

# ÍNDICE

## INTRODUÇÃO

- ESCOPO DESTAS INSTRUÇÕES .....	1
- ETAPAS DE ESTUDOS E PROJETOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO .....	1
- OBJETIVOS DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE .....	2
- ESTRUTURA DESTAS INSTRUÇÕES .....	2
- ASPECTOS INSTITUCIONAIS E LEGAIS .....	2

## CAPÍTULO 1 - ESTUDOS PRELIMINARES ..... 5

1.1 COLETA DE DADOS EXISTENTES .....	5
1.2 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS .....	5
1.3 APRECIACÃO DA DIVISÃO DA QUEDA .....	5
1.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE OUTROS USOS DA ÁGUA .....	6
1.5 INSPEÇÃO DE CAMPO .....	6
1.6 SELEÇÃO DE CRITÉRIOS PARA DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA .....	6
1.7 ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE APROVEITAMENTO .....	7
1.8 RELATÓRIO DE CONSOLIDAÇÃO DOS ESTUDOS PRELIMINARES .....	7
1.9 LICENCIAMENTO AMBIENTAL .....	7
1.10 PROGRAMA DE INTERAÇÃO SOCIAL .....	7
1.11 PROGRAMAÇÃO GERAL DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE .....	7

## CAPÍTULO 2 - LEVANTAMENTOS ..... 8

2.1 AEROFOTOGRAMÉTRICOS .....	8
2.1.1 Levantamento Aerofotogramétrico da Área do Reservatório .....	8
2.1.2 Levantamento Aerofotogramétrico da Área do Sítio .....	8
2.2 TOPOBATIMÉTRICOS .....	9
2.2.1 Programação para os Levantamentos Topobatimétricos .....	9
2.2.2 Amarração e Nivelamento de Réguas Limnimétricas e Fluviométricas .....	9
2.2.3 Levantamento de Seções Topobatimétricas .....	9
2.2.4 Amarração Topográfica das Investigações Geológico-Geotécnicas .....	9
2.2.5 Apoio Topográfico à Sísmica de Reflexão .....	9
2.2.6 Levantamento Topográfico das Áreas das Fontes Potenciais de Materiais Naturais de Construção .....	9
2.2.7 Levantamento Topobatimétrico da Área de Implantação do Sítio .....	9
2.2.8 Pesquisas Topográficas e Levantamentos de Eventuais Selas nas Bordas do Futuro Reservatório .....	10
2.2.9 Levantamento Topográfico da Área das Vilas Residenciais .....	10
2.2.10 Levantamentos Topográficos de Apoio .....	10
2.3 HIDROMETEOROLÓGICOS .....	10
2.3.1 Programação dos Levantamentos Hidrometeorológicos .....	10
2.3.2 Instalação e Operação de Postos Limnimétricos e/ou Limnigráficos .....	10
2.3.3 Medições de Descarga Líquida .....	11
2.3.4 Medições de Descarga Sólida .....	11
2.3.5 Instalação e Operação de Estação Evapoclimatológica .....	12
2.4 GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS .....	12
2.4.1 Programação de Investigações Geológico-Geotécnicas .....	12
2.4.2 Investigações Manuais .....	12
2.4.3 Investigações Mecânicas .....	13

2.4.4	Investigações Geofísicas .....	14
2.4.5	Ensaios Geotécnicos e Geomecânicos .....	14
2.4.6	Investigações Complementares .....	15
2.5	SÓCIO-AMBIENTAIS .....	15
2.5.1	Pedologia e Uso do Solo .....	16
2.5.2	Qualidade da Água .....	16
2.5.3	Limnologia .....	16
2.5.4	Fauna Aquática .....	17
2.5.5	Fauna Terrestre .....	17
2.5.6	Cobertura Vegetal .....	17
2.5.7	Unidades de Conservação e Outras Áreas de Interesse Ecológico .....	17
2.5.8	Qualidade de Vida da População .....	18
2.5.9	Organização Territorial .....	18
2.5.10	Atividades Produtivas e Organização da Produção .....	19
2.5.11	Organização Social, Cultural e Política da População .....	19
2.5.12	Patrimônio Cultural, Espeleológico e Arqueológico .....	19
2.5.13	Populações Indígenas .....	19
2.5.14	Populações Remanescentes de Quilombos .....	20
2.5.15	População na Área de Influência Direta .....	20
2.5.16	Levantamento dos Equipamentos de Infra-Estrutura na Área de Influência Direta .....	21
2.6	CUSTOS .....	21
2.6.1	Custos de Obras Civis .....	21
2.6.2	Custos de Equipamentos Eletromecânicos .....	22
2.6.3	Custos Sócio-Ambientais .....	22

