



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia

IMPACTO ECONÔMICO DO DEPLECIONAMENTO DE
RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO DE CENTRAIS
HIDRELÉTRICAS NOS USOS MÚLTIPLOS DE SUAS ÁGUAS:
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

ANA SOFIA VIANA ALVES

Itajubá, setembro de 2006

ANA SOFIA VIANA ALVES

IMPACTO ECONÔMICO DO DEPLECIONAMENTO DE
RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO DE CENTRAIS
HIDRELÉTRICAS NOS USOS MÚLTIPLOS DE SUAS ÁGUAS:
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Itajubá
Como parte dos requisitos necessários
à obtenção do título de mestre em
Engenharia de Energia

Itajubá 2006

ANA SOFIA VIANA ALVES

IMPACTO ECONÔMICO DO DEPLECIONAMENTO DE
RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO DE CENTRAIS
HIDRELÉTRICAS NOS USOS MÚLTIPLOS DE SUAS ÁGUAS:
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Itajubá
como parte dos requisitos necessários para a obtenção do
título de mestre em Engenharia de Energia

Orientador: Prof. Dr. Roberto Alves de Almeida
Co-orientador: Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana

Itajubá 2006

*Que nenhuma gota de água que cai
na terra chegue ao mar, sem antes
ter servido aos seres humanos.*

ParaKrama Bahu I, Rei do Sri Lanka- Séc XII a.C.

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos e amados pais pelo exemplo de força, perseverança , compreensão e amor. Às minhas duas irmãs que sempre torceram para o meu sucesso e à minha extraordinária e grande família, pelo apoio, amizade e tudo o que representam na minha vida.

A todos vocês o meu amor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Roberto Alves de Almeida, pelo incentivo, orientação, treinamento e infinita paciência que teve comigo nestes anos.

Ao meu co-orientador, Prof. Augusto Nelson Carvalho Viana, meu tio muito querido, e meu grande incentivador desde que retornei a Itajubá.

Aos amigos do GEE, por toda atenção, disponibilidade, ajuda e carinho e com quem tive o prazer de conviver por estes anos.

A todos o meu eterno carinho.

Resumo

Com a promulgação da lei 9.433/97, que institui a política nacional de recursos hídricos, o setor elétrico perdeu o pleno domínio da operação de seus reservatórios, ficando a definição do regime operativo a cargo da Agência Nacional de Águas - ANA em articulação com o Operador Nacional do Sistema – ONS.

A ANA tem como atribuição garantir o uso múltiplo da água e, portanto, deve ser o agente moderador dos interesses conflituosos que envolvem a água dos reservatórios de centrais hidrelétrica.

Com o objetivo de trazer um pouco de luz a esta questão foi desenvolvida nesta dissertação uma metodologia de cálculo dos impactos relevantes que o deplecionamento causa aos diversos usuários de um reservatório.

Esta metodologia consiste na elaboração de equações que relacionam o deplecionamento de um reservatório de regularização com o benefício ou prejuízo econômico incremental que o mesmo acarreta sobre uma determinada atividade que utiliza diretamente a água.

Com este trabalho os municípios lindeiros passam a dispor de uma metodologia que lhes permite respaldar futuras reivindicações de ressarcimento dos prejuízos decorrentes do deplecionamento. Por outro lado, as empresas geradoras de energia que passam a ter um instrumento que lhes possibilita determinar até onde podem deplecionar um reservatório de regularização sem prejuízo a ambos os lados.

Abstract

After publishing the law 9.433/97 which establishes the national politic for hydraulic resources, the electric sector has lost the full control in operating its reservoirs, being now responsibility of Water National Agency together with National System Operator regarding operating directions.

This Agency's main attribution is to guarantee water multiple use and therefore must be the moderating agent for eventual conflictive interests involving the water of hydraulic power reservoirs.

With the purpose of clarifying this point, this study intends to show a calculation method in order to calculate the relevant impacts that emptying of a reservoir may cause to several users.

This method elaborates equations that relates emptying of a regulatory reservoir with benefit or incremental economic loss that any specific activity using directly water may suffer.

This study allows bordering districts to reinforce future damage complains due to losses caused by reservoir emptying. In other hand, energy generation companies may also use this study as an instrument able to define limits of a regulatory reservoir emptying without losses for both parties.

ÍNDICE

Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Listas de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas.....	xii
Lista de Símbolos.....	xiii
Listas de Abreviatura.....	xv
1-INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Aspectos históricos.....	1
1.2.Generalidades.....	2
1.3 Justificativa da Dissertação.....	4
1.4 Objetivo.....	5
1.5 Organização da Dissertação.....	5
2-USOS DA ÁGUA DE RESERVATÓRIOS DE CENTRAIS HIDRELÉTRICAS.....	7
2.1 A Falta de Água no Brasil.....	8
2.2 A Conservação da Água como Solução à Escassez.....	10
2.3 Uso dos Solos nas Áreas Lindeiras do Reservatório.....	14
2.4 Os Usos Múltiplos da Água.....	17
2.4.1 Usos Consuntivos.....	18
2.4.1.1. Consumo Humano e Dessedentação de Animais.....	19
2.4.1.2 Consumo Industrial.....	21
2.4.1.3 Irrigação.....	23
2.4.2 Usos Não Consuntivos.....	34
2.4.2.1 Geração de Energia Elétrica.....	35
2.4.2.2 Piscicultura, Aquicultura e Pesca.....	40
2.4.2.3 Navegação.....	43
2.4.2.4 Turismo, Recreação e Esportes.....	47
2.4.2.5 Diluição e Assimilação de Esgotos Urbanos e Industriais.....	50
3- PROPOSIÇÃO DO MODELO.....	55
3.1 Usos Vinculados ao Bombeamento de Água Captada em Reservatório.....	57
3.2 Geração de Energia Elétrica.....	63

