursos quantitativos para aspectos de fácil mensuração. O SUPEROLADE adota uma modelagem quantitativa para a realidade, reduzindo a análise a aspectos quantificáveis. O uso dos recursos qualitativos se dá sempre como forma de obtenção de índices numéricos. Enquanto o CEPEL trabalha com sugestão de procedimentos, o SUPER limita a atuação a procedimentos pré-estabelecidos de análise. A metodologia apresentada pelo CEPEL é um processo constante de revisão e aferição do instrumental a partir dos resultados qualitativos que vão sendo obtidos. O SUPER estabelece fórmulas para quantificação e funções de normalização para as grandezas obtidas, de forma a permitir a agregação dos indicadores e a obtenção dos índices necessários a análise e comparação das alternativas.

A sistematização dos estudos e da análise dos aspectos ambientais revela ser uma importante contribuição das abordagens apresentadas. O planejamento ambiental estruturado em uma avaliação ambiental com critérios e procedimentos padronizados garante maior eficácia, maior agilidade e menor subjetividade ao processo.

A formalização da avaliação de impactos ambientais para o planejamento é uma demanda atual do Setor Elétrico. A dimensão ambiental precisa estar incorporada desde os estágios iniciais do planejamento, evitando desperdício de recursos, garantindo uma visão global às análises e incorporando critérios ambientais de sustentabilidade à tomada de decisões.

Os instrumentos desenvolvidos pelo CEPEL e pela OLADE podem ser caracterizados como de avaliação ambiental estratégica (AAE), que vem a ser avaliações ambientais incorporadas ao processo de planejamento e de tomada de decisão para políticas, planos e programas (PPP's).

A análise multi-objetivo permite priorizar critérios e encontrar soluções satisfatórios ao analisar as alternativas para determinada questão. Esta é a organização adotada pelos instrumentais para os estudos ambientais e vêm a ser um importante avanço para a AIA em qualquer nível.

Os resultados apresentados no RIMA confeccionado para o aproveitamento hidrelétrico de Simplício, evidenciam um extenso trabalho de caracterização ambiental e de previsão de possíveis impactos. Não há uma análise conjunta dos resultados que permita comparar e/ou sugerir alternativas e não há a emissão de um parecer conclusivo para os estudos efetuados. O tratamento da questão é sumário, sem permitir uma visualização crítica do empreendimento relatado. A abordagem das avaliações ambientais, cujo RIMA estudado é o melhor representante, adota uma visão taxonômica da realidade. Descreve o quadro presente e o provável quadro futuro, desconsidera a importância do EIA/RIMA como instrumento de planejamento e carece de informações balisadoras e de critérios auxiliares à tomada de decisão.

O formato dos dados apresentados e a orientação adotada pela equipe realizadora do EIA/RIMA permite verificar que há uma tendência a qualificar as avaliações ambientais empreendidas. A quantificação é feita de forma sumária e obedecendo a critérios técnicos de apresentação do aproveitamento.

A simulação do SUPER apresentou dificuldades para a obtenção dos dados de entrada necessários ao modelo. A abordagem do CEPEL, por ser mais flexível, apresenta maior capacidade de adaptação e torna-se mais funcional para o caso analisado. O RIMA analisado não disponibilizou todas as informações requeridas pelas ferramentas, indicando um distanciamento entre os instrumentos propostos e a

forma de encaminhamento dos estudos ambientais por parte da equipe contratada para a confecção do Relatório.

## **6.1. Principais críticas à metodologia desenvolvida no Módulo Ambiental do modelo SUPEROLADE**

### **6.1.1. Orientação adotada pelo instrumento**

O módulo ambiental SUPEROLADE é uma ferramenta quantitativa de avaliação de impactos ambientais. Adota critérios padronizados para a mensuração dos impactos, de modo a permitir a avaliação da magnitude e intensidade dos impactos associados a determinado plano de expansão elaborado no processo de planejamento do Setor Elétrico.

Ao priorizar a objetividade do instrumento a OLADE teve que sacrificar a flexibilidade. Assim, o SUPER apresenta pouca adaptabilidade às condições de estudo o que leva a questionar a utilidade do instrumento. Uma vez que os dados exigidos poderão não estar disponíveis para o estudo e nem serem passíveis de obtenção.

A maioria dos critérios de avaliação adotados pelo SUPER é expressa segundo fórmulas ou relações numéricas. Em alguns casos, a natureza qualitativa dos mesmos, induz a adoção de artifícios para a quantificação, quando passam a ser tratados como dados numéricos. Há uma objetivação da subjetividade existente no instrumento. Tal procedimento requer atenção por parte dos usuários, e isto não é explicitado nos manuais do modelo, para que não se corra o risco do artifício utilizado ser perdido de vista ao longo do processo e comprometa a análise empreendida.

O RIMA do aproveitamento hidrelétrico de Simplício não foi capaz de fornecer todos os dados de entrada necessários ao modelo. O que pode ser justificado pelo fato do relatório apresentar, em sua grande parte, dados de natureza qualitativas. Os

dados quantitativos estão concentrados na parte referente às condições e características técnicas do aproveitamento. O que indica uma tendência, para o caso estudado, de preferência da equipe ambiental por uma abordagem de natureza qualitativa. Tal fato, sendo confirmado para o caso brasileiro, poderá vir a gerar grandes resistências, por parte das equipes condutoras dos estudos, à adoção do SUPER como ferramenta de auxílio às avaliações ambientais.

### **6.1.2. Impactos ambientais desconsiderados**

O SUPER foi desenvolvido para ser utilizado no planejamento do Setor Elétrico e por isto pode ser considerado como um instrumento de Avaliação Ambiental Estratégica (AAE). Neste sentido, considerar os princípios norteadores do desenvolvimento sustentável é um aspecto irrelevante à análise. Cabe apontar uma falha neste procedimento. O SUPER considera conjuntamente para a expansão do Setor Elétrico empreendimentos hídricos e térmicos. Entretanto, ao promover a avaliação dos impactos, releva a contribuição destas fontes energéticas para a intensificação do efeito estufa. Avaliando apenas os impactos mais diretamente associados ao empreendimento como, por exemplo, a qualidade do ar, desconsidera os efeitos da queima dos combustíveis fósseis e da decomposição da biomassa alagada dos reservatórios, na emissão dos chamados gases de efeito estufa. O que pode ser apontada como uma grave omissão de um instrumento estratégico para a avaliação ambiental.

### **6.1.3. Operacionalidade do *software***

O SUPER já apresenta o modelo desenvolvido na forma de *software*, o que facilita a utilização do modelo operacionalizando os cálculos e procedimentos matemáticos envolvidos na avaliação ambiental.

Apesar do módulo ambiental do SUPER contar com manuais a respeito do modelo, o Manual de Referência e o Manual do Usuário, ele não apresenta um



manual de utilização do *software*. Tal fato poderia ser minimizado se fossem disponibilizadas as informações mais relevantes no tópico de “ajuda” do *software*. Entretanto, isto não ocorre, cabendo ao usuário descobrir os recursos disponíveis a partir do método da tentativa e erro.

As recomendações oferecidas pelos documentos disponíveis no *compact disk* (CD) de instalação do *software*, referem-se a orientações gerais de uso para todos os módulos do modelo SUPEROLADE. Não há um manual especificamente voltado para o usuário do programa disponível no módulo ambiental do modelo, o que acarreta ineficiência ao processo.

A organização de um manual para o software facilitará o acesso ao modelo, permitindo maior rapidez para a compreensão do modelo a partir da utilização prática do instrumental.

## **6.2. Principais críticas à metodologia desenvolvida pelo CEPEL:**

### **6.2.1. Dimensão Espacial:**

Uma primeira consideração que deve ser feita refere-se à questão espacial. Este aspecto da metodologia é apresentado como uma inovação deste procedimento de avaliação de impacto ambiental, segundo o qual a dinâmica ambiental poderia ser espacializada e assim melhor avaliada.

Ao sugerir que a dimensão espacial dos estudos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) vá além dos limites da bacia hidrográfica, a metodologia expõe um aspecto negligenciado pela maioria das equipes empreendedoras de AIA's: os processos envolvidos em um determinado empreendimento, muitas vezes, não estão restritos aos limites fisiográficos utilizados nas metodologias tradicionais de AIA.

É importante assinalar que as informações geradas com o processo serão úteis para os seguintes procedimentos:

- Definir os elementos de caracterização, os critérios de avaliação e os elementos de avaliação a serem utilizados;
- Auxiliar a compreensão da dinâmica ambiental da área estudada, permitindo a emissão de juízos mais adequados à realidade e, conseqüentemente, dos pesos que a serão adotados para os estudos;

A solução apresentada pela abordagem do CEPEL pode não constituir uma resposta prática e eficaz para a resolução do problema descrito. As sucessivas confecções de mapas e espacialização dos processos analisados traz ao procedimento, mais uma linha de atuação da equipe e maior complexidade ao processo. Serão necessários maiores recursos envolvidos, implicando em maiores gastos; maior dificuldade na execução e um volume maior de informações requeridas e geradas aos estudos. Tais características poderão gerar resistências à adoção do instrumento, por parte das equipes executoras de avaliações ambientais.

#### **6.2.2. Orientação adotada pelo instrumento:**

Por se tratar de uma abordagem qualitativa que prioriza a flexibilidade do instrumento, ela prioriza o poder de decisão dos empreendedores dos estudos ambientais. Há uma extensa criterização, a qual é apresentada como sugestões de procedimentos. Às equipes ambientais é conferido o poder de modificá-los e adaptá-los à realidade estudada. Fato que não se verifica no SUPER, por exemplo, que determina todas as etapas e dados necessários ao modelo.

A flexibilidade do instrumento leva a duas situações que podem comprometer os resultados obtidos. Devem ser considerados os fatos de que subjetividade é agregada ao processo, por envolver tomada de decisões dos realizadores, e de não haver padronização necessária para a realização dos estudos.

Cabe ressaltar o fato de que a subjetividade envolvida no processo requer alto grau de comprometimento das equipes condutoras das avaliações ambientais. Deverá

haver um perfeito entendimento dos pressupostos teóricos adotados como fundamentação para a abordagem do CEPEL. Tal fato, por si só, representa outra grande limitação a adoção eficaz do instrumental elaborado.

O fato mencionado conduz a um outro aspecto que vale a pena ser citado. A metodologia desenvolvida pelo CEPEL é complexa e encontra-se disponibilizada de forma hermética, o que dificulta ainda mais a perfeita compreensão da técnica. A elaboração de manuais mais simplificados, com a esquematização geral de todas as fases e etapas, reduzindo a explanação textual, poderá contribuir para aumentar a objetividade do processo. A disponibilização sob a forma de software com os respectivos manuais de referência e do usuário poderão contribuir também para reduzir o grau de dificuldade e a subjetividade envolvida na compreensão da técnica desenvolvida pelo CEPEL.

### **6.2.3. Impactos positivos:**

No Relatório Técnico 143/97 há a exposição dos objetivos orientadores do instrumento desenvolvido pelo CEPEL, que são o de promover o conhecimento das principais questões ambientais e avaliar os efeitos da implantação do conjunto de aproveitamentos hidrelétricos sobre o meio ambiente. Em função disto, cabe uma crítica no que se refere à desconsideração dos impactos positivos acarretados pelo empreendimento. Assim, o instrumento passa a ter limitado poder de conhecimento e de avaliação dos efeitos de um empreendimento.

A relevância dos aspectos positivos do empreendimento pode incorrer em uma avaliação enviesada da realidade, uma vez que os impactos positivos e negativos de um empreendimento se apresentam como um todo, influenciando no surgimento de “propriedades emergentes”<sup>4</sup>, que serão invisíveis se todos os efeitos não forem considerados conjuntamente.

---

<sup>4</sup> Uma consequência importante da organização hierárquica é que, à medida que os componentes ou subconjuntos combinam-se para produzir sistemas funcionais maiores, emergem novas propriedades que não estavam presentes

A abordagem do CEPEL ao excluir os impactos positivos poderá incorrer no erro de desconsiderar até aqueles impactos que mitigam ou compensam uma alteração desfavorável. O que poderá incorrer em previsões superestimadas para os custos do empreendimento e para o índice, uma vez que serão considerados efeitos que na prática não existirão por serem anulados ou minimizados por impactos positivos.

A argumentação de que se trata de uma avaliação setorial, onde o benefício contemplado é a maximização da eficiência econômico-energética, e por isso todas as outras possíveis alterações que possam vir a gerar benefícios potenciais (impactos positivos) não são consideradas na análise não se sustenta. Uma vez que o procedimento adotado poderá influenciar a questão econômico-energética, ao se considerar custos que são inexistentes na prática.

Cabe ressaltar, como último argumento, que segundo a legislação vigente há a necessidade de que sejam sempre considerados os impactos positivos do empreendimento. O Decreto 88.351/83 estabelece a necessidade de o EIA conter a análise e previsão dos impactos significativos, positivos e negativos; e a Resolução 001/86-CONAMA determina que o estudo deverá abranger a análise dos impactos ambientais do projeto através da identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos positivos e negativos, diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas.

O CEPEL desenvolveu uma ferramenta destinada à AIA para a fase de inventário da bacia hidrográfica, onde não há a obrigatoriedade das normas mencionadas. Entretanto, deve ser considerado o fato de que os estudos realizados poderão ser utilizados na fase dos estudos de impacto ambiental. A escassez de recursos leva a adoção de alternativas menos custosas, onde está incluído o

---

no nível inferior. Portanto, uma propriedade emergente de um nível ecológico ou unidade ecológica não pode ser prevista a partir do estudo dos componentes desse nível ou unidade (ODUM, 1988)

aproveitamento de resultados e informações já disponíveis e que sirvam à realidade analisada.