### **CAPÍTULO 3 - ESTUDOS BÁSICOS ..... 23**

3.1	HIDROMETEOROLÓGICOS .....	35
3.1.1	Caracterização Fisiográfica da Bacia .....	23
3.1.2	Características Climáticas da Bacia .....	23
3.1.3	Precipitação .....	23
3.1.4	Evaporação .....	23
3.1.5	Análise de Dados Hidrométricos .....	23
3.1.6	Curvas Características .....	23
3.1.7	Série de Vazões Naturais .....	24
3.1.8	Curvas de Permanência .....	24
3.1.9	Derivação de Descarga .....	24
3.1.10	Estudos de Vazões Extremas .....	24
3.1.11	Amortecimento de Ondas de Cheia .....	25
3.1.12	Estudos de Borda Livre .....	25
3.1.13	Estudos de Remanso .....	25
3.1.14	Análise de Dados Hidrossedimentométricos .....	25
3.1.15	Estudos de Assoreamento e da Vida Útil do Reservatório .....	26
3.1.16	Controle de Sedimentos .....	26
3.1.17	Verificação de Problemas do Canal a Jusante da Barragem .....	26
3.1.18	Estudos de Enchimento do Reservatório .....	26
3.2	GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS .....	27
3.2.1	Mapa Geológico Regional .....	27
3.2.2	Mapa Geológico do Local do Aproveitamento .....	27
3.2.3	Mapa Geológico-Geotécnico do Local do Aproveitamento .....	27
3.2.4	Seções Geológico/Geotécnicas .....	27
3.2.5	Materiais Naturais de Construção .....	27
3.2.6	Tecnologia de Rochas .....	27

3.3	SÓCIO-AMBIENTAIS .....	27
3.3.1	Diagnóstico .....	28
3.3.2	Análise Integrada e Vulnerabilidade do Sistema Sócio-Ambiental .....	31
3.3.3	Subsídios para o Estudo de Alternativas .....	31
3.3.4	Estudos Específicos para o Estabelecimento do Polígono de Utilidade Pública .....	32
3.4	ESTUDOS MERCADOLÓGICOS .....	32
3.5	DIMENSIONAMENTO ENERGÉTICO .....	33
3.5.1	Considerações Iniciais .....	33
3.5.2	Conceitos Básicos .....	35
3.5.3	Escolha das Alternativas de Eixo de Barramento .....	38
3.5.4	Dimensionamento dos Parâmetros Físico-Operativos para cada Alternativa de Eixo de Barramento .....	38
3.5.5	Determinação do Nível Mínimo Operativo (N.A.MÍN.) para cada Alternativa Fisicamente Viável de (N.A.MÁX.) .....	38
3.5.6	Determinação do Nível Máximo Operativo (N.A.MÁX.) .....	39
3.5.7	Dimensionamento do Volume Útil do Reservatório - Escolha do Melhor Par (N.A. MÁX / N.A. MIN) .....	40
3.5.8	Estudo de Motorização .....	42
3.5.9	Dimensionamento das Quedas de Projeto e de Referência .....	44
3.5.10	Determinação do Número de Unidades Instaladas .....	45
3.6	CUSTOS .....	45
3.6.1	Atualização de Dados de Custos Coletados .....	45
3.6.2	Análise e Escolha de Custos Unitários .....	46
3.6.3	Composição de Custos Unitários de Obras Cíveis .....	46
3.6.4	Custos Sócio-Ambientais .....	47