3.3 Piscicultura, Aqüicultura e Pesca.....	63
3.4 Navegação.....	67
3.5 Turismo, Recreação e Esportes.....	68
3.6 Diluição e Assimilação de Esgotos Urbanos e Industriais.....	69
4 – ESTUDO DE CASO: UHE Furnas.....	73
4.1 Impactos Sócio-Econômicos -Região do Deplecionamento.....	73
4.1.1 Central Hidrelétrica de Furnas –Características Técnicas.....	73
4.1.2 Dados Sócio-Econômicos dos Municípios Lindeiros.....	74
4.1.3 O Impacto na Região Devido ao Último Grande Deplecionamento.....	75
4.2 Aplicação do Modelo.....	77
4.2.1 Análise dos Dados do Deplecionamento de 2001.....	78
4.2.2 Sistema de Bombeamento de Água.....	79
4.2.3 Geração de Energia.....	81
4.2.4 Turismo, Recreação e Esportes.....	82
4.2.5 Diluição e Assimilação dos Efluentes Domésticos e Industriais.....	83
5 ANÁLISE, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	84
5.1 Análise dos Resultados.....	84
5.2 Conclusões.....	85
5.3 Recomendações.....	86
6 BIBLIOGRAFIA.....	88
7 ANEXO.....	93
7.1 Cota média – Série histórica 1964 a 2003.- mês a mês durante 40 anos.....	94

LISTAS DE FIGURAS

Figura 2.1- Expansão projetada de produtividade x provisão mundial de terras cultiváveis....	33
Figura 2.2-Produção industrial per capita/reservas naturais/população e produção de alimentos.....	33
Figura 2.3- Gráfico de uma UHE	40
Figura 3.1 - Altura do talude.....	55
Figura 3.2 - Altura de um reservatório.....	56
Figura 3.3 - Conjunto moto–bomba montado sobre trilhos.....	57
Figura 3.4 - Conjunto moto-bomba montado sobre uma plataforma flutuante.....	58
Figura 3.5 - Conjunto moto-bomba fixo.....	58
Figura 3.6 – Declividade mais acentuada.....	59
Figura 3.7 –Declividade menos acentuada.....	59
Figura 3.8 - Custo de captação e bombeamento de água x cota do reservatório.....	60
Figura 3.9 – Produção pesqueira nos anos que precedem um deplecionamento crítico.....	66
Figura 3.10 - Produção pesqueira nas cotas que precedem um deplecionamento crítico.....	67
Figura 3.11 – Taxa de ocupação hoteleira X cota.....	69
Figura 3.12 – Saneamento – Custos SUS x Cota.....	70
Figura 3.13 - Cota por Incidência de doença (leptospirose).....	71
Figura 4.1 - Usina de Furnas.....	74
Figura 4.2 – Reservatório de Furnas no Mapa do Brasil.....	74
Figura 4.3 – Freqüência.....	78
Figura 4.4 - Cota	78
Figura 4.5 – Energia.....	79

LISTAS DE TABELAS

Tabela 2.1 – Municípios limdeiros das bacias.....	14
Tabela 2.2 - Consumo de água na pecuária em 2003.....	19
Tabela 2.3 – Consumo de água na população urbana e rural.....	19
Tabela 2.4 – Consumo específico na indústria brasileira.....	22
Tabela 2.5 – Consumo específico na industria internacional.....	23
Tabela 2.6 –Eficiência na irrigação e consumo de energia de diferentes métodos de Irrigação.....	30
Tabela 2.7 –Demanda anual para irrigação no Brasil por regiões e estados –1998.....	31
Tabela 2.8- UHE por bacias.....	39
Tabela 2.9 – Relação entre produção aquícola e água requerida por espécies cultivadas e sistema de produção.....	42
Tabela 2.10 - Atividades recreacionais sobre a superfície do reservatório e suas conseqüências sobre a qualidade e quantidade da água.....	49
Tabela 2.11 - Municípios com tratamento sanitários.....	52
Tabela 2.12 - Doenças veiculadas hidricamente e seus custos.....	53
Tabela 3.1 - Produção de peixes por tonelada e cota.....	65
Tabela 3.2 – Peixes mais comuns no Reservatório de Furnas- Pescados Kg/dia.....	65
Tabela 3.3 - Leptospirose - Casos confirmados, por local de transmissão: 1989-1996.....	70
Tabela 4.1- Recreação.....	82
Tabela 5.1 – Análise dos resultados.....	84

LISTAS DE SÍMBOLOS

α = declividade do reservatório
C= Custo
 C_B = Custo por bomba
 C_D = Custo do diesel (R\$/l)
 C_{EE} = Consumo específico de energia do motor diesel (l/kWh)
 C_T = Custo do tratamento
 C_T = Investimento adicional em tubulação (R\$)
 C_{TB} = Custo total da bomba
 C_{UT} = Custo da tubulação por metro linear
 C_W = Custo da energia consumida pela bomba hidráulica (R\$/mês)
Disp = Disponibilidade
 ΔK = Variação da produtividade da Central (MW/m³/s).
 ΔT_1 = Variação da taxa de incidência
 F_C = Fator de capacidade médio
g = aceleração da gravidade (m/s²)
 G_P = Gasto per capta (R\$/dia)
H = Cota do reservatório
 η_B = rendimento da bomba
 H_D = Deplecionamento (m)
 H_M = Altura manométrica devido ao deplecionamento (m)
 H_{max} = altura máxima
 H_{MO} = Altura manométrica original
 H_{MT} = Altura manométrica total
 H_{Pr} = Cota de projeto do sistema de bombeamento
 H_T = Horas trabalhadas (h)
J = Perda de carga unitária
K = Produtividade da central (MW/m³/s)
L = Comprimento adicional da tubulação (m)
 L_M = Largura média do reservatório
 N_D = Número de dias (dias/mês)
 N_L = Número de leitões
Pop = População dos municípios lindeiros
 P_R = Receita (R\$/mês)
 P_V = Preço de venda (R\$/MWh)
Q = vazão (m³/s)
R = Receita (R\$/mês)
R = Receita

T = Tempo de operação (h/mês)

T_I = Taxa de incidência

T_X = Taxa de ocupação

W = Potência consumida pela bomba (kW)

W_G = Potência gerada (MW)

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional de Águas
ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica
BA - Bahia
BDMG - Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais
BEN - Boletim Energético Nacional
BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CHESF - Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CIESP- Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
ELETRONORTE - Centrais Elétricas do Norte do Brasil
ELETROSUL - Eletrosul Centrais Elétricas S.A
ETE - Estação de Tratamento de Esgotos
FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FMI - Fundo Monetário Internacional
FUNASA - Fundação Nacional de Saúde
FURNAS - Furnas -Centrais Elétricas S.A
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas
MG - Minas Gerais
MIT- Massachusetts Institute of technology
MMA - Ministério do Meio Ambiente
OECD - Conselho da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
OMS - Organização Mundial de Saúde
PA - Pará
PE- Pernambuco
PORTOBRÁS - Empresa de Portos do Brasil S.A

PROCEL - Programa de Conservação de Energia Elétrica
RMSP - Região Metropolitana de São Paulo
SABESP - Companhia de Saneamento Básico de São Paulo
SRH - Superintendência de Recursos Hídricos
SUS- Sistema Único de Saúde
UHE - Usina Hidrelétrica
UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A capacidade de geração de energia elétrica no Brasil é 77% hidráulica, graças a existência de grandes bacias hidrográficas, rios caudalosos e permanentes que se espalham pelas regiões Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste, cujos regimes de chuvas são diferentes entre si.