Neste sentido, ao analisar o RIMA do aproveitamento hidrelétrico de Simplício, percebe-se que a construção da usina trará uma série de benefícios para a comunidade de Além Paraíba e Simplício, os quais poderão comprometer os resultados do estudo e influenciar negativamente a percepção do empreendimento, caso não sejam considerados para a avaliação ambiental.

#### **6.2.4. Impactos controlados, compensados ou mitigados**

Um outro aspecto a ser salientado aqui é que a abordagem do CEPEL também desconsidera, para a avaliação ambiental, os impactos que possam ser controlados, compensados ou mitigados. Tal procedimento é justificado pelo fato de que haverá internalização dos custos ambientais destes impactos. Assim, o instrumento deverá preocupar-se somente com o que for incontrolável ou não internalizável.

A mesma argumentação do item anterior poderá ser adotada para este caso, acrescentando o fato de que poderá não haver internalização dos custos ambientais do empreendimento avaliado. A incerteza quanto ao cumprimento deste pressuposto básico que fundamenta o procedimento adotado refere-se, principalmente, à realidade institucional brasileira atual. A falta de recursos orçamentários, a presença de órgãos de licenciamento e fiscalização ambiental enfraquecidos em seu poder de atuação e a entrada do capital privado no setor de energia, delineiam um quadro de alta complexidade e grande incerteza para que se possa garantir o cumprimento do pressuposto citado.

Alem disso, a valoração econômica dos impactos ambientais é um procedimento que não esgota o efeito do impacto na realidade. Por isso, mesmo sendo internalizado é importante não perder de vista o fenômeno em questão. A internalização dos custos ambientais não exclui o processo de avaliação ambiental

dos impactos que foram valorados. Sugere-se que os dois processos ocorram concomitantemente.

#### **6.2.5. Critérios de modelagem adotados à realidade:**

A flexibilidade da metodologia do CEPEL, aliada à ênfase que é dada à fase de diagnóstico ambiental, revelam ser vantagens significativas desta abordagem de AIA sobre a desenvolvida no modelo SUPEROLADE, no qual a etapa de diagnóstico é bastante reduzida e as variáveis envolvidas encontram-se definidas a priori.

O instrumental desenvolvido pelo CEPEL considera de forma ampla e profunda a realidade estudada. Tal característica pode ser verificada ao analisar a ferramenta desenvolvida junto ao caso prático do aproveitamento hidrelétrica de Simplício. A metodologia desenvolvida pelo CEPEL revelou ser prática e capaz de dar conta das informações mais relevantes levantadas, além de garantir uma estruturação capaz de gerar novas informações, como mapas, por exemplo.

Uma questão que cabe ser levantada aqui é a de que o RIMA é produzido como decorrência do Estudo de Impacto Ambiental, na fase dos Estudos de Viabilidade para determinado empreendimento que se pretende construir. A metodologia CEPEL é um instrumental desenvolvido para a fase de Inventário da bacia hidrográfica, uma fase anterior a dos Estudos de Viabilidade. Tal fato revela o alto grau de detalhamento e a alta adaptabilidade da abordagem apresentada pelo CEPEL, uma vez que revela-se eficiente para a fase posterior àquela para qual foi desenvolvida. Tal consideração merece uma reflexão: será que é necessário um instrumento tão profundo para a fase de Inventário, uma vez que isto representará maior gasto e maior tempo requerido para concluir o processo de avaliação ambiental?

O extenso trabalho de diagnóstico ambiental, adotado no instrumento, exige estudos contínuos e constantes reavaliações para aferição das avaliações e obtenção

de resultados e previsões mais próximos aos observados na realidade, garantindo maior confiabilidade aos estudos. Essa característica confere à metodologia dinamismo e adaptabilidade às situações de estudo. O que é uma grande vantagem para o caso do Setor Elétrico brasileiro, que apresenta um quadro de grande diversidade de condições ambientais, uma bacia hidrográfica situada na região sudeste apresenta características muito diversas das de uma bacia situada na região norte, por exemplo.

Duas situações práticas podem revelar desvantagens, ou pelo menos problemas, para a metodologia. As equipes que venham a utilizar a metodologia CEPEL deverão estar engajadas na fundamentação teórica adotada pelo instrumental. Em inúmeras fases do processo de avaliação ambiental serão exigidos julgamentos e tomada de decisões dos avaliadores, ou seja adotas-e critérios de natureza subjetiva que poderão comprometer as análises efetuadas. Por exemplo, o Relatório Técnico 143/97 (CEPEL, 1997), em determinado trecho faz a recomendação de que cabe ao analista determinar a extensão dos dados adicionais necessários, a partir de seu julgamento. Tal característica permite que se adicione novos entendimentos, sem a padronização de valores e para isso há que se pressupor um certo grau de compromisso com o modelo teórico construído para a metodologia. Caso contrário, a metodologia desenvolvida será resumida a recomendações de procedimentos burocráticos sem que se materialize efetivamente em um instrumento de AIA.

Um outro aspecto que merece ser mencionado é o de que a realidade brasileira atualmente exige respostas rápidas, baratas e eficazes para os problemas identificados. O tempo disponível e os recursos financeiros envolvidos nos estudos e análises ambientais tornam-se cada vez menores. Neste sentido, a metodologia CEPEL apresenta a desvantagem de ser lenta e requerer considerável recurso financeiro, pois envolve muitas etapas de estudos e uma estrutura de análise que conta com especialistas, reuniões, grupos de trabalhos, confecção de mapas e extensas caracterizações (mesmo que seja de dados secundários).





## VII. CONCLUSÃO

Nos projetos hidrelétricos, a sociedade deve ser encarada em dois níveis: difuso e pontual. No primeiro, a visão é macro onde prioriza-se o desenvolvimento econômico propiciado pelo suprimento da energia gerada. A sociedade aqui é difusa. No nível regional, o enfoque recai sobre os impactos acarretados pelo empreendimento gerador de energia na área da obra, do reservatório e suas adjacências. Estes dois pontos-de-vista permitem considerar o conflito potencial entre os interesses nacionais e os locais (MÜLLER, 1995).

A consideração da avaliação ambiental sob esses dois aspectos da geração de energia elétrica permitirá gerenciar os conflitos inerentes a defesa dos interesses dos atores sociais envolvidos. Neste aspecto, as duas abordagens apresentadas representam importantes avanços para minimizarem conflitos e distorções resultantes do planejamento orientado somente segundo critérios técnicos e econômicos. Os dois instrumentos são ferramentas que antecipam a consideração dos aspectos ambientais para as fases iniciais do planejamento e da definição das políticas, dos planos e dos programas para o setor elétrico.

As fases iniciais de qualquer planejamento e/ou empreendimento são aquelas onde estão envolvidos menores recursos financeiros e, portanto, são aquelas onde as previsões e controles de conseqüências e falhas acarretarão maior economia de recursos. As abordagens apresentadas pelo CEPEL e pelo SUPEROLADE são instrumentos de avaliação orientados para as etapas iniciais dos projetos, assim, a correta avaliação das previsões poderão significar uma gestão ambiental mais eficaz com a minimização de conflitos e economia para os empreendedores, quer seja replanejando o projeto ou adotando medidas preventivas.

O confronto das abordagens do CEPEL e do SUPER evidenciam, na verdade, o embate antigo de correntes quantitativistas e qualitativistas de avaliação de

impactos ambientais, as quais, na verdade, representam mais categorizações teóricas do que práticas. A operacionalização de abordagens de AIA acaba sempre levando em conta critérios quantitativos e qualitativos de análise. A realidade ambiental apresenta-se complexa, díspare e incapaz de ser caracterizada apenas segundo critérios qualitativos ou quantitativos. Não existe um indicador único que, sozinho, seja capaz comparar adequadamente o conjunto dos impactos sócio-ambientais dos projetos hidrelétricos (ROSA, 1995). As próprias abordagens apresentadas evidenciam este fato, uma vez que utilizam múltiplos critérios, qualitativos e quantitativos, para uma melhor aproximação da realidade a ser analisada.

Os instrumentos desenvolvidos pelo CEPEL e pelo SUPER, são abordagens que não excluem e nem esgotam as avaliações ambientais. A melhor alternativa a ser adotada para a avaliação dos impactos ambientais de determinado projeto, dependerá das características da situação a ser analisada e dos objetivos que pretendem ser alcançados com a AIA para o planejamento ambiental.

A utilização concomitante de instrumentos de caráter qualitativo e quantitativo poderá ser uma alternativa útil à compreensão da realidade ambiental, promovendo uma avaliação ambiental mais correta. A adoção deste procedimento deverá ser justificada avaliando-se os custos e os benefícios trazidos. Uma vez que a utilização das duas abordagens de estudos tornará o processo mais trabalhoso e mais oneroso, devendo ser reservada a situações onde os benefícios justifiquem os custos extras.

A preocupação com as questões ambientais torna-se cada vez mais presente e urgente no processo de planejamento de todos os setores da sociedade. O setor elétrico, a exemplo do que pode ser confirmado historicamente com a questão da AIA, assume a dianteira nesse processo ao antecipar a consideração de critérios ambientais para as fases iniciais do processo de planejamento. O desenvolvimento e incorporação de instrumentos de avaliação de impactos ambientais, como é o caso das ferramentas propostas pelo CEPEL e pelo SUPEROLADE, representam uma das

iniciativas pioneiras que tendem a influenciar os demais setores sociais na adoção de mecanismos semelhantes.

## VIII - BIBLIOGRAFIA:

ALMEIDA, J.R., ORSOLON, A.M., MALHEIROS, T.M., PEREIRA, S.R.B., AMARAL, F., SILVA, M.D., 1993, *Planejamento Ambiental*, Rio de Janeiro, Thex Editora.

AMARAL, A.C. "Aspectos Socioambientais no Projeto e Construção de Usinas Hidrelétricas", *Revista Brasileira de Engenharia*. CBGB. Vol.4, nº2, 1992, pp.135-139.

BOLEA, M.T.E., 1984, *Evaluacion del Impacto Ambiental*. Madrid, MAPFRE.

BONNEVILLE POWER ADMINISTRATION, 1993, "Volume 1: Environmental Analysis". In: *Final Environmental Impact Statement Resource Programs*, Portland, Oregon.

BRASIL, 1997, *Lei n.º 9.433*, Brasília, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.

BUEHRING, W.A., FOELL, W.K., KEENEY, R.L., 1976, *Energy/Environment Management: Application of Decision Analysis*. RR-76-14, Laxenburg, Austria International Institute for Applied Systems Analysis.

CAMPBELL, D.G., HAMMOND, H.D., 1988, *Floristic Inventory of Tropical Countries*, New York, The New York Botanic Garden.

CEPEL, 1997, *Incorporação da Metodologia para Análise Integrada de Impactos de Usinas Hidrelétricas ao Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas*, Relatório Técnico 143/97, CEPEL, Rio de Janeiro, 1997.

CHURCHILL, P.S., BALSLEV, H., TORERO, E., JAMS, L. L., 1993, *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*, The New York Botanic Garden, New York.

- COOPERS & LYBRAND, 1997, "Volume I: Sumário Executivo". In: *Relatório Consolidado Etapa IV-1*, SEN/ELETROBRÁS, Ministério das Minas e Energia, Brasília.
- ELETRICIDADE MODERNA, 1997, "A Nova Cara do Setor Elétrico, segundo a Proposta da Coopers", *Eletricidade Moderna*, n.280,ano XXV, São Paulo, Aranda Editora.
- ELETROBRÁS, 1997, *Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas*. Rio de Janeiro.
- ELETROBRÁS, 1986, *Manual de Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos*. Rio de Janeiro.
- EMBRAPA, 1996, *Atlas do Meio Ambiente do Brasil*, 2 ed., EMBRAPA, Brasília-DF.
- ENGEVIX, 1990, *Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício: Relatório de Impacto Ambiental - RIMA*.
- GOODLAND, R.J.A., NEGISHI, S., "Greening Hydro: The Environmental Sustainability Challenge for the Hydro Industry", *International Water Power and Dam Construction: Financing Hydropower Projects*. London.
- ISO, 1996, *Environmental Management Systems - Specification with Guidance for Use*, ISO, Geneve, Switzerland.
- LAMBERT, H.E., 1973, *Systems Safety Analysis and Fault Tree Analysis*, Lawrence Livermore Laboratory/UCLA, Califórnia.
- LEGEY, L.F.L., 1997, *Modelo de Gestão Ambiental da Bacia da Baía de Sepetipa - MGAS - Relatório I*, Rio de Janeiro, COPPE/SEMA-RJ.