## **CAPÍTULO 4 - ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DO APROVEITAMENTO ..... 50**

4.1	ESTUDOS DE EIXOS .....	50
4.1.1	Estudos Preliminares de Arranjos para Alternativas de Eixo .....	50
4.1.2	Avaliação das Alternativas de Eixo Relativa à Implantação do Barramento para Fins Energéticos .....	50
4.1.3	Avaliação das Alternativas de Eixo Relativa aos Aspectos Sócio-Ambientais .....	51
4.1.4	Avaliação das Alternativas de Eixo Relativa a Outros Usos da Água .....	51
4.1.5	Seleção do Eixo de Barramento .....	51
4.2	ESTUDOS DE ARRANJOS PARA O EIXO SELECIONADO .....	51
4.2.1	Estudos Preliminares de Arranjos Alternativos .....	51
4.2.2	Quantificação dos Serviços para os Arranjos Alternativos .....	51
4.2.3	Avaliação Técnica dos Arranjos Alternativos .....	51
4.2.4	Estimativa de Custos dos Arranjos Alternativos .....	52
4.2.5	Comparação dos Arranjos Alternativos e Seleção do Arranjo Final .....	52
4.3	PRÉ-DIMENSIONAMENTOS .....	52
4.3.1	Pré-Dimensionamento do Circuito Hidráulico de Geração .....	52
4.3.2	Pré-Dimensionamento Hidráulico dos Órgãos Extravasores .....	53
4.3.3	Pré-Dimensionamento Hidráulico das Obras de Desvio .....	53
4.3.4	Pré-Dimensionamento das Obras de Terra e Enrocamento .....	53
4.3.5	Pré-Dimensionamento das Estruturas de Concreto .....	54
4.4	ESTUDOS DE CONSTRUÇÃO .....	54

4.4.1	Estudos Preliminares de Logística e Instalações de Apoio .....	54
4.4.2	Estudos do Desvio do Rio .....	54
4.4.3	Estudos de Sequência Construtiva .....	55

4.5	ARRANJOS E PRÉ- DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECAÑICOS ...	55
4.5.1	Turbinas e Equipamentos Associados .....	55
4.5.2	Equipamentos Hidromecânicos .....	55
4.5.3	Equipamentos de Levantamento e Movimentação de Cargas .....	56
4.5.4	Sistemas Mecânicos Auxiliares .....	56
4.5.5	Gerador e Equipamentos Associados .....	56
4.5.6	Conexão Gerador-Transformador Elevador .....	57
4.5.7	Transformador Elevador .....	57
4.5.8	Serviços Auxiliares e Equipamentos Associados .....	58
4.5.9	Equipamentos e Serviços Eletromecânicos Adicionais .....	58
4.5.10	Integração da Usina ao Sistema de Transmissão .....	58

## **CAPÍTULO 5 - ESTUDOS FINAIS ..... 60**

5.1	ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DA USINA NO SISTEMA .....	60
5.2	DEFINIÇÃO DO ARRANJO GERAL .....	60
5.3	AVALIAÇÃO DE IMPACTOS E PROGRAMAS SÓCIO-AMBIENTAIS .....	61
5.4	RESERVATÓRIO .....	62
5.5	DESVIO DO RIO E ENSECADEIRAS .....	62
5.6	BARRAGENS E DIQUES DE TERRA E/OU ENROCAMENTO .....	63
5.7	BARRAGENS E MUROS DE CONCRETO .....	63
5.8	ÓRGÃOS EXTRAVASORES .....	64
5.9	CIRCUITO DE ADUÇÃO .....	64
5.10	CASA DE FORÇA .....	64
5.11	SUBESTAÇÃO - OBRAS CIVIS .....	65
5.12	INSTRUMENTAÇÃO .....	65
5.13	CONSTRUÇÕES ESPECIAIS .....	66
5.14	OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA .....	66
5.15	SEQÜÊNCIA CONSTRUTIVA .....	67
5.16	POLÍGONO DE UTILIDADE PÚBLICA .....	67
5.17	ESTIMATIVA DE QUANTIDADES .....	68
5.18	EQUIPAMENTOS ELETROMECAÑICOS .....	68
5.19	INTEGRAÇÃO DA USINA AO SISTEMA DE TRANSMISSÃO .....	68
5.19.1	Arranjo da Subestação .....	68
5.19.2	Configuração do Sistema de Transmissão Associado .....	68
5.20	ESTIMATIVA DE CUSTOS .....	69
5.21	CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO .....	70
5.22	CRONOGRAMA FÍSICO-ECONÔMICO .....	70
5.23	ÍNDICE DE MÉRITO DA USINA HIDRELÉTRICA .....	70