Como o Brasil tem grandes reservatórios, a água é estocada dos períodos de maior pluviosidade para gerar energia nos períodos de menor afluência, o que possibilita a geração limpa e de baixo custo. Também, diversas barragens foram construídas em cascata em algumas bacias hidrográficas permitindo que a mesma gota d'água seja usada inúmeras vezes antes de ir para o oceano.

1.1 Aspectos históricos

Há mais de 50 anos, quando aconteceu a maior seca da nossa história, de 1951 a 1956, e se consolidou a necessidade de criação de uma infra-estrutura energética que garantisse a industrialização do Brasil, surgiu a decisão de se construir uma grande central hidrelétrica, denominada FURNAS, no rio Grande, em Minas Gerais. Este período, denominado de período crítico, consistiu-se de cinco anos de sucessivas e baixos índices pluviométricos em todo o país causando enormes transtornos e um grande racionamento. A capacidade instalada do país era de 3.500 MW, que não era suficiente para atender a política de desenvolvimento industrial. Na memória do setor energético o racionamento ainda era muito forte e o moderno sistema elétrico brasileiro, nascido ali, foi dimensionado para suportar ocorrências, como aquela, acumulando água suficiente para cinco anos de operação, mesmo sem chuvas, e a expansão do sistema elétrico passou a ser planejada de modo que a demanda prevista para os cinco anos seguintes permanecesse sempre igual à “energia firme”, isto é, a energia que pode ser gerada em regime de seca e também a taxa de risco tolerável no sistema foi fixada em 5%.

Foi criado um sistema interligado por linhas de transmissão, ajudados pelo regime de chuvas que difere de uma região para outra, permitindo que um operador central racionalizasse o uso das águas disponíveis em todo o país. Exatamente por isso, os reservatórios de diferentes bacias hidrográficas, que não têm nenhuma ligação entre si, funcionam como se fossem vasos comunicantes. Com isso, o sistema interligado brasileiro era considerado de altíssima confiabilidade.

Em 1962 foi criada a *holding* Eletrobrás, que estava cercada por grandes geradoras federais e distribuidoras estaduais e até pequenas empresas privadas. Estas empresas transformaram o Brasil no maior produtor mundial de hidroeletricidade. Até 2004, a capacidade instalada era de 68.999 MW., segundo o BEN(2005)

Nos anos 80, com a crise da dívida externa e a inflação, os governos começaram a utilizar a capacidade de endividamento das empresas públicas de energia elétrica para captar dólares necessários ao pagamento dos juros exigidos pelos credores externos. No início da década de 90, as dívidas das empresas elétricas atingiram a cifra de US\$50 bilhões e então começou o desmonte das mesmas. Era chegado o tempo das privatizações.

Para o FMI o investimento público gera déficit e como boa parte da geração continua estatal, o Brasil parou de investir na expansão do sistema energético para obter o superávit contábil. Os investidores estrangeiros preferiam seguir comprando as usinas prontas que o governo lhes oferecia e, contrariando as previsões governamentais, não promoveram novos investimentos, sobretudo pela desconfiança na política econômica nacional.

Sem investimentos em geração e transmissão, a capacidade do sistema estava se esgotando. As curvas de oferta e demanda prestes a se cruzarem. Calhou também que as chuvas diminuíssem a partir de 1999 e o nível dos reservatórios foi baixando rapidamente e em dezembro daquele ano as reservas hídricas do sistema chegaram ao ponto mais baixo da história com 18% do volume útil e o risco do sistema chegou a 50%. Os níveis dos reservatórios passaram a ser acompanhados diariamente. Nos dois primeiros meses de 2000 choveu muito, mas os reservatórios não recuperaram os níveis considerados seguros. Graças a essas chuvas fartas no ano de 2000 passou sem a crise energética, mas em 2001 choveu menos que a média e como o sistema vinha operando em situações quase precárias a crise apareceu novamente. Em abril de 2001, o governo anunciava que o país teria racionamento surpreendendo a população. Em junho do mesmo ano foi imposto à população um racionamento de 20%, mediante a concessão de benefícios para quem economizasse mais e penalidades para quem consumisse mais.

1.2 Generalidades

Segundo a Norma Brasileira 5460, apresentada no Dicionário Brasileiro de Eletricidade, o deplecionamento é o abaixamento do nível de água armazenado no reservatório durante um intervalo de tempo especificado e um reservatório é um lago artificial construído com a finalidade de acumular água, sempre primando pelos seus usos múltiplos,

podendo regularizar a vazão do curso de água, sendo esta destinada à geração de energia, contenção de cheia ou atender às variações da demanda dos usuários.

Além das mudanças ambientais que atingem a população local, destacam-se os impactos sociais do reservatório. Os mais importantes são:

- Redução da qualidade de vida da população ribeirinha;
- Valor da indenização paga aos trabalhadores rurais residentes na área alagada geralmente inferior ao preço real;
- Deslocamento compulsório da população para terras menos produtivas; trazendo o empobrecimento e êxodos rurais, aumentando periferia das grandes cidades, principalmente na região sudeste;
- Aumento das moscas; agentes transmissores de doenças, reduzindo a saúde da população e
- A destruição do patrimônio cultural que constituía a referência para a vida social.

Tecnicamente existe como minimizar estes impactos e realmente desenvolver a população ribeirinha. Tudo depende dos objetivos dos reservatórios, se o fim deste for o bem social, e não simplesmente o uso energético. O benefício social de um reservatório é obtido pelo uso múltiplos de suas águas. Usos múltiplos são planos de aproveitamento de recursos hídricos projetados e operados para atender dois ou mais propósitos. O uso integrado de água pode, de uma certa forma, caracterizar melhor o conceito de desenvolvimento sustentável, sendo mais próximo das necessidades das populações locais.