- MACHADO, P.A.L.M., 1992, *Direito Ambiental Brasileiro*, 5 ed., São paulo, Malheiros Editores.
- MAGRINI, A., TEIXEIRA, M.G.C., SOUZA, R.C.R., 1990, *Metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental*. In: *Análise da Implementação de Grandes Projetos Energéticos*.
- MÜLLER, A.C., 1995, *Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento*. São Paulo, Makron Books.
- NEGRET, R., 1982, *Ecossistema: Unidade Básica para o Planejamento da Ocupação Territorial*, 1 ed., FGV, Rio de Janeiro.
- ODUM, E.P., 1988, *Ecologia*, Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan.
- OLADE, 1993, "Modulo Ambiental (MODAMB)". In: *Modelo SUPER/OLADE-BID: Manual de Referência*, Quito, OLADE.
- OLADE, 1993, "Instructivo de Instalacion y Ejecution". In: *Modelo SUPER/OLADE-BID: Manual del Usuario*, Quito, OLADE.
- OLADE, 1993, "Modulo Ambiental (MODAMB)". In: *Modelo SUPER/OLADE-BID: Manual del Usuario*, Colombia, Quito, OLADE.
- PIRES, S.H., FARAH, P.C., LACORTE, A.C., 1997, "Critérios para Avaliação de Impactos Ambientais em Inventários Hidrelétricos de Bacias Hidrográficas". In: XIV SNPTEE, Belém, Pará.
- RAU, J.G., 1980, "Socioeconomic Impact Analysis". In: *Environmental Impact Analysis Handbook*. Nova Iorque, McGraw-Hill.

- REVORA, S. A., 1987, *Manual de Gestion Ambiental para Obras Hidraulicas de Aprovechamento Energetico*, Buenos Aires, Secretaria de Energia da República Argentina.
- ROSA, L.P., SIGAUD, L., LA ROVERE, E.L., MAGRINI, A., POOLE, A., FEARNSIDE, P., 1995, *Estado, Energia Elétrica e Meio Ambiente: O Caso das Grandes Barragens*. COOPE/UFRJ.
- ROSENHEAD, J., 1989, *Rational Analysis for a Problematic World*, John Wiley & Sons, England.
- SCHAEFFER, R., 1986, *Impactos Ambientais de Grandes Usinas Hidrelétricas no Brasil*. Tese M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- SERRA, M.T., 1989, "O Planejamento Ambiental e Social no Setor Elétrico Brasileiro, *Cadernos FUNDAP*, São Paulo, ano 9, nº16, pp. 64-73.
- UNE, M.Y., 1997, "Sistematização da Base de Dados para Aplicação em Estudos Ambientais da Fase de Inventário Hidrelétrico em Bacias Hidrográficas". In: *Workshop A Dimensão Ambiental nos Estudos de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas*, CEPEL, Rio de Janeiro.
- VERDUN, R., MEDEIROS, R.M.V., 1995, *RIMA, Relatório de Impacto Ambiental: Legislação, elaboração e resultados*, 3 ed., Ed. Universidade/UFRGS, Porto Alegre.
- WOOD, C., 1995, *Environmental Impact Assessment*, 1 ed., Addison Wesley Longman Limited, England.
- YORK, D., SPEAKMAN, J., 1980, "Water Quality Impact Analysis". In: *Environmental Impact Analysis Handbook*, cap.6. Nova Iorque, McGraw-Hill.

## **IX. ANEXO: Manual de referência do Módulo Ambiental do SUPEROLADE**

O objetivo da metodologia é qualificar impactos ambientais produzidos por projetos de geração de energia elétrica, tornando-os comparáveis entre si.

### **I - Características:**

Se baseia na análise multiobjetivo com as seguintes características:

- Integração de aspectos sócio-econômicos e biofísicos na mesma função multiobjetivo;
- Avaliação de seqüências de projetos e, também, de projetos individuais;
- Integração de usinas térmicas e hidroelétricas, aplicando os mesmos parâmetros de avaliação;
- Introdução de juízos de valor do decisor, em nível ambiental, mediante a incorporação de escalas de preferências;
- Permitir a busca de soluções “robustas”, ou seja, soluções satisfatórias ainda que se modifique a estrutura de preferências. A obtenção de soluções robustas requer um espectro amplo de análise de sensibilidade.

### **II - Metodologia:**

A análise multiobjetivo tem particular importância para a avaliação e gestão ambiental por considerar as múltiplas realidades (física, biótica, social, cultural e econômica) que integram o ambiente, propiciando uma avaliação simultânea dos vários objetivos onde a estes estarão associados graus de importância.

O primeiro passo metodológico foi determinar os cinco objetivos mais relevantes para os projetos de geração elétrica, quer sejam estes projetos térmicos ou hidráulicos.



O passo seguinte foi decompor cada objetivo em critérios, cuja finalidade específica é a de avaliar impactos específicos.

O critério trata-se de uma forma de obter uma avaliação ambiental total. A ele estará associado um grupo de variáveis escolhidas de tal maneira que sejam de fácil obtenção a partir dos estudos de factibilidade e que através do cruzamento lógico delas, se obtenha um indicador para o critério, o qual permitirá mensurar o tamanho do impacto ao qual o critério se refere.

Uma vez quantificado o impacto, mediante o indicador, é aplicada uma "função de impacto ambiental" que converterá o indicador em uma avaliação para cada um dos critérios.

A partir deste ponto, efetua-se a agregação da avaliação dos critérios, aplicando-se pesos relativos (determinados consensualmente), para que, assim, obtenha-se o valor dos objetivos. Com estes, os objetivos, realiza-se, novamente, um processo de agregação visando obter um único valor para a avaliação ambiental do projeto.

Um último esclarecimento é que esta metodologia, aqui apresentada, foi desenvolvida para a avaliação de planos de expansão, ou seja, grupos de projetos que cumpram a restrição de atender a demanda. Uma vez definidos quais os projetos que comporão cada alternativa do plano de expansão, os impactos de cada projeto serão agregados até obter-se a avaliação do plano como um todo.

### **III - Estrutura Operacional da Metodologia:**

#### **3.1) Definições:**

##### a - Objetivos:

Em geral, um objetivo expressa algo desejável. No nosso caso, ele poderá ser desmembrado em dois constituintes: o objetivo em si mesmo e uma regra de decisão sobre o objetivo. O primeiro componente pode ser estabelecido como uma pretensão

de se sintetizar todos os impactos relevantes, associados aos projetos de geração de energia, concernentes a uma dimensão ou aspecto básico da relação projeto-região. Já a regra de decisão indica a direção da otimização, ou seja, indica o sentido do desejável: minimizar ou maximizar.

Uma “decisão satisfatória” irá depender dos juízos de valor que expressa o decisor e, com base nestes juízos, estabelecer até que ponto é aceitável a regra de decisão. A “solução satisfatória” será qualquer valor, desde que dentro de um intervalo de aceitabilidade fornecido pela função-objetivo. No caso de múltiplos objetivos o “satisfatório” implicará em valores aceitáveis para todos os objetivos. A busca de um conjunto de soluções “não-dominadas” (ótimo de Pareto ou solução eficiente) é um passo prévio para a aplicação das técnicas de análise multiobjetivo quando a dimensão do problema é grande.

#### b - Crítérios:

São os elementos com os quais se constróem o objetivo, sendo uma contribuição àquele. Cada critério é selecionado com a finalidade de avaliar um impacto ambiental específico.

Os critérios, ao serem estabelecidos, devem evitar a duplicidade para que não haja dupla contabilização dos mesmos. Tal coisa poderá até ocorrer se tratar-se de atitude intencional do analista, visando assinalar uma maior importância, a um dado impacto, na conformação do objetivo.

#### c - Indicadores:

São instrumentos de medição de um impacto, sendo construídos a partir do cruzamento adequado das variáveis associadas ao impacto, buscando apreender de forma clara e concisa a magnitude deste. A obtenção dos indicadores pode ser **analítica**, quando as variáveis são quantificáveis numericamente e a informação está

disponível, ou **qualitativa**, quando as variáveis não são quantificáveis numericamente ou quando a informação não se encontra disponível. Em qualquer dos casos, a construção de bons indicadores estará sujeita ao grau de conhecimento que se tem da região, do projeto e da relação destes, manifestadas nos estudos correspondentes.

Cada indicador está associado a um critério (impacto), constituindo-se no avaliador do critério. Escolher um indicador significa selecionar uma maneira específica de avaliá-lo, descartando as outras alternativas.

É importante mencionar que, para alguns aspectos sociais, a construção de indicadores qualitativos é uma exigência do próprio objeto de estudo e não devido à escassez de informações ou insipiência da disciplina.

#### d - Variáveis:

Variável é um atributo mensurável, quer seja qualitativa ou quantitativamente, que permite estabelecer o segmento confiável da avaliação de um comportamento, de um sistema ou de uma relação. As variáveis são obtidas por intermédio da análise, do estudo, da observação direta, da medição ou da negociação com a comunidade.

### **3.2) Estrutura Matricial:**

Para a aplicação da metodologia aqui descrita, será necessário utilizar uma série de matrizes consecutivas, cujas estruturas, funções e conteúdos serão apresentados a seguir:

#### a - Matriz Variáveis x Projetos :

Reúne a informação básica ou de entrada ao processo, sendo as colunas constituídas pelos projetos de geração e as linhas pelas variáveis envolvidas.

#### b - Matriz Indicadores x Projeto:

Reúne, para cada projeto individual, os valores assumidos pelo indicador associado a cada uma dos critérios.

c - Matriz Indicadores x Seqüência:

Reúne, para cada seqüência ou grupo de projetos, os valores que assume o indicador associado a cada um dos critérios. É a matriz resultante da agregação de indicadores de projetos para a obtenção de indicadores de seqüências.

d - Matriz Critérios x Seqüência:

Contém os valores dos critérios para cada seqüência, após estes terem sido avaliados por meio das “funções de impacto ambiental”.

e - Matriz Objetivos x Seqüência:

É a matriz definitiva, na qual haverá apenas um valor para cada objetivo da seqüência considerada. As linhas serão, portanto, apenas cinco, uma para cada objetivo definido.

### **3.3) Níveis de Agregação:**

A seguir serão apresentadas as diferentes formas de se obter matrizes a partir de outras.

a - Passando de Variáveis a Indicadores por Projetos:

Consiste no cruzamento lógico e adequado de variáveis do componente ambiental que se deseja representar. São construídas para cada projeto, seja na forma qualitativa ou quantitativa. Este processo será melhor explicado no item IV.

b - Agregando os Indicadores nas Seqüências:

Cada critério é expresso por um indicador em cada seqüência. Isto obriga que os diferentes indicadores de cada projeto sejam agregados para se obter o indicador da seqüência em cada critério. Para isso, há diferentes formas, dentre as quais deve-se escolher a mais apropriada. Vejamos elas:

- **Somatório:** Pode ser efetuado quando o valor, por projeto, do indicador é uma grandeza física que fornece diretamente a magnitude do impacto. Ex.: Áreas de ecossistemas impactadas, volume de material removido, etc.
- **Ponto Médio Ponderado:** Quando o indicador de cada projeto não é uma magnitude física, não tem sentido somá-los para obter o indicador da seqüência. Neste caso, pode-se calcular o ponto médio ponderado. Como ponderador, pode ser utilizada, caso exista, alguma magnitude física que dê idéia do tamanho do impacto.
- **Ponto Médio Simples:** No caso do indicador, de um determinado critério, ser qualitativo, a agregação deste pode se faz mediante um ponto médio simples dos indicadores de cada um dos projetos que conformam a seqüência.

c - Passando de Indicadores por Seqüência a Critérios por Seqüência:

Cada critério é uma contribuição à construção de um objetivo, para isto são necessários que:

- Os indicadores qualitativos estejam em uma escala de valores numéricos entre zero e um. Isto permitirá a agregação direta deles com os pesos relativos a cada critério.
- Os indicadores com significado físico sejam avaliados aplicando-se uma “função de impacto ambiental”. (As quais serão melhor explicadas no item V).

d - Passando de Critérios por Seqüências a Objetivos por Seqüências:

Uma vez obtidos os critérios para seqüências, deve-se fazer a agregação destes mediante o somatório dos produtos de cada critério com o seu peso relativo, correspondente ao respectivo objetivo.

e - Passando de Objetivos por Seqüências a Avaliação Final:

Nesta fase, como na anterior, realiza-se a agregação utilizando-se pesos relativos, sendo que, neste caso, eles corresponderão aos pesos dados aos objetivos para a conformação da avaliação final.

A avaliação final é um único qualificador que permitirá ordenar as seqüências de projetos, desde a de menor valor (ambientalmente melhor) até a de maior valor (ambientalmente pior).

#### **IV - DESCRIÇÃO DE OBJETIVOS E CRITÉRIOS:**

Aqui serão descritos os objetivos e critérios que constituem o cerne do módulo ambiental do SUPEROLADE.

Os objetivos são:

1º) Minimizar o impacto sobre o meio físico,

critérios:

i-Estabilidade da zona do projeto,

ii-Aumento da vazão do rio,

iii-Redução da vazão do rio,

iv-Qualidade da água,

v-Qualidade do ar;

2º) Minimizar o impacto sobre o meio biótico,

critérios:

i-Biota de ecossistemas terrestres,

ii-Biota de ecossistemas aquáticos,

iii-Biota de outros ecossistemas;

3º) Minimizar desalojamento de população,

critério:

i-População removida;

4º) Minimizar custos regionais,

critérios:

i-Área requerida,

ii-Produção perdida,

iii-Perda de patrimônio histórico,

iv-Deterioração do ordenamento regional,

v-Trauma social,

vi-Desemprego,

vii-Potencialização de conflitos;

5º) Maximizar benefícios regionais,

critérios:

i-Melhoria da rede de comunicações,

ii-Outros benefícios do aproveitamento, diferentes do energético,

iii-Melhoria na eletrificação rural,

iv-Melhoria na disponibilidade para investimentos sociais,

v-Outros impostos legais,

vi-Geração de emprego na região.