## **CAPÍTULO 6 - RELATÓRIO FINAL DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE ..... 72**

### **ANEXOS ..... 74**

I	- REDE DE PRECEDÊNCIA .....	I-16
II	- QUADRO SÍNTESE DO OPE .....	II-8
III	- FICHA RESUMO .....	III-6
IV	- PROCEDIMENTOS PARA LICENCIAMENTO AMBIENTAL .....	IV-12
V	- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	V-3
VI	- PARTICIPANTES DO GRUPO DE TRABALHO .....	VI-4

## APRESENTAÇÃO

A última edição das “Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidrelétricos” é datada de março de 1983.

Dessa data até os dias atuais (1997), além de terem ocorrido progressos diversos na tecnologia de implantação de aproveitamentos hidrelétricos, houve sensível aumento de exigências ambientais a que tais aproveitamentos devem satisfazer, como também profunda alteração no modelo institucional do Setor Elétrico, com ênfase na crescente participação do capital privado para o seu desenvolvimento.

Tais fatores sinalizaram a oportunidade de realizar-se a presente revisão, a qual incorpora:

- as principais inovações tecnológicas registradas no período;
- tratamento mais abrangente e profundo da questão ambiental, em consonância com a Política Nacional de Meio Ambiente e com os princípios e diretrizes contidos nos documentos setoriais a partir de 1986;
- novo enfoque na utilização dos Estudos de Viabilidade, os quais, em decorrência da nova legislação sobre concessões, passaram a se constituir em documento técnico básico para instruir processos de licitação para concessões de aproveitamentos hidrelétricos. Acrescenta-se a este fato a Portaria DNAEE nº 40 que estimulou a realização destes estudos na medida em que define as regras dos ressarcimentos dos custos incorridos.

Para a realização da presente revisão, foi constituído um Grupo de Trabalho no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica DNAEE/ELETOBRÁS, com a participação de empresas federais e estaduais de energia elétrica, cujas atividades iniciaram-se em outubro de 1995.

O princípio geral adotado foi abordar, sempre com a máxima clareza possível, todas as atividades que devem ser desenvolvidas para a efetiva comprovação da viabilidade técnica e econômica de um dado aproveitamento sem, entretanto, descrever os aspectos metodológicos de como fazê-las.

É oportuno lembrar que, com a aplicação continuada deste trabalho no desenvolvimento de estudos de viabilidade de aproveitamentos hidrelétricos, é provável que surjam sugestões e comentários pertinentes à correção, melhoria e ou atualização do conteúdo do presente trabalho. Neste caso, solicita-se entrar em contato com a Diretoria de Planejamento e Engenharia de ELETOBRÁS ou com o DNAEE, no sentido de que, caso sejam válidas as observações feitas, sejam as mesmas inseridas de alguma forma no documento em questão.

Finalmente, cumpre consignar aqui os agradecimentos às empresas que cederam seus técnicos, bem como aos mesmos, que acompanharam e participaram dos trabalhos, e também aos técnicos do DNAEE e da ELETOBRÁS, cujo esforço e dedicação em muito contribuíram para a concretização da presente revisão das Instruções para Estudos de Viabilidade.

Rio de Janeiro, 02 de abril de 1997.

BENEDITO CARRARO

Diretor de Planejamento e Engenharia da  
ELETOBRÁS

JOSÉ MÁRIO ABDO

Diretor do Departamento Nacional de Águas e  
Energia Elétrica - DNAEE