Na realidade o grande fator motivador da presença do Estado nesta atividade não é apenas a geração de eletricidade, mas, sobretudo a importância dos diversos aspectos da utilização dos recursos hídricos, como, por exemplo, o controle de cheias, irrigação, abastecimento público de água, navegação, recreação e o impacto direto no desenvolvimento integrado regional.

O papel das usinas hidrelétricas e de seus grandes reservatórios tem que estar bem definido e regulamentado. A compatibilização dos múltiplos objetivos citados, associados ao uso múltiplo da água, é tarefa complexa, pois os mesmos encerram características conflitantes. Como desde a implantação das grandes hidroelétricas o setor elétrico foi sempre estatal, o uso múltiplo dos reservatórios ocorria de maneira harmônica, com uma administração ponderada de todas essas questões decorrentes dos aspectos conflitantes do uso múltiplo da água. Este cenário somente mudou com a aprovação da lei 9.433/97.

Não há conflito pelo uso de água quando esta é abundante e de boa qualidade. Da água superficial, 97,5% é salgada. Portanto, a humanidade tem a sua disposição para uso direto apenas 2,5%. Contudo deste montante 69% estão nas geleiras e neves eternas, 30% são águas subterrâneas, 0,7% estão na atmosfera e apenas 0,3% permanecem nos rios, lagos e lagoas.

Os dados acima demonstram que apesar de vivermos em um planeta com abundância de água, a sua disponibilidade é extremamente frágil diante dos múltiplos usos requeridos, destacando-se o saneamento básico, irrigação, aquicultura, geração de energia, uso industrial, diluição e assimilação de poluentes, navegação e lazer. Em situação de eventos extremos (cheias ou secas), ocorrem conflitos que saem do âmbito regional para assumir dimensões nacionais e internacionais, requerendo que o assunto seja disciplinado de forma conceitual e legal.

A água foi considerada formalmente um bem econômico na Conferência Internacional sobre a Água e o Meio Ambiente, ocorrida em janeiro de 1992, em Dublin, Irlanda, bem como na Agenda 21. Considerando que a água é um bem mineral e que em certas condições da natureza, ela é um bem energético, a gestão desse bem comum, social e estratégico, indispensável à vida, deve ser tratada pelo governo e pela sociedade com a mais alta prioridade, sob o risco de se confrontarem com conflitos insuperáveis ou de grande custo social e econômico para sua solução. Necessita-se ter cuidados especiais com a água para que não haja escassez, pois ela é resultado de avidez no uso e de desequilíbrio permanente no ciclo hidrológico ou ainda pode resultar do excesso de poluição e contaminação que limita os usos múltiplos.

O maior problema, a ser considerado, para que não haja escassez de água, é reduzir o desperdício. Há enormes desperdícios no uso da água e as perdas no transporte que podem ser de até 40% em muitas áreas urbanas. Esse desperdício ocorre nos usos domésticos, na irrigação, nos usos industriais e em quase todas as atividades humanas que utilizam água para múltiplas finalidades.

1.3 Justificativa da Dissertação

O deplecionamento de um reservatório, além de diminuir a potência gerada, também prejudica os municípios em torno do seu reservatório. Esses sofrem impactos sociais e econômicos, ocasionando grandes prejuízos em todos os setores produtivos e elevando o índice de desemprego, uma vez que grande parte da mão de obra local depende da cota do reservatório em atividades, como turismo, irrigação, navegação e geração de energia. A arrecadação de impostos e o consumo de energia caem rapidamente, as “pequenas” empresas

entram em falência, os turistas se afastam reduzindo a taxa de ocupação dos hotéis, pousadas e hotéis fazenda.

Com o deplecionamento dos reservatórios ocorrido de 1999 a 2002 muitos municípios buscaram, em um primeiro momento, ressarcimento de suas perdas, que posteriormente, foram descartadas pela falta de metodologia de dimensionamento dos impactos. Também o Operador Nacional do Sistema - ONS, pouco sensível à questão social local, continuou operando os reservatórios baseado em um modelo virtual inconsistente, o que levou as empresas geradoras a amargar perdas de receitas pela redução na geração. O ONS adotou este comportamento por não saber dimensionar o impacto econômico dos demais usuários e não apresentou alternativa e se colocou-se na defensiva. Portanto, nesta dissertação é proposto um modelo de mensuração das perdas nas atividades produtivas que envolvem um reservatório de regularização.

1.4 Objetivo

O objetivo desta dissertação é desenvolver uma metodologia para dimensionar o impacto do deplecionamento em reservatórios de regularização de centrais hidrelétricas sobre as atividades sócio-econômicas na região de influência direta do reservatório.

Para o cálculo dos impactos sócio-econômicos elaborou-se equações que relacionam as perdas ou ganhos econômicos nas atividades direta e indiretamente dependentes de um reservatório com as cotas do mesmo. Ressalta-se que a proposta é a metodologia e que para sua efetiva implementação faz-se necessário que as informações requeridas sejam armazenadas pelos administradores públicos, fato pouco comum no Brasil.

1.5 Organização da Dissertação

Esta dissertação compreende cinco capítulos, incluindo este.

O segundo capítulo exhibe os impactos sócio-econômicos potenciais e conceitua os usos do solo e da água abordando os usos múltiplos da água discretizados em usos consuntivos e não-consuntivos.

No terceiro capítulo apresenta-se a elaboração da metodologia proposta que emprega um modelo teórico baseado em equações específicas para cada um dos usos múltiplos da água.

No capítulo quarto, apresenta-se o estudo de caso que é o reservatório da UHE Furnas, com a aplicação do modelo proposto. Neste capítulo utilizou-se dados de cota, volume útil e energia média unitária do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2002, incorporando na

análise o deplecionamento de 1999 a 2001. Para os outros estudos foi utilizada toda a série histórica de Furnas.

No quinto capítulo, são apresentados os resultados, conclusões além das recomendações e propostas de estudos futuros.

CAPÍTULO 2 - USOS DA ÁGUA DE RESERVATÓRIOS DE CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

A água é essencial à sociedade, desde o saneamento básico até o lazer, incluindo a grande maioria de seus processos produtivos. É um elemento renovável, porém finito, cuja disponibilidade para o uso é comprometido pelo uso intensivo, pelo crescimento populacional, pela poluição e por aspectos geográficos. Esta disponibilidade acarreta conflitos, ameaça a saúde dos usuários e qualidade de vida das gerações futuras.