#### **4.1) Objetivo 1 - Minimizar o Impacto sobre o Meio Físico:**

Os impactos deste grupo são de caráter complexo devido à variedade de situações e geografias, bem como, pelo grau de incerteza na ocorrência, permanência e magnitude dos impactos.

Neste objetivo, considera-se os impactos típicos, decorrentes das obras de infra-estrutura, acarretados nos principais componentes do meio físico, qual sejam: o meio geosférico, onde o solo é o elemento sujeito à erosão; o meio hídrico, como local onde ocorrem processos físico-químicos e bióticos, como meio de diluição e como meio transporte de contaminantes; e o meio atmosférico, onde se dispersam partículas e elementos contaminantes.

O primeiro objetivo é subdividido em cinco critérios, considerados mais típicos e representativos. Dos cinco critérios, um corresponde ao componente terrestre, três ao componente aquático e um ao atmosférico. O componente hídrico foi mais desagregado pelo seu caráter de gerar grandes problemas, no caso de projetos de geração elétrica.

O componente terrestre visa avaliar a estabilidade da bacia hidrográfica na zona de influência direta do projeto.

Os critérios relacionados aos aspectos hídricos objetivam avaliar as seguintes problemáticas:

- os impactos em corpos receptores devido ao aumento de volume e a mudanças na temperatura;
- os impactos devidos à redução no volume de alguns rios e ao consumo de água para o processo de geração;
- os impactos na qualidade da água do sistema afluente-projeto-efluente.

Para o componente atmosférico é considerado o impacto advindo da dispersão de particulados e óxidos de enxofre.

#### a - Estabilidade da Zona do Projeto:

Este critério é constituído por duas variáveis, os quais se agregam no indicador deste critério:

- suscetibilidade à erosão e
- suscetibilidade por tipo de obra



### a.1) Suscetibilidade à Erosão:

Primeiramente, há que se diferenciar a erosão geológica, representada pelo desgaste natural do solo, da erosão acelerada ou aumento da perda do solo decorrente de alterações dos sistemas naturais.

Neste modelo serão adotados os dados obtidos por MONTENEGRO (1988) que fizeram um inventário de problemas da erosão e degradação na Colômbia, mostrando uma distribuição geográfica das intensidades da erosão. Estas informações obtidas por eles foram consideradas suficientes para o propósito da análise que empreenderemos aqui, uma vez que o propósito é apresentar o maior ou o menor grau de perda de solo por erosão hídrica, principalmente, e os demais fatores que limitam o uso do solo, tais como a salinização, concentração de sódio e compactação. A notação utilizada para a variável intensidade de erosão é **INTEROS**.

Para determinar o valor de **INTEROS**, é só localizar o projeto em um mapa e determinar a intensidade de acordo com a escala proposta.

A escala de avaliação da variável **INTEROS** é expressa, também, em escala numérica para que se possa agregá-la com as outras variáveis. A erosão em zonas qualificadas como muito severas pode ser 1000 vezes maior que em zonas qualificadas como sem erosão. Para tanto, se tem ajustada uma escala logarítmica que apresenta os seguinte valores:

Intensidade de Erosão	Escala Numérica
Muito Severa	1.000
Severa	0.251
Moderada	0.063
Ligeira	0.016
Muito Ligeira	0.004
Sem Erosão	0.001

Entretanto a quantificação da magnitude da perda de solo para áreas muito extensas é dificultada pelo fato dos agentes erosivos não atuarem com a mesma intensidade em todas as regiões de uma bacia hidrográfica (GOMES, 1975). Mas, mesmo assim, deve-se determinar o incremento de sólidos em suspensão decorrente das obras realizadas. Embora já existam métodos, como a “equação universal de perda de solo”, aplicáveis a bacias hidrográficas, estes não são úteis neste caso em função da pouca informação disponível.

#### a.2) Suscetibilidade por Tipo de Obra:

As escavações realizadas na etapa de construção de um empreendimento são as que provocam mais perda de solo. As obras de construção de estradas e aterros, bem como as escavações para a construção de represas, de vertedouros, de instalações de projetos e para a mineração são aquelas que devem ser melhor analisadas no que se refere a perda de solo. Destas, a construção de estradas e escavações para aterros e para fins de mineração foram escolhidas, por sua magnitude, área de influência e duração, como as ações que podem produzir mais perda de solo.

Seja VALOBRA a variável que representa as escavações:

$$\text{VALOBRA} = (\text{ATERRINUND} + \text{ATERRIRREG} + \text{VOLEXCA} + \text{VOLMINCA} + 0,014 + \text{VOLMINSO}) \quad [10^3.m^3]$$

Para o caso de hidroelétricas são mais importantes o volume de aterro necessário para ser colocado em áreas inundadas (ATERRINUND) e áreas irregulares (ATERRIRREG); e, para o caso das usinas térmicas à carvão, o volume de escavações executado na área da central (VOLEXC) e o volume de exploração mineral do carvão de escavação (VOLMIN), ou no caso de ser uma exploração a céu aberto (VOLMINCA). Esta trata-se de uma atividade que também desestabiliza a bacia, especialmente a mineração à céu aberto. Por outro lado, a construção buracos

ou túneis requer o escoramento com madeira, o que implica em desmatamento da região, tratando-se de um efeito secundário de desestabilização do solo. Usando a relação típica de 0,043 m<sup>3</sup> de madeira de escoramento para cada tonelada de carvão produzido, um rendimento florestal de 120 m<sup>3</sup> de madeira por hectare e uma erosão de 4mm/ano em zona desmatada, obtém-se um fator de 0,014 m<sup>3</sup> de material erodido por cada tonelada de carvão obtida pela mineração de escavação.

Na variável “Suscetibilidade por Tipo de Obra” consideram-se os volumes de solo removidos ou acrescentados (removidos de um outro local) para a construção das estradas e para as escavações, que são representados por VALOBRA. Define-se um fator para a conversão de km de estrada construída a volume escavado no trecho correspondente, de tal forma que se pode determinar o volume total escavado VOLTEX.

$$\text{VOLTEX} = (V + \text{VOLOBRA}) [10^3 \cdot \text{m}^3]$$

Onde V é o volume por estrada em m<sup>3</sup>. O fator varia com o tipo de projeto, se térmico ou hidroelétrico, como veremos mais adiante.

Para o cálculo do volume por estrada em m<sup>3</sup>, toma-se o tipo da secção transversal predominante na estrada, a qual pode classificar a via, indicando a condição topográfica da região. Assim, podemos verificar que nas estradas de montanhas predominará secção total (em gaveta, corta-se a encosta em degraus para a construção da estrada); estradas em regiões com grandes ondulações ou em ladeiras, o secção mais empregada é a do corte de preenchimento das depressões; já em estradas situadas em regiões planas ou pouco onduladas são utilizadas secções com terraplanagens ou pequenos cortes.

Todos os cortes da estrada serão considerados como áreas das secções transversais e estarão limitadas pelas linhas do terreno original, juntamente com as linhas da conformação atual do terreno. Se o corte foi efetuado em uma montanha

assume-se como um trapézio e se foi efetuado em um ladeira assume-se como um triângulo.

Estradas situadas em topografia plana, geralmente, terão aterros equiparáveis com os cortes efetuados em estradas situadas em ladeiras, sendo estas, portanto, equivalentes do ponto de vista ambiental, já que em ambos os casos serão necessárias escavações.

As denominadas de estradas de reposição são aquelas que já existem na região e serão utilizadas no projeto, necessitando apenas de algumas reformas. Nestas, as escavações necessárias serão menores, por isso para estas estradas se supõe um trapézio de área menor que o trapézio considerado para as estradas de montanha.

Em geral, o cálculo dos volumes de escavações nas estradas é feito através da fórmula de CARCIENTE (1965), sendo aplicável para as secções definidas nos parágrafos anteriores.

$$V = L/6 [A1 + A2 + 4Am]$$

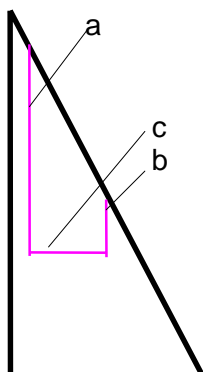
onde,

**A1 e A2** = áreas das secções externas ou extremos da estrada

**Am** = área da secção transversal no ponto médio do trecho

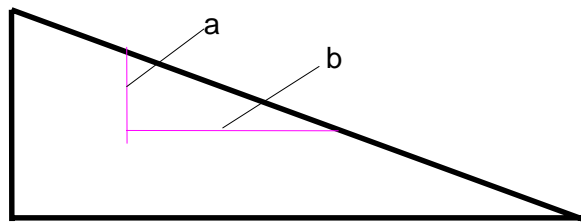
**L** = comprimento, em km, da estrada

Para as estradas de montanha a área considerada foi obtida por intermédio de um trapézio de bases (lados) paralelas de 1,0 m (a) e 4,0 m (b), respectivamente para a base menor e para a base maior, e com 10,5 m (c) de altura equivalente à largura da estrada.



Para as estradas de reposição (vias já prontas) o trapézio considerado tem bases (lados) paralelos de 1,0 m e 1,5 m , e altura de 10,5 m.

Para as estradas de média ladeira, a área foi estimada como um triângulo retângulo de 2 m (a) de altura por 5,25 m de base (b), a qual corresponde à base da estrada



Os dados necessários ao cálculo do volume V são obtidos da fórmula descrita anteriormente:

- Estradas de Montanha:  $V = L * 26,$
- Estradas de Reposição:  $V = L * 13,$
- Estradas de Ladeiras Médias:  $V = L * 8,$

As constantes serão aplicadas segundo o caso: para as vias de acesso situadas em montanhas e vias de reposição são aplicadas em projetos hidroelétricos, uma vez que se considera que a maioria destes se encontram neste tipo de topografia. As vias de ladeiras médias serão aplicadas aos projetos térmicos à carvão.

As variáveis comprimento das vias de acesso (VIASACCESS) e de reposição (VIASREPO), de acordo com as definições anteriores, entram para o cálculo anterior para projetos hidroelétricos:

$$V = 26 * VIASACCESS + 13 * VIASREPO$$

E para projetos térmicos:

$$V = 8 * (VIASACCESS + VIASREPO)$$

O indicador do critério Estabilidade da bacia para o projeto é dado por:

$$ESTABIL = VOLTEX * INTEROS$$

b - Aumento na Vazão do Corpo Receptor:

O indicador deste critério mede o impacto do volume de efluente despejado, pela central geradora, no corpo receptor. Esta variável é importante pelas conseqüências que trás para os usos da água a jusante do projeto. Aqui deseja-se avaliar a relação vazão RQ:

$$\mathbf{RQ = QSAI / QMEDREC}$$

Onde QSAI corresponde à vazão do efluente emitido pela central elétrica (volume turbinado, no caso de hidroelétricas) e QMEDREC corresponde à vazão média do corpo receptor, no ponto de descarga do efluente, ambos são expressos em m<sup>3</sup>/s. Em alguns projetos o corpo receptor é o mesmo que produz o reservatório (nesta caso, usa-se a vazão média QMÉDIO, a qual será melhor explicada mais adiante), mas em outro casos o corpo receptor trata-se de outro rio. O impacto na geomorfologia do rio, e do vale onde corre este, (QMEDREC) é maior quando QSAI é muito maior do que a capacidade de transporte do corpo receptor. Ou seja, na medida em que a relação RQ diminui, os impactos também diminuem. Rios de baixa vazão terão QMEDREC desprezível, daí que qualquer QSAI poderá ter grandes impactos.

O critério RQ não é uma magnitude física mas uma relação entre duas grandezas, por isso a função de impacto ambiental é aplicável aqui (ver item 5) e o indicador fornecerá, diretamente, o critério. A agregação para as seqüências será obtida pela média dos indicadores de cada projeto individual, ponderados pela vazão média do respectivo corpo receptor (QMEDIO - suponho que este seja calculado pela média das vazões observadas antes e depois do projeto. após isso calcula-se o RQ).

c - Redução na Vazão do Rio:

Com este critério se pretende avaliar os impactos produzidos pela redução da vazão de um rio, devido tanto às alterações no curso natural do rio (que se faz visando

a construção do reservatório), como à criação de trechos secos a jusante da represa até a saída da casa de máquinas.

O indicador para este critério é extensão, em km, do leito do rio que apresenta a vazão diminuída. Considera-se diminuição da vazão como: a vazão média que, após a implantação do projeto, torna-se inferior à vazão mínima mensal verificada antes do projeto. Com isso, deseja-se determinar a extensão do leito do rio que estará sujeito a condições de seca, de maneira continuada, em função da implantação do projeto, independentemente, da ocorrência de secas naturais.

É importante considerar todos os trechos, submetidos a essa nova condição, quer seja aqueles resultantes do desvio do curso natural, quanto aqueles a jusante da represa. O indicador para projeto será resultante da soma de todos os trechos que apresentam vazão diminuída devido ao projeto.

A agregação, para a obtenção de um indicador para uma seqüência, é feita somando-se os indicadores de cada projeto individual.

#### d - Alteração da Qualidade da Água:

Na maioria dos estudos ambientais não são incluídos prognósticos quantitativos de parâmetros de qualidade de água. Isto se deve à falta de medições (dados empíricos), de ensaios de laboratórios sobre as constantes de reação (dados experimentais) e de dados que permitam a validação dos modelos de qualidade de água. Por estas razões aqui será adotada uma avaliação qualitativa da qualidade final da água. A avaliação do impacto final na qualidade da água dependerá da avaliação do sistema afluente-projeto-efluente e assim se determina o indicador da qualidade final do sistema. Propõe-se a seguinte sistemática de valoração, apresentada na tabela abaixo, para estimar-se este critério por projeto. A tabela tem três variáveis de entrada, que serão explicadas mais adiante:

Qualidade da Água Afluente	Impacto Gerado pelo Projeto	Capacidade de Recuperação do Rio a Jusante
----------------------------	-----------------------------	--

		+	0	-
+	+	++	+	+
	0	+	+	0
	-	+	0	-
0	+	+	+	+
	0	0	0	-
	-	0	-	-
-	+	0	-	-
	0	-	-	=
	-	-	=	=

Descrição	Valor Qualitativo	Valor Quantitativo
Muito Bom	++	0,00
Bom	+	0,25
Regular	0	0,50
Ruim	-	0,75
Muito Ruim	=	1,00

A agregação do indicador para uma seqüência é o ponto médio dos indicadores de cada projeto, ponderados pela vazão média do rio (QMEDIO). A seguir, será explicada a maneira de se calcular as variáveis da tabela acima.

#### d.1) Qualidade da Água Afluente:

A qualidade da água afluente indica a capacidade de assimilação do corpo receptor aos impactos gerados pelo novo projeto, no que se refere à comprometimentos da qualidade da água. Aquela depende de uma multiplicidade de fatores naturais e antrópicos presentes na bacia do corpo d'água. Considera-se que as principais variáveis envolvidas no fenômeno são: a densidade de uso do recurso e a capacidade de recuperação. Estes por sua vez podem ser expressos, respectivamente, pela relação população/vazão do rio e inclinação do leito do rio (esta influencia na velocidade do fluxo e com isso provoca maior ou menor turbulência, e oxigenação, no corpo d'água sendo maior a capacidade de recuperação da qualidade da água naqueles trechos mais agitados). Usaremos a tabela de estimação abaixo, a



qual baseia-se na demanda biológica de oxigênio (DBO) per capita e na capacidade de oxigenação de rios de diferentes inclinações.

**Tabela A:** Avaliação da Qualidade da Água do Afluente

Densidade de Uso		Capacidade de Recuperação		Qualidade do Afluente
pop/vazão (hab/l/s)		pendente (%)		qualitativo
< 2	+	0 a 1	-	+
	+	1 a 2	0	+
	+	> 2	+	+
2 a 4	0	0 a 1	-	-
	0	1 a 2	0	0
	0	> 2	+	+
4 a 8	-	0 a 1	-	-
	-	1 a 2	0	-
	-	> 2	+	0
> 8	=	0 a 1	-	-
	=	1 a 2	0	-
	=	> 2	+	-

Onde : + (bom), 0 (regular), - (ruim) e + (muito ruim)

A relação hab/l/s (habitantes por litro por segundo) supõe uma DBO per capita de 100 mg/dia. Cidades industriais podem gerar uma DBO equivalente a 200 mg/dia. Deve-se, portanto, estimar a população equivalente a partir de censos e do conhecimento do desenvolvimento industrial da região.

#### d.2) Impacto do Projeto na Qualidade da Água:

Os projetos, geralmente, provocam uma mudança na qualidade da água do corpo receptor, em virtude de contaminação do corpo d'água ou da retenção do afluente (isto diminui a capacidade de oxigenação). Um dos fenômenos mais importantes no caso de usinas hidroelétricas é o que se refere ao tempo de retenção da água na represa. O fator determinante, no caso de projetos térmicos, é a intensidade de uso do recurso, a qual pode ser expressa pela relação potência instalada-vazão.

Além disso, mudanças drásticas na temperatura do corpo receptor, devido a efluentes de altas temperaturas ou por troca de pisos altitudinais (isto serve para ambos projetos , sendo que é mais utilizado nos projetos hidroelétricos, onde uma das metodologias para melhor aproveitamento energético consiste em se mudar o curso de rios, canalizando estes para novas bacias). Será utilizado um sistema de estimação dos impactos do projeto na qualidade de água, expresso nas tabelas A e B. As variáveis de entrada para as tabelas serão explicadas após a apresentação das mesmas.

É assumido um impacto térmico na vida aquática do corpo receptor em virtude do vertimento da água turbinada (no caso de hidroelétricas) ou da água de refrigeração (no caso de térmicas). Estes impactos são mais pronunciados em usinas térmicas, uma vez que destas verte-se água aquecida. No entanto, em projetos hidroelétricos com altas quedas, pode haver choques térmicos consideráveis que produzirão esfriamento no rio receptor.

**Tabela B:** Estimativa dos Impactos de Projetos Hidroelétricos na Qualidade da Água

Tempo Retenção		Impacto Térmico	Impacto do	
período (dias)		$\Delta$ temperatura (°C)	Projeto	
< 20	+	$-4 < \Delta \leq 0$	+	+
	+	$-8 < \Delta \leq -4$	0	+
	+	$\Delta \leq 8$	-	0
20 a 90	0	$-4 < \Delta \leq 0$	+	0
	0	$-8 < \Delta \leq -4$	0	0
	0	$\Delta \leq 8$	-	-
> 90	-	qualquer $\Delta$ temp.	-	-

Onde: + (baixo impacto), 0 (impacto médio) e - (alto impacto)

Normalmente, um tempo de retenção menor que 20 dias não provoca a eutrofização em represas. No entanto, tempo de retenção superior a 90 dias traz graves problemas ao curso d'água.

Se o ponto 1 é a descarga da central e o ponto 2 o corpo receptor, definiremos como ponto 3 o local onde efluente e corpo receptor se misturam. O  $\Delta\text{temp}$ . será definido como a variação da temperatura da água, em °C, do rio, em valor absoluto, entre o ponto 2 (no rio a montante da descarga) e o ponto 3 (o ponto de mistura do rio e efluente, a jusante da descarga).

$$\Delta\text{temp} = |T3 - T2| \quad [^{\circ}\text{C}]$$

T3 é calculado com a equação de balanço térmico:

$$T3 = \frac{(Q1 * T1 + Q2 * T2)}{Q3} \quad \text{e} \quad Q3 = Q1 + Q2$$

Se o rio receptor (Q2) não tiver uma vazão apreciável, a temperatura T3 será praticamente igual a T1. Seja QANT = Q2 e QSAI = Q1, a partir disso Q3 passa a ser expresso agora da seguinte forma:

$$Q3 = QSAI + QANT$$

Caso não haja medições de temperatura para o rio, esta poderá ser estimada pela temperatura do ar, mediante o uso da equação geral:

$$T = (4870 - H) / 162$$

Onde T é a temperatura média anual do ar e H é a cota (altitude) em metro. Assim, a temperatura T2 será equivalente a cota (altura) da descarga (COTADES):

$$T2 = (4780 - \text{COTADES}) / 162$$

Para projetos térmicos, onde a descarga é aquecida, deve-se conhecer as especificações do projeto, mas para hidroelétricas pode-se calcular a temperatura a partir da cota máxima (altura máxima) de operação da represa (COTAMAX):

$$T1 = (4780 - \text{COTAMAX}) / 162$$

No futuro deve-se desenvolver métodos de determinação dos perfis de temperatura em represas que envolvam variáveis climáticas.

O tempo de retenção ou residência é um indicador do impacto causado pelo represamento do rio e está associado ao tempo de recuperação de possíveis problemas de qualidade de água. Seja RESIDEN o tempo de residência em dias:

$$\text{RESIDEN} = 11.57 * \text{VOLTOT} / \text{QMÉDIO}$$

Onde VOLTOT é o volume total da represa [H m<sup>3</sup>].

A perda de qualidade da água, provocada por projetos térmicos, está relacionada com a potência e a vazão mínima do corpo receptor dos efluentes da central térmica, e com os resíduos gerados pelo projeto:

$$\text{RP} = \text{POTENCIA} / \text{QMINREC}$$

Onde RP é a alteração provocada pelo projeto térmico, POTÊNCIA é a potência instalada (MW) e QMINREC é a vazão mínima mensal (m<sup>3</sup>/s) da fonte onde descarregam os efluentes da central.

**Tabela C:** Estimativa do Impactos de Centrais Térmicas sobre a Qualidade da Água

Densidade de Uso, RP		Impacto Térmico		Impacto do Projeto
(MW/m <sup>3</sup> /s)		Δtemperatura (°C)		
< 20	+	0 < Δ =< 2	+	+
	+	2 < Δ =< 5	0	+
	+	Δ > 5	-	0
20 a 50	0	0 < Δ =< 2	+	0
	0	2 < Δ =< 5	0	0
	0	Δ > 5	-	-
> 50	-	qualquer Δtemp.		-

Considera-se, neste manual, que 2°C de incremento térmico causa pouco dano aos ecossistemas, porém mais de 5°C causa danos permanentes.

#### d.3) Capacidade de Recuperação das Águas à Jusante da Descarga:

O impacto do projeto na qualidade da água pode ser mitigado por vários fatores relacionados à geomorfologia do rio à jusante do sítio de descarga, por exemplo, se a inclinação é muito acentuada, isso facilitará a oxigenação, ou se o rio

corre em planícies, baixa inclinação, a velocidade do fluxo será pequena, portanto haverá menor oxigenação e mistura do corpo d'água. A existência de cidades ou indústrias, e conseqüentemente de efluentes destas, também influencia na capacidade de recuperação do corpo d'água. Assim como, a presença de corpos d'água afluentes ao corpo receptor, que poderão contribuir para a diluição da descarga, estes aspectos mencionados requerem informações adicionais.

É preciso levar em conta a extensão da zona dos rios afetada, para se julgar a importância do critério "Alteração da Qualidade da Água" e da inter-relação dele com os outros critérios, como: Perda de Recursos Naturais Produtivos e Alteração de Habitats.

É necessário, ainda, conhecer a capacidade de recuperação do rio à jusante do projeto para que se possa julgar a importância e extensão do efeito gerado pelo projeto. Geralmente, os rios de montanha (alta inclinação e oxigenação) tem grande capacidade de diluição ou oxigenação, enquanto os rios de planícies apresentam reduzida capacidade. A mesma "Tabela A" será utilizada aqui para que se possa efetuar o julgamento da capacidade de recuperação do corpo receptor dos efluentes do projeto.

#### e. Alteração da Qualidade do Ar:

Um dos aspectos mais importantes, a ser considerado no ambiente, é a qualidade do ar, já que é um elemento indispensável para todos os seres vivos. Geralmente, padrões atmosféricos, de emissões e de qualidade ambiental, são fixados pelos órgãos de regulação ambiental ou de saúde para diferentes compostos, com o objetivo de proteger a saúde da população e a integridade dos ecossistemas. A regulamentação legal, normalmente, prevê limites de emissão e que sejam cumpridas as normas de qualidade ambiental regional. A utilização de tecnologia apropriada, tal como adoção de filtros para remoção de compostos perigosos, tem uma eficiência de aproximadamente 98%.

Devido ao fato de que os projetos termelétricos geram uma grande quantidade de contaminantes atmosféricos ao longo de sua vida útil e que as usinas hidroelétricas não; estas geram unicamente na fase de construção, sendo esta quantidade, portanto, pequena se comparada com a gerada nos projetos térmicos; será desconsiderado o impacto atmosférico durante a construção de ambos os projetos. Por isso, a avaliação deste critério se baseará na simulação do estado de operação das centrais térmicas, comparando as emissões projetadas com os padrões estabelecidos, enquanto as hidroelétricas terão máxima qualificação neste conceito.

#### e.1) **Área Seriamente Afetada na Qualidade do Ar:**

A legislação, geralmente, considera dois tipos de norma atmosféricas: as de emissão e as de qualidade ambiental. Todos os projetos térmicos devem cumprir as normas máximas de emissão, a qual determina as especificações que serão adotadas para os equipamentos de controle de emissões. Por outro lado, o impacto na qualidade atmosférica regional depende, além da eficiência dos equipamentos de controle para a remoção, da dispersão dos contaminantes e do nível anterior da qualidade do ar, qualquer que seja a sua causa.

Leis ambientais consideram, por exemplo, que as regiões com qualidade do ar onde se observam concentrações de 75% ou mais da concentração máxima estabelecida no padrão, são zonas definidas como de especial atenção por parte do Ministério da Saúde local e sujeitas a novas regulamentações sobre as emissões. Por isso, se considera como zona seriamente afetada por um projeto, aquela situada próxima deste onde se observa a concentração de 75% da norma estabelecida para qualidade atmosférica, quer seja para particulados ou para SOx.

A extensão da “área seriamente afetada” será obtida pelos estudos de simulação atmosférica (dispersão), visando contar com um fator de segurança. Utiliza-se para qualquer cálculo um excesso de 10% nas emissões máximas esperadas para

o projeto (tal procedimento deverá ser adotado para todos os projetos). É importante chamar a atenção para o fato de que deve ser levado em consideração o nível da qualidade do ar preexistente antes do projeto, qualquer que seja a causa dela.

A variável “área seriamente afetada” é expressa em hectares, constituindo-se também no indicador do critério Qualidade do Ar por projeto. O indicador para uma seqüência de projetos será a soma dos indicadores para cada um dos projetos dentro da seqüência.