O uso da água pode ser consuntivo e não consuntivo Lanna (1977). Os usos consuntivos geralmente resultam em perdas que correspondem à diferença entre o volume de água captado do corpo d'água e aquele devolvido ao final do uso. Além de consumidora de água, boa parte das atividades antrópicas é poluidora. A irrigação contamina a água com agrotóxicos e fertilizantes; a navegação lança óleos e combustíveis; os esgotos provocam poluição física, química e biológica; a geração de energia elétrica com grandes reservatórios, por sua vez, não é poluidora, mas eleva a taxa de evaporação da água, reduzindo a sua disponibilidade a jusante.

A água é um recurso natural que se renova através do ciclo hidrológico e vem se tornando um bem cada vez mais escasso e mais valioso, tanto na sua componente quantitativa quanto no seu aspecto qualitativo. Se medidas urgentes não forem tomadas, a escassez dos recursos hídricos pode criar conflitos irremediáveis pelo uso e comprometer o desenvolvimento sustentável de certas regiões.

Com a entrada no século XXI, cresce a preocupação mundial no que se refere ao déficit de água que tem afligido a terra. Diante deste alerta, o aproveitamento dos recursos hídricos assume uma nova abordagem onde não mais prevalecerão as construções de grandes obras hidráulicas, hoje sujeitas a restrições ambientais. Para atender às demandas crescentes de água faz-se necessário otimizar a operação dos aproveitamentos em busca de melhor eficiência dos diversos usos.

Atualmente a água já é considerada um recurso escasso e finito, embora seja o de menor preço entre todos os insumos de produção. Supõe-se que, a cada vinte anos, dobra a demanda de água necessária à satisfação das necessidades humanas. Na Europa, existem levantamentos e previsões de que no ano 2030 a oferta e demanda de água se equilibrará.

Segundo ANEEL/ANA (2001), a água é um elemento necessário para quase todas as atividades humanas, sendo, ainda, componente da paisagem e do meio ambiente. É um bem

precioso, de valor inestimável, que deve ser obtido a qualquer custo, conservado e protegido. Devido ao alto crescimento da demanda de água pela sociedade moderna, os usos múltiplos da água têm provocado o surgimento de conflitos que envolvem aspectos ambientais e operacionais, independentemente da finalidade principal do reservatório de centrais hidrelétricas. A Lei 9.433/97 estabelece como usos prioritários da água o abastecimento público e a dessedentação animal. Esta Lei deve ser aplicada em situação de conflito. Portanto, em caso de conflito entre os demais usos cabe uma mediação por parte dos órgãos gestores.

O planeta terra deveria ser conhecido como planeta água, uma vez que 75% de sua superfície é ocupada com água, uma quantidade estimada em 1,4 bilhões de metros cúbicos. O consumo de água está condicionado a uma série de fatores, como o clima, condições sócio-econômicas, custo da água e hábitos culturais. Em todos os países, existem desigualdades no consumo de água. Em algumas localidades do Brasil, principalmente no nordeste, existem populações sem acesso aos serviços de abastecimento, consumindo pouca água e de má qualidade, com sérias conseqüências para a saúde humana. Mesmo em metrópoles como Rio de Janeiro e São Paulo, os segmentos das populações mais pobres, são privados dos serviços de abastecimento e tratamento de água, necessários para assegurar um padrão de vida satisfatório aos seus habitantes.

A água é responsabilidade de todos e ao poder público e aos usuários dos recursos hídricos cabe zelar por sua integridade. A água é um recurso natural que, sabiamente utilizado, promove um benefício social e gera desenvolvimento econômico.

A melhor distribuição dos recursos hídricos é aquela em que tais recursos se situam na mesma distância de todos os setores interessados em seu uso. Nessa alocação, o predomínio dos recursos hídricos, em cada bacia ou região, só deve ser dado ao uso que permitir a extração dos maiores benefícios sociais líquidos, ao serem levados em consideração os objetivos conjuntos de todos os setores usuários. É verdade que conflitos pelo uso da água sempre existirão, mas também é preciso criar mecanismos eficientes para mitigá-los.

2.1 A Falta de Água no Brasil

Um reservatório só é solução quando é usado, sem conflitos, nos vários usos múltiplos da água. O Brasil não está livre de problemas como esse, por exemplo: O represamento do rio Paraná vem gerando conflitos diplomáticos com a Argentina. Na cidade de São Paulo, que “matou” sua principal fonte de água, o rio Tietê, três milhões de pessoas ficam sem água nos

períodos de estiagem. A cidade de Recife, conhecida como “a Veneza brasileira”, submete bairros da periferia a rodízios de água de até 48 horas.

Não existe o problema de falta de água só por quantidade, mas também por contaminação. Um bom exemplo acontece no reservatório Serra da Mesa, localizado na bacia do Alto Tocantins, em Goiás, mesmo sendo o maior reservatório do país em volume de água, existem relatórios que, segundo Kruehl (2004), informam que o lago está contaminado com mercúrio, muitas vezes acima do permitido pela OMS – Organização Mundial de Saúde. Além disso, o reservatório está contaminado com algas cianofíceas também conhecidas como cianobactérias em níveis insuportáveis o que compromete a saúde pública, na medida que os peixes também estão contaminados. Toda a cadeia biológica e alimentar está afetada, acredita-se de maneira irreversível. O pior que como é um lago a montante, o parecer técnico alerta para o comprometimento de toda a bacia hidrográfica do Tocantins.

Os brasileiros têm uma relação especial com esse recurso e parecem depender mais dele que outros povos. O motivo é óbvio: a abundância. Mesmo assim, algumas cidades já sofrem com racionamentos.

O Brasil, apesar da riqueza hídrica que abriga também sofre com o problema da escassez, principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste. São Paulo, por exemplo, sofre com a perda da qualidade das águas e dos rios Tietê, Tamanduateí e Pinheiros, que foram transformados em esgoto a céu aberto.