#### 4.2) **Objetivo 2 - Minimizar o Impacto sobre o Meio Biótico:**

O componente biótico é uma parte do meio ambiente que interage com outros elementos (homem, meio físico-químico), afetando-os e sendo afetado por eles. Mesmo assim, seu tratamento isolado é um artifício que obedece a razões relacionadas ao tipo de trabalho que se está fazendo neste instrumento.

Como critérios para este objetivo foram escolhidos os impactos sobre os biotas dos ecossistemas terrestres, dos ecossistemas aquáticos e de outros ecossistemas de transição (costeiros ou anfíbios).

É necessário ter presente a subdivisão geral dos ecossistemas, do ponto de vista estrutural típico, que não é aplicável na concepção funcional dos sistemas (Lugo & Morris, 1982). Para o ecossistema terrestre, considera-se a vegetação de terra firme, nos seus diferentes estágios de sucessão. Para o ecossistema aquático considera-se os corpos de água corrente (mar, rio, quebradas, cachoeira) e de água parada ou de fluxo muito lento (lagos, pântanos, represas).

Para os ecossistemas de transição considera-se alguns sistemas sujeitos à influência de águas doces e salobras: pradarias de fanerógamas (como *Thalassia sp.* e *Siringodium sp.*), florestas costeiras homogêneas (restingas), manguezais e estuários.

- **Indicadores e Variáveis:**

Como indicadores define-se três expressões: uma para o biota terrestre (BIOTERR), outra para o biota aquático (BIOAQUA) e uma última para os outros ecossistemas (BIOUTROS), baseando-se nos seguintes atributos:

- a. Áreas;
- b. Biomassa;
- c. Diversidade;
- d. Recuperabilidade;
- e. Perigo de extinção;
- f. Isolamento.

Para os três indicadores, BIOTERR, BIOAQUA e BIOUTROS, os atributos de “b” até “e” são agrupados em um único valor denominado de “importância”, o que permite avaliar de igual maneira, por exemplo, um hectare de floresta primária, não importando sua localização. No caso de existir ecossistemas únicos de excepcional valor, propõe-se um tratamento alternativo nos itens “a.2”, “b.2” e “c”.

A determinação dos atributos que influenciam na importância de cada ecossistema é baseada em informações parciais. O que se objetiva é definir cada um deles com a mínima arbitrariedade possível, ainda que seja inevitável em alguns casos. Obriga-se a isto a ausência de dados comparáveis ou a carência de informações disponíveis.

Esta situação só será revertida ao longo prazo, na medida em que se investir em pesquisas básicas que permitam entender, descrever, simular e prever com maior exatidão e objetividade os problemas ecológicos causados pelos projetos hídricos e térmicos.

a - Indicador de Alteração do Biota Terrestre:



Define-se pela expressão: **BIOTERR** =  $\sum (A_n * I_n)$ , onde BIOTERR indica o biota terrestre afetado,  $A_n$  a área de interesse e  $I_n$  a “importância”, dado para quatro tipos de vegetação (n variando de 1 a 4).

Para a classificação da vegetação se escolheu uma sistemática de divisão tradicional (A), que pode equiparar-se com outra para limites diretos de sucessão (B).

Assim:

**Sistema A:**

- a. Bosque Primário (não ocorre em condições de deserto ou inóspitas)
- b. Bosque Secundário (não ocorre em condições de deserto ou inóspitas)
- c. Vegetação Arbustiva (considera-se clímax para condições secas ou inóspitas)
- d. Vegetação Rasteira (considerada como em estado de sucessão avançado ou clímax para savanas)

**Sistema B:**

- a. Vegetação nativa clímax e inalterada
- b. Vegetação alterada em estado sucecional avançado (bosque com árvores de mais de 5 m)
- c. Vegetação alterada em estado sucecional intermediário (arbustos e gramíneas com mais de 50 cm e com partes lenhosas persistentes)
- d. Vegetação alterada em estado sucecional incipiente ou inicial (herbáceas de pouca altura).

Na classificação anterior não consideram-se os manguezais (primários ou secundários) e nem as vegetações de restinga, uma vez que estes serão avaliados no critério “outros ecossistemas”.

a.1) **Área (A):**

Define-se como a superfície ocupada pelo biota afetado, não só diretamente mas também, na medida do possível, indiretamente atingido.

Será levado em conta os seguintes aspectos: a área de vegetação inundada pela formação do reservatório, em projetos hidroelétricos; a área afetada pela dispersão das cinzas, nos projetos térmicos; e, idealmente, a área destruída para a construção de vias, acampamentos e linhas de transmissões em ambos os tipos de projetos.

No que diz respeito à área de vegetação afetada pelas termelétricas, deve-se conhecer a área de dispersão dos particulados emitidos (para isso utiliza-se o mesmo procedimento do item “e.1”) e, se possível, a área de influência indireta.

A variável aqui é expressa em hectares (Ha).

#### a.2) **Importância (I):**

Como “Importância”, define-se o conjunto de atributos com o qual se pretende avaliar, aproximadamente, a relevância do biota que será afetado, através de algumas características endógenas e exógenas significativas.

Como propriedades endógenas entende-se aquelas inerentes aos organismos vivos e ao ecossistema, como a biomassa ( $i_1$ ) e a biodiversidade ( $i_2$ ). Como exógenas, considera-se as que não se encontram, estritamente, relacionadas com as condições do sistema, como é o perigo de extinção ( $i_4$ ). Um fator que apresenta, simultaneamente, propriedades endógenas e exógenas, é o grau de recuperabilidade ( $i_3$ ) do ecossistema em relação ao impacto (seria equivalente à reversibilidade do impacto).

Na falta de dados, inicialmente, atribui-se a cada variável valores tentativos de uma escala que varia de zero (mínimo dano) a um (máximo dano). O valor da “importância” será o resultado do somatório dos valores das variáveis associados a cada tipo de vegetação:

$$I = \sum (i_1, i_2, i_3, i_4)$$

Para os casos de ecossistemas de excepcional valor (dado que se o fator “isolamento” fosse considerado dentro da valoração da “importância”, tal procedimento levaria a ter diferentes fatores de ponderação para diferentes projetos na avaliação) propõe-se, para os projetos que afetarem tais ecossistemas, a simulação da área desses ecossistemas únicos multiplicando esta por um fator de isolamento maior que um (ele será igual a 1 para os ecossistemas não excepcionais). Isso permite expressar o valor que se tem deste ecossistema único frente a outros ecossistemas de características similares mas sem o mesmo grau de isolamento, quer dizer, esse fator de isolamento deve responder à pergunta: quantos hectares de outro ecossistema similar se estaria disposto a sacrificar para que se conserve um hectare deste ecossistema único? O produto da área do ecossistema único (A) pelo fator de isolamento deve ser levado aos dados de entrada da avaliação como se fosse diretamente a área medida e prosseguir com o processo de avaliação.

**Tabela D:** Valores de “importância” para Ecossistemas Terrestres

Tipo de Vegetação	Atributos				
	biomassa	biodiversidade	recuperabilidade.	extinção	importância
	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	$\sum i_n$
<b>bosque primário</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	4,000
<b>bosque secundário</b>	0,330	0,100	0,370	0,400	1,200
<b>vegetação arbustiva</b>	0,080	0,010	0,060	0,200	0,350
<b>vegetação rasteira</b>	0,006	0,001	0,012	0	0,019

A seguir serão definidos cada um dos atributos.

#### a.2.1) **Biomassa:**

Os valores de biomassa, ou seja, da quantidade de matéria viva é estabelecido de acordo com uma das características ou regularidades que são observados, em

geral, numa sucessão: que a biomassa total aumenta ao longo da sucessão, de tal maneira que, no estado clímax, observa-se a máxima biomassa.

Levando-se em conta as informações obtidas da bibliografia consultada (KUCERA, 1976; FARNWORTH & GOLLEY, 1977; MARGALEF, 1981; ODUM, 1982; MARGALEF, 1983; HIDROESTUIOS, 1987; GAST, 1989) e de amostras em parcelas de crescimento, atribuiu-se os seguintes valores tentativos de biomassa, em kg de peso seco/m<sup>2</sup> :

<b>Tipo de Vegetação</b>	<b>Biomassa (kg peso seco/m<sup>2</sup>)</b>
<b>bosque primário</b>	60
<b>bosque secundário</b>	20
<b>vegetação rasteira</b>	5
<b>vegetação arbustiva</b>	0,4

Obs.: Os valores acima tornam-se os valores apresentados na tabela C quando são transportados para uma escala de 0 a 1, onde o valor do bosque primário é considerado o máximo (1) e os demais são obtidos em função da relação com o máximo.

Posteriormente poderá ser avaliada a biomassa para cada projeto, utilizando-se, para isso, de um dos métodos mais comuns: o de se descobrir o peso seco (peso do material depois de extraída a água) das plantas, sendo expresso em toneladas de material seco/hectare.

#### a.2.2) **Biodiversidade:**

É definida como a diversidade das espécies, sendo esta uma das características estruturais mais importantes na descrição de uma comunidade biótica natural. Refere-se à riqueza de espécies e ao valor da importâncias de cada espécie em relação ao número de organismos em uma amostra (MARGALEF, 1957; PIELOU, 1969; WILHM, 1972).

Por não haver estudos completos sobre a diversidade, não só das florestas mas também dos demais ecossistemas tropicais, aqui, a avaliação, para cada tipo de formação fitogeográfica, se procederá levando em conta que a biodiversidade aumenta na medida em que se avança na sucessão (MARGALEF, 1981; ODUM, 1982; MARGALEF, 1986).

Por conseguinte, foram atribuídos os seguintes valores: 1 para florestas primárias, 0,1 para florestas secundárias, 0,01 para vegetação arbustiva e 0,001 para vegetação rasteira.

#### a.2.3) **Recuperabilidade (ou Reversibilidade):**

Assumindo-se que há perda total da vegetação, será dado um valor a cada tipo de vegetação, de acordo com o tempo que necessitaria para recuperar-se, ou seja, retornar ao estado de maturidade e organização semelhante ao apresentado inicialmente. Desta forma, para atingir o estágio de floresta primária seria necessário muito mais tempo do que para atingir o estágio de floresta secundária, e o tempo necessário para alcançar este seria superior ao requerido para a vegetação arbustiva ou rasteira.

De acordo com informações disponíveis (MARGALEF, 1981; ODUM, 1982) é dado valores de recuperabilidade de 0 (intermediária) a 1 (remota) assumindo períodos de 80 anos para florestas primárias, 30 anos para florestas secundárias, 5 anos para vegetação arbustiva e 1 ano para vegetação rasteira.

Observe que neste caso é assumido que há perda total da vegetação, as condições ambientais (solo, clima) não variam ostensivamente e não são levados em conta a influência dos efeitos indiretos provocados pelo projeto e que podem constituir obstáculos à recuperabilidade natural do ecossistema. Por exemplo:

- Áreas aonde a vegetação foi removida para a instalação do canteiro de obras, dormitório etc. e que, posteriormente, continuará sendo utilizado para outros fins.

- Estradas que, ao serem construídas para o projeto, facilitam o acesso às florestas para extração madeireira ou utilização do solo ou do espaço, em geral.

#### a.2.4) **Extinção:**

Este atributo considera o risco de desaparecimento de comunidades vegetais cada vez mais pressionadas por uma forma de desenvolvimento sem planejamento.

Sabe-se que a complexidade, número grande de interações entre componentes de uma comunidade vegetal e animal, aumenta na medida que ocorre a sucessão das comunidades, observando-se fenômenos como a super-especialização nos estados mais avançados (MARGALEF, 1981; SNOW, 1981). A alteração drástica da vegetação causaria a perda de “pools” genéticos incalculáveis, não só vegetais mas também da fauna associada, principalmente nos trópicos, considerado banco de genes e de genótipos de valor incalculável para a humanidade (FARNWORTH & GOLLEY, 1977).

A situação mencionada anteriormente será mais grave se observar-se espécies endêmicas e/ou de restrita área de distribuição, o que poderia significar a diminuição da mesma a níveis críticos ou mesmo a extinção total de alguma espécie do planeta.

Devido ao discutido nos parágrafos anteriores, é que atribui-se os seguintes valores aos ecossistemas: 1 para florestas primárias, 0,4 para florestas secundárias, 0,2 para vegetação arbustiva e 0 para vegetação rasteira.

#### b - Indicador de Alteração do Biota Aquático:

É representado pela expressão : **BIOAQUA =  $\sum (An * In)$** , aonde BIOAQUA indica a avaliação da perda do biota de acordo com a área (An) e a “importância” (In) de cada tipo de ecossistema considerado (n variando de 1 a 4). Para a classificação dos ecossistemas aos quais pertencem cada biota , elaborou-se a seguinte divisão:

- a. recifes;
- b. rios;
- c. lagoas;
- d. açudes.

Ante a insuficiência ou carência de dados comparáveis, optou-se por designar para cada variável valores estimados, em uma escala variando de zero (mínimo dano) a um (máximo dano), para cada um dos subsistemas aquáticos, baseando-se para isso apenas em procedimentos teóricos discutidos na bibliografia especializada.

**b.1) Variável Área (A):**

A área de influência para biotas aquáticas é de difícil delimitação, especialmente quando se refere a água corrente. No entanto, a medição, da área direta e indireta de influência do empreendimento sobre os diferentes corpos d'água, será tentada com a maior aproximação possível. Esta variável será medida em hectares (Ha).