A contaminação dos recursos d'água, as longas estiagens, o esgotamento de reservas hídricas são indicadores de que o Brasil deve se preocupar com seus mananciais e, acima de tudo, disseminar a cultura do não desperdício. O país já foi informado por técnicos da área, artigos e reportagens que a cultura do desperdício levará o país a uma condição preocupante. Faltarão água nas torneiras se a população não tomar consciência. E a única maneira para frear a escassez, seja em quantidade ou qualidade de água, é a transformação de hábitos e costumes pessoais, e fazendo renascer a cultura do não desperdício através de ações de educação ambiental.

Um uso mais racional do recurso minimizaria o problema. No Brasil, a água potável é utilizada para os mais diversos fins, do consumo humano ao resfriamento de máquinas industriais. Ao invés da tradicional vassoura, o brasileiro limpa o chão com litros de água. A agricultura usa para a irrigação um volume grande e desnecessário, por inadequação da cultura ao solo, desperdício puro ou outras razões. Mais de 90% do esgoto produzido são jogados nos solos e rios sem qualquer tratamento.

A gratuidade da água está com seus dias contados. Em breve, deve ser adotado o princípio poluidor-pagador, segundo o qual cada um pagará uma taxa em função da poluição gerada. Além disso, prevê-se que a cobrança da água passe a ser individualizada, acompanhada de um significativo aumento das tarifas.

Em poucos anos, das 20 maiores cidades do mundo, 18 localizadas nos países pobres (duas delas no Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro), nenhuma delas terá água suficiente para atender a população. No Brasil, o potencial de recursos hídricos significa 53% da reserva da América do Sul e 12% do total mundial. São cerca de 5.604 quilômetros cúbicos/ano, considerando-se somente a contribuição do território brasileiro, e 7.906 se for levada em conta às contribuições de mananciais de outros países integrantes da bacia amazônica. O Brasil tem a maior bacia fluvial do mundo, porém as taxas de desperdício de água são assustadoras: estimadas em 40%. A abundância de água esconde a péssima gestão dos recursos. A enorme quantidade de água ainda disponível não se reverte em benefício da população. A região Norte, onde fica a maior reserva de água potável do País, é a que detém os piores índices de atendimento em serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. É, também, a que mais contamina os recursos hídricos, com grande quantidade de agrotóxicos, mercúrio (dos garimpos) e lixo bruto.

Em todo caso, o consenso é que estamos caminhando para um panorama de escassez cada vez maior. Fóruns mundiais têm sido organizados para discutir o problema e buscar saídas. Em alguns países, a dessalinização já é uma realidade; em outros, reutilização e reciclagem são as principais soluções.

Essas são apenas algumas das conseqüências da crise da água. Ela pode levar também a doenças como a hepatite A, cólera e disenteria, transmitidas pela água contaminada. A produção e o comércio mundial de grãos também podem ser prejudicados em função da falta de irrigação e do esgotamento dos aquíferos. No entanto, a situação pode ser revertida: basta tratar das reservas para que o caos não se instale de vez.

2.2 A Conservação da Água Como Solução à Escassez

Entende-se por conservação de água a adoção de técnicas e práticas que visam reduzir o volume de água captada mantendo-a o maior tempo possível dentro de uma determinada fronteira, que pode ser um prédio comercial, residencial ou uma planta industrial. Para tanto, a conservação se divide em racionalização do uso da água captada e no reuso do da água servida (Almeida et al, 2005).

A racionalização tem como objetivo garantir a manutenção das atividades produtivas com a mínima quantidade e qualidade de água possível. Ela se compõe de práticas, como eliminação de perdas involuntárias (manutenção); de desperdício (cultural e tecnológico) e de maus usos (incompatibilidade qualidade/uso).

O reuso tem como objetivo garantir o reaproveitamento de águas servidas de forma direta (sem tratamento) ou indireta (via tratamento), que pode se dar através de fechamento de circuitos ou não.

Agrega-se a estas práticas, a captação de água meteórica, ou azuis. Esta água cai dentro de uma determinada região delimitada por uma fronteira e, portanto, descartá-la para o corpo receptor é uma forma de desperdício.

Através do ciclo hidrológico a água se torna um recurso renovável. Quando reciclada através de sistemas naturais, é um recurso limpo e seguro, que é deteriorada a níveis diferentes de poluição. Entretanto, uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins diversos. A qualidade da água utilizada e o objetivo específico do reuso irão estabelecer os níveis de tratamento recomendados e os critérios de segurança a serem adotados. As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem das características, condições e fatores locais, como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

Segundo FIESP/CIESP (2002), a prática do reuso apresenta os seguintes benefícios:

- **Benefícios Ambientais:**
 - Redução do lançamento de efluentes industriais em cursos de água, possibilitando melhorar a qualidade das águas interiores, das regiões mais industrializadas;
 - Redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada.
 - Aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como abastecimento público, hospitalar, etc.

- **Benefícios Econômicos:**
 - Conformidade ambiental em relação a padrões e normas ambientais estabelecidos, possibilitando melhor inserção dos produtos brasileiros nos mercados internacionais;
 - Mudanças nos padrões de produção e consumo;
 - Redução dos custos de produção;
 - Aumento da competitividade do setor;

- Habilitação para receber incentivos e coeficientes redutores dos fatores da cobrança pelo uso da água.
- Benefícios Sociais:
 - Ampliação da oportunidade de negócios para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos, em toda a cadeia produtiva;
 - Ampliação na geração de empregos diretos e indiretos;
 - Melhoria do setor produtivo junto à sociedade, com reconhecimento de empresas socialmente responsáveis.

O potencial de reuso de efluentes urbanos é muito amplo e diversificado. Embora os usos que demandam água com qualidade elevada, requerem sistemas de tratamento e de controle avançados podendo levar a custos incompatíveis com os benefícios correspondentes. De uma maneira geral, esgotos tratados podem, no uso urbano, serem utilizados para fins potáveis e não potáveis.

Os chamados usos urbanos não potáveis têm uma demanda muito grande. Segundo Hespanhol (2004) o Aeroporto Internacional de Guarulhos tem hoje 2 terminais. Cada terminal recebe mais ou menos 7,0 milhões de passageiros/ano. O terminal 3, que está sendo projetado será para 16 milhões de passageiros/ano. Portanto a saturação de passageiros em Guarulhos será de 30 milhões de passageiros por ano. Como a água existente não é o suficiente, será feito um grande projeto de reuso no aeroporto para reutilizar toda a água que já foi servida. O aeroporto tem um sistema de reuso da água, um sistema biológico de tratamento. Essa água que sai do tratamento serve para irrigar áreas verdes sem contato com o público, ela já está com uma qualidade adequada, nem precisa tratar mais. Em seguida, vai para outra etapa de tratamento de esgoto e então a água serve para fazer lavagem de pátios e para lavagem de pista. Depois de clorada, ela pode ser usada para lavagem de aeronaves, irrigações de áreas verdes com contato com o público. Neste caso, o que pode influenciar o reservatório de onde a água é captada, e quanto mais se fizer reuso das águas servidas menos água será retirada do reservatório.