**b.2) Importância (I):**

Da mesma forma que para os ecossistemas terrestres, neste agregado de variáveis, pretende-se dar uma idéia da significação de cada sub-sistema.

A diferença na avaliação dos sub-sistemas aquáticos e de transição reside no fato de que cada sub-sistema é avaliado de forma independente dos demais.

No caso de existirem ecossistemas únicos ou de excepcional importância, o procedimento será o mesmo que do item a.2.

**Tabela E:** Valores de Importância para Ecossistemas Aquáticos

Tipo de Sub-sistema	Atributos				
	biomassa	biodiver-sidade	recupera-bilidade	extinção	impor-tância
	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	$\Sigma i_n$

<b>Recifes</b>	0,8	1,0	1,0	1,0	4,0
<b>Rios</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	2,0
<b>Lagoas</b>	0,8	0,7	0,6	0,5	2,6
<b>Açudes</b>	0,4	0,5	0,3	0,2	1,4

#### b.2.1) **Biomassa:**

As medidas de biomassa, estão dadas em gramas de plâncton/litro de água para lagoas e represas, e em peso fresco/unidade de área de um grupo taxonômico representativo de recifes (não fala para os rios). Posteriormente, os resultados serão levados a uma escala de 0 a 1,0.

#### b.2.2) **Diversidade:**

Estes valores se darão de acordo com o tipo de sub-sistema, considerando a diversidade teórica das espécies no conjunto de níveis florísticos e faunísticos. No futuro, poderá avaliar a diversidade de um grupo representativo de organismos de um nível trófico particular, com características de baixa mobilidade e habitat muito bem definido dentro de cada sub-sistema.

Será aplicada, também, a fórmula de Shannon e Weaver.

#### b.2.3) **Recuperabilidade:**

Recuperabilidade, aqui, é definida como a capacidade do sistema, em termos de tempo, para retornar a uma condição similar à possuída antes do impacto.

#### b.2.4) **Perigo de Extinção:**

Neste caso, será avaliada a importância do sistema sob um ponto de vista geral, ou seja, sua significação em nível de recurso natural. Em geral, é de difícil obtenção informações atuais sobre espécies em via de extinção para os diferentes grupos taxonômicos afetados pelos projetos.



c . Indicadores para Biotas de Outros Ecossistemas:

É expresso pela fórmula:

$$\text{BIOUTROS} = \sum (\text{An} \times \text{In})$$

onde “BIOUTROS” indica a avaliação da perda do biota de acordo com a área An e com a “importância” In de cada tipo de sistema considerado, onde n varia de 1 a 4.

Os manguezais não são classificados nem como ecossistemas terrestres nem como ecossistemas aquáticos pelo fato de que tratam-se de comunidades costeiras únicas que toleram e, mais que isso, necessitam de variações na salinidade para sua sobrevivência. Ainda que alguns autores os considerem como um tipo de estuário muito especial, não é possível incluí-lo neste grupo devido ao alto grau de diversidade e a outros atributos chave que lhe são específicos e diferentes dos de um verdadeiro estuário (VEGAS, 1980). Por isso é mais conveniente avaliá-los separadamente. As “Formações Madeiráveis Costeiras” é um tipo de vegetação homogênea encontrada entre os manguezais e as florestas basais pacíficas, tais como natal, guandal, cuangaral e naidizal: tratam-se de selvas inundáveis de características particulares e de restrita distribuição.

A avaliação destes ecossistemas é semelhante à utilizada anteriormente: variando de 0, mínimo dano, a 1, máximo dano para cada variável, na tabela F são mostrados os valores dos atributos para cada ecossistema.

Para o caso de existir ecossistemas únicos ou de excepcional importância, deverá proceder da mesma forma que no item a.2.

**Tabela E:** Valores de Importância para Ecossistemas Aquáticos

Tipo de Ecossistema	Atributos				
	biomassa	biodiversidade	recuperabilidade	extinção	importância
	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	i <sub>3</sub>	i <sub>4</sub>	Σi <sub>n</sub>
<b>Manguezais</b>	1,0	1,0	0,8	1,0	3,8
<b>Estuário</b>	0,8	1,0	0,6	0,8	3,2
<b>Costas/Prad./Mar</b>	0,6	0,5	0,5	0,6	2,2

<b>FMME*</b>	1,0	0,5	0,5	0,6	2,6

Formações Madeiras Monoespecíficas Extensivas

#### 4.3) **Objetivo 3: Minimizar o Desalojamento de População:**

Este objetivo tem como único critério o de população removida.

##### a) População Removida:

É a população que forçosamente deve abandonar seu local de moradia, de trabalho ou de ambos, devido a um projeto de energia. Esta remoção implica em desenraizamento, ruptura de processos adaptativos, de vínculos de parentescos e de relações produtivas. O impacto da remoção dependerá do grau de vulnerabilidade dos grupos humanos afetados. Vulnerabilidade pode ser entendida como a capacidade de resposta adaptativa frente a uma ruptura ou transformação acelerada dos processos de uso e apropriação de seu meio. O impacto da remoção é particularmente severo quando afeta minorias étnicas ou população que apresentam um alto grau de dependência frente ao meio natural circundante e será muito menos severo quando o grau de dependência e interrelação, da população afetada com seu meio, for substancialmente menor como no caso de proprietários ausentes, proprietários.

O indicador formulado é  $SUM(f*v)$ , onde:

**f** = número de famílias afetadas, diferenciadas por grupos com diversos graus de vulnerabilidade. Os grupos considerados são: minorias étnicas, pequenos, médios e grandes produtores.

**v** = grau de vulnerabilidade diferencial para cada grupo considerado. Propõe-se a seguinte tabela:

Grupo Considerado	Grau de Vulnerabilidade
Minorias Étnicas	1,0
Pequenos Produtores	0,7
Médios Produtores	0,3

Grandes Produtores	0,05
--------------------	------

Como pequenos produtores considera-se: famílias de colonos, aqueles integrados à pequena economia agrícola, os mineiros artesanais, os pescadores de subsistência e os minifundiários. Os médios produtores englobam aqueles que obtêm excedentes comerciáveis, acumula pequeno capital e depende da economia de mercado e de trabalho assalariado.

#### 4.4) **Objetivo 4: Minimizar Custos Regionais:**

##### a) Área Total Requerida:

É o espaço total requerido pelas obras do projeto (represa, centrais, vias, acampamentos, zonas de préstimos, L.T., locais de depósito dos resíduos). Em geral, é a área que durante a vida útil do projeto se priva de outros usos produtivos.

O indicador formulado é  $SUM(h*p)$ , onde:

**h** = número de hectares de terra de cada classe agrológica segundo classificação standard internacional (de I a VIII).

**p** = potencial agroclimatológico, é definido para cada classe agrológica que agrupadas em três conjuntos tem vinculado para cada um, um fator de ponderação diferencial, assim:

Classificação do solo segundo o potencial agroclimatológico	Fator diferencial
I-II-III	1,0
IV-V-VI	0,8
VII-VIII	0,5

Estes três grupos podem ser denominados como alto, médio e baixo potencial produtivo do solo.

b) Produtividade Perdida:

É o valor da produção atual que será perdida com a implantação do projeto, ponderado este valor por um fator diferencial construído a partir de dois critérios: recuperabilidade e importância regional.

**Recuperabilidade** é a possibilidade de transladar, reconstruir ou reinstalar a atividade produtiva afetada pelo projeto. No entanto, um trauma será sempre causado, mas trata-se de efeito temporário, desaparecendo quando a atividade produtiva é recuperada: Cultivo de novos solos que não provoque perda para outras atividades produtivas, replantio das culturas, reinstalação de atividades extrativas em reservas não exploradas anteriormente, adequação de boiadeiros para conduzir o gado do antigo local, melhoras na produtividade etc.

A recuperabilidade é determinada pela existência, disponibilidade e acesso a terras produtivas não exploradas, de qualidade similar ou melhor, a jazidas minerais legais, etc. Em outras palavras, este indicador requer informações suficientes avaliar se a produção é ou não possível de ser recuperada. Finalmente, também deve estar associado aos planos de reassentamento previsto.

**Importância Regional** é o significado social que tem a produção para a região receptora do projeto. Esta importância pode estar determinada por sua magnitude e valor dentro das contas regionais, pelo nível de dependência local que se tenha dela ou pelo nível de emprego que gera.

O indicador formulado é o somatório do valor da produção em milhões de dólares anuais de jun/90 (v) ponderado pelo fator diferencial (ir) calculado a partir dos critérios de Recuperabilidade/Não-Recuperabilidade e Importância Regional Grande ou Mediana: **SUM(v\*ir)**, assim:

Importância Regional	Recuperabilidade	
	Não-Recuperável	Recuperável
Grande	1,0	0,8
Mediana	0,5	0,2

c) Perda de Patrimônio Histórico:

O critério “perda do patrimônio histórico” considera apenas os chamados bens culturais tangíveis, isto é, objetos, edificações, documentos, etc. Em sentido estrito, tais bens por si só não constituem mais que evidências do patrimônio histórico, cuja perda é inaceitável ainda que se recupere a informação mediante a história social que lhe é subjacente.

A perda de patrimônio histórico só pode ser avaliada reconstruindo-se através da investigação científica (estudos históricos e arqueológicos), uma vez que os objetos são meras evidências dos processos culturais apenas. Por isso, é imprescindível, para os efeitos de avaliação do critério, contar com os resultados da investigação científica pertinente, já que na etapa de factibilidade dos projetos deve-se apresentar um inventário de bens culturais tangíveis, uma avaliação e uma recomendação de tratamento das evidências.

O indicador utilizado é qualitativo e trata-se de qualificá-lo com base no grau de comprometimento (total ou parcial) e dependendo da possibilidade de recuperação do patrimônio afetado, mediante reconstrução ou traslado, assim:

<b>Grau de Comprometimento</b>	<b>Recuperável</b>	<b>Parcialmente Recuperável</b>	<b>Não Recuperável</b>
Total	0,3	0,7	1,0
Parcial	0,1	0,5	0,8

d) Deterioração do Ordenamento Regional:

Consiste na desarticulação físico-espacial da população devido ao projeto, por exemplo: Cortes nos elos comerciais, de comunicação e transporte; ruptura de vínculos sociais; perda de centros administrativos locais (câmara municipal, regimentos, órgão executivos) cujo desaparecimento estaria relacionado à anulação de funções de importância política, econômica e social, variando de acordo com o papel desempenhado por cada centro administrativo em uma região determinada. Estas situações podem ter conseqüências sobre o acesso a centro de serviços, sobre

a intensidade de uso de vias, do intercâmbio entre assentamentos, em geral, e famílias, em particular. Adicionalmente, pode alterar a gravitação entre área rural e os centros mais urbanizados.

O indicador que se utilizará é **SUM(f\*n)**, onde:

f = número de famílias afetadas;

n = níveis de afetação, os valores possíveis de n estão indicados na tabela a seguir:

<b>Relação Impossível de Ser Restabelecida</b>	1,0
<b>Relação Reversível mas Altos Custos Sociais</b>	0,8
<b>Relação Reversível em Igualdade de Condições</b>	0,1

Com o indicador proposto, tenta-se determinar a gravidade da desarticulação via o número de famílias afetadas e da possibilidade de se restituir a articulação afetada. No caso de reversão possível, esta deverá ser determinada, ainda que a solução aplicada implique na ocorrência de maiores custos sociais (maior tempo, maior distância), maiores incômodos, maior insegurança. E, ainda que a reversão ocorra em igualdade de condições, deve-se considerar como impacto o prejuízo temporal acarretado pelo empreendimento até a integração ser restabelecida.

e) Trauma Social:

Consiste na desarticulação das relações sociais da população da área de influência, ocasionada por um projeto de geração de energia. Este critério, trauma social, examina as formas de rupturas nos sistemas de valores tradicionais e nas formas adaptativas de uma comunidade, estando determinado pela chegada de população externa, vinculada de forma direta ou indireta ao projeto e, até mesmo, pelo desenvolvimento normal das atividades técnicas do projeto.

O nível de impacto será diferente para os assentamentos ou comunidades em cujas imediações ocorram obras ou construam-se acampamentos, ou ainda aquelas cidades que recebem populações flutuantes, ou sejam passagem obrigatória para veículos de carga ou de passageiros. Em todos os casos, patologias sociais; como prostituição, tráfico de drogas, favelização, violência e deterioração na qualidade de vida; têm alta probabilidade de ocorrer, mas seus alcances e seqüelas podem ser diferentes.

De toda forma, a dimensão do impacto estará determinada pela possibilidade que tem as comunidades de engendram mecanismos de resposta a estas demandas sociais, de espaço e de serviços. Em outras palavras, da sua capacidade de adaptação à nova situação.

O indicador elaborado resume os elementos acima indicados: **SUM(t\*d\*c)**, onde:

**t** = total da população afetada (grupos, assentamentos, comunidades) de forma diferencial, por um mesmo projeto;

**d** = Nível de afetação física. Estabelecido no quadro a seguir, com base na capacidade de adaptação (alta, média ou baixa) do assentamento, grupo ou comunidade, e a circunstância de ser passo obrigatório do projeto, ser povoado receptor de acampamentos ou população flutuante em suas cercanias, e ser área de obras físicas do projeto.

**Tabela G: Efeito Físico**

Influência do Projeto	Capacidade de Adaptação		
	Alta	Média	Baixa
Receptora de Pop. Flutuante	0,1	0,6	1,0
Passo Obrigatório do Projeto	0,05	0,4	0,8

**c** = Nível de afetação cultural, estabelecido com base no quadro seguinte:

**Tabela H: Efeito Cultural**

Alto	Médio	Baixo
1,0	0,8	0,5

f) Desemprego:

A ocupação de terras, o deslocamento temporário ou permanente de atividades produtivas, a desarticulação físico-espacial temporária ou permanente, trazem como consequência a perda de postos de trabalho, impacto que será socialmente mais significativo se estes corresponderem a postos de trabalho para mão-de-obra não qualificada.

Deve-se ter em consideração, ao se avaliar a gravidade do impacto, se os postos de trabalho são recuperáveis ou não. Esta circunstância relaciona-se diretamente com a capacidade de recuperação da atividade produtiva, item b. No caso de serem recuperáveis, deve-se avaliar a possibilidade de que isto efetivamente venha a ocorrer. O que depende da dinâmica do desenvolvimento regional, da ampliação do mercado de trabalho, ao longo do tempo, com a construção e instalação do projeto, etc.

Recuperabilidade de Postos de Trabalho.

Difícilmente Recuperável	Medianamente Recuperável	Facilmente Recuperável
1,0	0,7	0,3

O indicador proposto é **SUM(p\*r)**, onde:

**p** = número de postos de trabalho não qualificado afetados;

**r** = .grau de recuperabilidade dos postos de trabalho, segundo o quadro anterior.

g) Potencialização de Conflitos:

Diferentes conflitos podem caracterizar as diferentes regiões de um país, dependendo dos diferentes atores envolvidos e das diferentes causas para o conflito. Daí, que poderíamos apontar alguns tipos de conflitos mais comuns: pelo direito de



uso de recursos naturais - água, florestas, terras, minerais, pesca etc.; pelo controle político da região; étnicos; por status político-administrativo, e outros.

A existência de algumas destas situações na região determina um nível predisposição ao conflito, já existente antes da chegada do projeto. Esta característica representa uma dimensão subjacente, onde o projeto - com sua demanda de recursos naturais, território e serviços, e seu potencial de causar desarticulações e traumas sociais - constitui um novo agente regional que se enxerta nos conflitos pré-existentes, catalizando-os ou convertendo-os em novos conflitos.

Propõe-se que este impacto seja considerado mediante a determinação qualitativa do grau e tipo de conflito existente, estabelecendo-se uma escala entre zero e um, com base no seguinte quadro:

Potencialização ou Geração de Conflitos	Nível de Conflito Pré-Existente		
	Alto	Médio	Baixo
Alta	1,0	0,9	0,8
Baixa	0,7	0,6	0,5

Considerar um projeto como de alta ou baixa capacidade para potencializar conflitos, dependerá do quanto o projeto competirá pelo uso dos recursos naturais, de quantos efeitos danosos gere sobre o ambiente, da capacidade operativa disposta pela empresa proprietária, da política social praticada, etc.

#### **4.5) Objetivo 5: Maximizar Benefícios Regionais:**

##### **a) Melhoria da Rede de Comunicações:**

Refere-se a benfeitorias na rede de transportes. As melhorias podem ser originadas pela construção de nova infra-estrutura ou por adequação ou reformas na estrutura existente. O grau de melhoria é avaliado com base numa escala qualitativa que se estabelece com o objetivo tanto de determinar o nível de melhoria quanto o número de famílias beneficiadas pela benfeitoria.

No nível de melhoria são diferenciados vários graus: se a comunicação não existe e sua construção será devida ao projeto; se há melhoria numa estrada já existente, ou se o que se faz é uma recuperação visando incorrer em menores custos sociais, como, por exemplo, quando a infra-estrutura perdida deveu-se por causa do projeto e por isso trata-se de objeto de recuperação.

O indicador proposto é **SUM(f\*n)**, onde:

**f** = número de famílias beneficiadas;

**n** = nível de melhoria, segundo o seguinte quadro:

Níveis de Melhoria	Indicador
<b>Comunicação Nova</b>	1,0
<b>Melhoria de Comunicação Existente</b>	0,6
<b>Restauração com Menor Custo Social</b>	0,4

b) Outros Benefícios do Aproveitamento, Diferentes do Energético:

Contabiliza-se neste critério o somatório dos valores estimados dos outros benefícios gerados pelo projeto, como: regulação do fluxo de rios (recuperação de terras, controle de catástrofes e inundações, potencialização de atividades produtivas), possível uso produtivo da represa (pesca, turismo), potencialização de atividades de mineração, florestal e de transporte, para o caso das térmicas. Todos estes benefícios são suscetíveis de serem avaliados economicamente, estimando-se os seus valores e supondo uma vida útil, para os projetos, de 25 anos.

O indicador proposto é o Valor Presente Líquido (VPL) dos benefícios, em um período de 25 anos, usando uma taxa de atualização de 10 %.

Recomenda-se muita prudência na estimação daqueles benefícios muito distantes no tempo, muito incertos e/ou altamente dependentes de outras variáveis.

c) Melhoria na Eletrificação Rural:

Em alguns países a lei determina que as entidades proprietárias dos projetos de geração de energia deverão destinar uma porcentagem do valor das vendas de energia para o investimento em programas de eletrificação rural.

Estes fundos são de destinação específica à eletrificação e significam uma melhoria neste serviço público. Esta circunstância permite e justifica sua avaliação como um critério independente, estimando-se o seu valor ano por ano e calculando o Valor Presente Líquido (VPL), assumindo o período de 25 anos. O indicador proposto é: VPL em dólares.

d) Melhoria na Disponibilidade para Investimentos Sociais:

Além de prever fundos para eletrificação rural, às vezes apropria-se, por lei, de fundos que, por sua destinação específica, significam um incremento líquido para os fundos disponíveis de investimentos de alta cobertura social, por parte dos municípios.

Deve-se levar em consideração que a dimensão do benefício estará determinada tanto pela quantia do fundo, a qual é diferenciada para cada projeto, quanto pelo índice de necessidades insatisfeitas, que varia dependendo da comunidade, do município ou da região.

O indicador a ser utilizado é o do cálculo do valor líquido anual em milhões de dólares, constantes de jun/90.

e) Outros Impostos Legais:

Este critério agrupa outras dotações que podem ter diferentes usos alternativos: impostos sobre atividades industriais e comerciais, imposto predial e porcentagem para ordenamento e manejo da bacia. Estas dotações legais significam recursos e/ou benefícios, durante a vida útil do projeto, para os municípios.

O indicador que se propõem é o VPL destas dotações, assumindo um período de 25 anos, e usando uma taxa interna de retorno de 10 %, expressando o valor em milhões de dólares constantes de jun/90.

f) Geração de Emprego na Região:

Este critério contabiliza o benefício da geração de emprego sem distinguir se a população empregada é local ou externa à região. Considera-se que a geração de emprego por si só deve ser avaliada como um benefício.

Deve-se levar em consideração se o emprego é temporário ou permanente, porque o emprego permanente sempre significa um maior benefício pelas suas características de estabilidade na entrada de recursos que isto representa. Além disso, é avaliado se o emprego é gerado direta ou indiretamente pelo projeto (emprego em outros setores e/ou outras atividades produtivas). Com base nestes parâmetros, permanente ou temporário e geração direta ou indireta, estabelece-se um quadro onde são classificadas, de forma diferenciada, as possíveis opções:

<b>Emprego</b>	<b>Diretamente Gerado pelo Projeto</b>	<b>Indiretamente Gerado pelo Projeto</b>
<b>Permanente</b>	1,0	0,7
<b>Temporário</b>	0,5	0,2

O indicador proposto é  $SUM(e*t)$ , onde:

**e** = número de postos de trabalho

**t** = classificação dos postos de trabalho, segundo o quadro anterior.

**V - Funções de Impacto Ambiental:**

O objetivo deste capítulo é apresentar o processo seguido para elaborar-se as funções de impacto ambiental e também as próprias funções.

As funções de impacto ambiental são curvas que permitem atribuir-se um índice (y) a um critério, como função do indicador que determina a magnitude (x) do impacto causado.

As funções apresentam as seguintes características:

1. Seu domínio varia de zero a infinito e não estão limitadas a uma certa magnitude de impacto;
2. São funções contínuas e, portanto, não é necessária a divisão dos impactos em “classes” ou “categorias”, permitindo a avaliação qualquer que seja a magnitude do impacto;
3. Sua escala varia de zero a um, o que unifica a escala de avaliação para todos os critérios e, por isso, ao atribuir peso a cada um deles, o peso refletirá a importância relativa do critério frente aos demais e estará livre de influências da escala.

A forma geral selecionada para as funções é de dupla curva exponencial (doble curva exponencial), e este tipo de curva decai, univocamente, determinada por três pares de coordenadas. A filosofia para localizar esses três pontos é a seguinte:

1. Um ponto com valores de magnitude (x) e índice (y) baixos, indicará que abaixo dele o impacto é aceitável e pode ser gerenciado.
2. Um ponto com magnitude e índice médios, indica uma situação para a qual o tamanho do impacto implica que o índice deve estar a meio caminho entre “aceitável” e “não-aceitável”.
3. Um terceiro ponto com valores altos para magnitude e índice, demonstra uma situação a partir da qual o impacto é considerado “não-desejável”.

Dá por diante, a curva se aproxima de um (1), que vem a ser o máximo valor possível para o critério, indicando a menor disposição em aceitar o tamanho do impacto.

As funções foram construídas por uma equipe multidisciplinar com base em informações tanto de centrais em operação, como de projetos em etapas de pré-factibilidade e de factibilidade, objetivando cobrir todo o universo possível de tamanhos de impactos (GIASE, 1990), (ISA, 1988b).

## **VI. Bibliografia:**

A forma de apresentação da bibliografia utilizada, segue o padrão disponibilizado no manual traduzido.

BISWAS, A. Systems approach to water management. McGraw-Hill, 1976.

CARCIENTE, J. Estudio y Proyectos de Carreteras, Universidad Central de Venezuela, Ediciones de la Biblioteca de Caracas, 1965.

DANDY, G.C. An approximate method for analysis of uncertainty in benefit-cost ratios, Water Resources Research, vol 21, n.3, 267-271, 1985.

FARNWORTH, E.G., GOLLEY, F.B. Ecosistemas frágiles. Fondo de cultura económica. México, 1977.

GAST, F., Adecuación embalse San Lorenzo (Proyecto Jaguas) parcelas de recrecimiento y tasas de revegetalización. AINSA. Año IX. Enero-junio, 1989.

GIASE - Evaluación ex-post de 12 centrales hidroeléctricas en operación, en preparación, 1990.

GIOCOCHEA, A., HANDSEN, D.R., DUCKSTEIN, L. Multiobjective decisión analysis with engineering and businees applications. John Wiley & Sons, New York, 1982, 519p.

GOMEZ, A. GRISALES, A., SUAREZ, J. Manual de conservación de suelos de ladera. Cenicafé, Chinchiná, Caldas, 1975, 266p.

HAITH, D. Environmental systems optimization, John Wiley & Sons, 1982.

HIDROESTUDIOS. Informe para Ministerio de Minas y Energía y CORALCA. Estudio de transvase del río San Jorge. Evaluación del impacto ambiental. Informe preliminar. Vol IV. Apéndice I. Barranquilla, 1984.

IGAC-INDERENA-CONIF. Mapa de bosques de Colombia. Memoria explicativa. Bogotá, 1984.

IGAC. Atlas básico de Colombia, 5a. edición, 1986.

IGAC, Subdirección agrológica. Suelos y Bosques, 1989.

ISA, "Metodología para Evaluación Ambiental del Plan de Expansión" Documento OAPE-144. Medellín, Mayo de 1991.

ISA, Dpto Planeación y Desarrollo Ecológico. Calificación ambiental de los proyectos del plan de expansión. Informe final de la etapa I. Medellín, octubre de 1988b.

ISA, Departamento de Estudios Económicos. Evaluación de impactos socioeconómicos de los proyectos hidroeléctricos considerados en el plan de expansión del sistema eléctrico colombiano. Período 1994-2002. Informe final. Etapa I, 1988d.

KUCERA, C. El reto de la ecología. Compañía Editorial Continental S.A. México, 1976.

LOUCKS, D., STEDINGER, J., HAITH, D. Water resource system planning and analysis. Prentice Hall, 1981

LUGO, A.E. & MORRIS, G.L. Los sistemas ecológicos y la humanidad. OEA. Washington, D.C., 1982.

MARGALEF, R. La teoría de la información en ecología. Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Barcelona, 1957.

MARGALEF, R. Ecología. Editorial Planeta. Barcelona, 1981.

MARGALEF, R. Limnología. Ediciones Omega. Barcelona, 1983.

MARGALEF, R. Ecología. Ediciones Omega. Barcelona, 1986.

MONTENEGRO, H. y OLMOS, E. Inventario de problemas de erosión y degradación de suelos en Colombia. Suelos Ecuatoriales, vol xviii, n. 2, pp 9-21, 1988.

ODUM, E. An introduction to mathematical ecology. Wiley Interscience. New York, 1969.

SNOW, D.W. The evolving biosphere. Forey, P.L. (Editor) British Museum of Natural History. Cambridge. University Press, 1981.

VEGAS, M. Introducción a la ecología del bentos marino. Serie de Biología. Monografía n.9. OEA. Washington, D.C., 1980.

WILHM, J. Graphic and mathematical analyses of biotic communities in polluted streams. Annual review of entomology, 17:223-252, 1972.