Um bom exemplo do reuso de água como solução para reduzir a captação e lançamentos nos reservatório é a Usina de Henry Borden, que permite desviar as águas do Rio Tietê, bombeando-as através do Rio Pinheiros, com o curso de suas águas invertido, até o Reservatório Billings. Entretanto, a crescente poluição das águas passou a impor, a partir da década de 80, restrições ambientais ao sistema de reversão, proibindo o bombeamento de águas poluídas para o reservatório Billings. Em 1992, foi emitida uma resolução conjunta, que

permite a operação de reversão apenas em situações emergenciais, entre as quais o controle das cheias do Rio Pinheiros. Assim, somente com a implantação de um eficiente sistema de tratamento das águas afluentes ao Rio Pinheiros, poderá permitir o retorno do bombeamento de maneira contínua, sem violar o referido dispositivo constitucional.

Não se pode pensar no Brasil, por enquanto, em fazer usos urbanos potáveis, porque a função inalienável de fazer o controle, que se chama segurança da água, é do Ministério da Saúde. Ele deveria ter um laboratório e ir até a rede e coletar amostras e fazer análises e isso não é feito. A Sabesp, por exemplo, possui um controle operacional, mas ela mesma faz o controle da qualidade de água. O problema da saúde pública não é enfocado pelo saneamento. Aliás, o saneamento brasileiro está com 50 anos de atraso e não tem um órgão regulador, ninguém sabe a qualidade da água que se bebe. Esse é um problema que não é técnico e sim institucional muito grave de proteção da saúde pública. No Chile, por exemplo, o controle é feito pelo Ministério da Saúde. Lá, alguns produtores começaram a produzir hortaliças com esgoto rude e o Ministério da Saúde passou o trator, destruiu centenas de hectares de plantas. Aqui não existe esse controle. A CETESB faz o controle da rede da SABESP, mas são a mesma entidade. O saneamento no Brasil não tem regulação. Fala-se em criar um órgão federal para ser regulador.

O alto custo da água industrial associada à demanda crescente tem levado as indústrias a avaliar as possibilidades internas de reuso e a considerar ofertas das companhias de saneamento para a compra de efluentes tratados, a preços inferiores aos da água potável dos sistemas públicos de abastecimento. Em algumas áreas da região metropolitana de São Paulo o custo da água posta à disposição da indústria está em torno de oito reais por metro cúbico, enquanto que a água de utilidades apresenta um custo marginal por metro cúbico pouco superior a quatro reais. Este custo varia, evidentemente, com as condições locais, tanto em termos dos níveis de tratamento adicionais necessários, como aqueles relativos aos sistemas de distribuição. A proximidade de estações de tratamento de esgotos às áreas de grande concentração industrial contribui para a viabilização de programas de reuso industrial, uma vez que permite adutoras e custos unitários de tratamento menores.

Em grandes reservatórios podem acontecer alguns problemas como a estratificação, que é a divisão da água em camadas e quanto maior a profundidade da água menos oxigênio e mais fria a água se torna e também a eutrofização, que é o processo pelo qual um corpo de água adquire altos níveis de nutrientes - fosfatos e nitratos, e provoca o acúmulo de matéria orgânica em decomposição. Esses processos podem causar o bloqueio à ação do sol, a floração de algas, plantas submersas e nesses casos os peixes morrem. Em decorrência disto

alguns usos múltiplos da água são prejudicados, como por exemplo: o abastecimento público, recreação e lazer.

Para o reuso da água para fins agrícolas, a atenção deve ser redobrada no tratamento da água a ser lançada novamente aos reservatórios por causa dos biosólidos, que se acumulam no fundo dos cursos de água, pois mesmo sendo tratada, essa água pode provocar uma série de doenças que podem ser transmitidas pelo reuso para fins agrícolas.

2.3 Uso do solo nas áreas lindeiras de reservatórios

A área alagada das bacias apresentadas abaixo totaliza quase 28.000 km² e abrange um total de 569 municípios. A bacia do Rio Paraná, conforme tabela 2.1, é a que tem o maior número de municípios lindeiros e com maior área alagada, cerca de 56% do total. A maioria dessas cidades usa as represas como pólo turístico e muitas cidades sobrevivem quase que exclusivamente da exploração turística dessas áreas.

Tabela 2.1 Municípios lindeiros das bacias		
Bacias	Municípios Lindeiros	Área Alagada km ²
Jacuí	27	287,1
Paraíba do Sul	41	408,7
Iguaçu	38	641,8
Paraná	406	15.537,3
São Francisco	39	6.507,0
Tocantins	18	4.281,9
Total	569	27.664,0

Fonte: Aneel(2001)

Um bom exemplo são os municípios do entorno do Lago da Usina Hidrelétrica de Itaipu, no extremo Oeste do Paraná, que estão construindo novas alternativas econômicas com um programa de turismo integrado, ou seja, abrangendo o reservatório e a área lindeira.

A cidade de Foz do Iguaçu já explora as suas belezas naturais e os outros 15 municípios estão estabelecendo programas de desenvolvimento urbano com viés turístico. Em Foz do Iguaçu o Programa “Caminhos do Turismo Integrado ao Lago de Itaipu” foi criado inicialmente com três roteiros temáticos. Outros roteiros, como o da pesca, estão sendo formatados e devem ser lançados em breve. Com este programa, a região lindeira começa a desenvolver uma atividade que até então era uma exclusividade de Foz do Iguaçu, um dos principais destinos do turismo nacional. Individualmente, nenhuma das 15 cidades – todas de pequeno porte e de características rurais - possui atrativos suficientes para atrair os turistas

que vão a Foz do Iguaçu. No entanto, juntas, e com roteiros temáticos consolidados, as cidades já estão conseguindo atrair visitantes e, por conseguinte, novos empreendedores, além de agências e operadoras de turismo.

No caso da agricultura no entorno dos reservatórios, um exemplo é o município de Marechal Rondon, onde foi lançado em 2002, o projeto “Agricultura orgânica nos municípios lindeiros do lago de Itaipu”. Atualmente, o Paraná é um dos estados brasileiros com o maior número de agricultores orgânicos, cerca de 4.000. A Região conta com 16 municípios que apresentam excelente potencial para desenvolvimento do sistema de agricultura orgânica, em fase de implantação. O objetivo do projeto é atingir já nos primeiros anos cerca de 255 famílias que têm interesse ou já produzem produtos orgânicos.

A implantação de matas ciliares às margens dos reservatórios das hidrelétricas e de seus tributários tem sido uma preocupação das empresas ligadas ao setor de geração de energia, com objetivo de minimizar a erosão e os impactos decorrentes das atividades antrópicas desenvolvidas a montante do reservatório.

Um aspecto fundamental para a implantação de reflorestamentos ciliares em reservatórios é a escolha das espécies adequadas. Deve-se considerar que as matas ciliares compreendem ambientes diferentes, sem influência das cheias, até as áreas de depleção, onde as plantas ficam parciais ou totalmente submersas durante o período de cheia dos reservatórios. Portanto, a seleção adequada das espécies torna-se o ponto principal para o sucesso do plantio.

As Áreas de Preservação Permanente de um Reservatório Artificial se constituem de uma faixa mínima de 30 metros de largura no entorno dos reservatórios artificiais situados em área urbanas consolidadas e 100 metros para áreas rurais, conforme resolução CONAMA 302/2002.

Essas áreas têm função ambiental de preservar os recursos hídricos, a biodiversidade, a estabilidade geológica, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações.

As áreas urbanas devem atender a alguns critérios que serão definidas pelo poder público legal, como a existência de no mínimo quatro itens de infra-estrutura urbana: malha viária com canalização de águas pluviais, esgoto; rede de abastecimento de água; distribuição de energia elétrica e iluminação pública; recolhimento e tratamento do lixo urbano e densidade demográfica superior a 5.000 hab./km².

A ocupação do solo no entorno de uma represa depende das leis que cada município estabelece para seus habitantes.

A área de influência de um reservatório depende da sua localização. Se for, por exemplo, no nordeste, onde a região é árida ou semi-árida, a área de influência é bastante grande, pois as pessoas, os municípios, as fazendas necessitam da água e vão buscar até a 60 ou 80 km de distância. Se esse mesmo reservatório for em regiões, como a região sul ou sudeste, a área de influência é bem menor.

Um reservatório tem influências diretas e indiretas sobre a região em que se encontra. A influência direta é tudo o que reservatório influencia diretamente, como nos municípios lindeiros, que são os municípios que se situam ao redor do reservatório, a agricultura irrigada, por exemplo, a batata e o feijão de entressafra, a pecuária quando o gado vai se abastecer de água no reservatório, o consumo humano quando a empresa que trata da água capta a mesmo no reservatório.

No caso das influências indiretas é tudo o que o reservatório influencia indiretamente, isto é, que não depende diretamente do reservatório para seu crescimento ou decréscimo, mas que a existência do reservatório evidencia seu uso, como por exemplo, uma cidade que fica próxima ao reservatório e não tem área alagada pelo mesmo. A estrada que vai para uma cidade a beira do reservatório pode passar por esta cidade; uma pessoa que sai desse mesmo município e vai fazer um passeio numa das cidades lindeiras faz com que esta pessoa gaste dinheiro com o turismo do outro município. Outro bom exemplo é quando a agricultura de uma cidade próxima ou mesmo afastada do reservatório produz determinado produto que pode ser vendido nos municípios lindeiros. Por causa da proximidade de um reservatório a fauna e flora de uma região pode ser alterada num primeiro momento e depois se adapta a uma nova realidade e se desenvolve baseada nessa realidade. Muitas regiões que foram inundadas por águas de um reservatório perderam culturas que eram praticadas há dezenas de ano, como por exemplo, o arroz plantado nas várzeas dos rios.

No caso do comércio, uma influência tanto direta quanto indireta, pode mudar bastante o cenário econômico de uma região, pois agrega uma série de atividades que vão gerar empregos e rendas. Uma destas atividades é a construção de eclusas, que podem propiciar navegação por áreas maiores, praias artificiais, praias naturais, praias ecológicas, que propiciam além do turismo clássico de lazer e cultura, o turismo fluvial e o agroturismo. O mais importante é que enquanto permanecer o turismo haverá atividades que geram empregos e rendas.

Mesmo nas influências diretas ou indiretas a qualidade da água pode afetar bastante o comércio e o turismo de uma região. Para que o turismo e o lazer se desenvolvam bem em municípios lindeiros, um determinado padrão de qualidade da água tem que ser mantido.

Ninguém gosta de pescar ou praticar esportes náuticos em águas poluídas. Estas atividades tornam mais necessários os estudos que detectam os problemas, de modo a alertar a população sobre os possíveis riscos presentes no ambiente, os quais podem refletir sobre a saúde humana quando em contato com o ambiente contaminado, além de aumentar o banco de dados para melhor gerenciamento de tais recursos.

2.4 Os Usos Múltiplos da Água

Como a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, significa que o usuário deve pagar para utilizá-la. A Lei 9.433/97 incorpora à ordem jurídica novos conceitos, como o de bacia hidrográfica considerada como unidade de planejamento e gestão; da água como bem econômico passível de ter a sua utilização cobrada; a gestão das águas delegada aos comitês e aos conselhos de recursos hídricos com a participação da União, dos Estados, Municípios, usuários e da sociedade civil. Sua origem encontra-se na Carta Européia da Água, de 1968, que mencionou o valor econômico da água, embora não tenha abordado a cobrança. Além disso, o Conselho da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico-OECD, de 1972, definiu a necessidade de cobrar pelo uso da água, o que se repetiu na Declaração de Dublin, de 1992, e na Declaração do Rio de Janeiro, também de 1992.

Segundo Fabrizy e Castro(1995), o caráter público da água já estava preconizado no Artigo 36, do Código de Água de 1934, onde consta que: "É permitido a todos usar de quaisquer águas públicas conformando-se com os regulamentos administrativos". Baseando-se neste princípio, o gerenciamento dos recursos hídricos tem se utilizado da implantação de reservatórios como uma importante ferramenta para o atendimento dos usos múltiplos das águas e satisfação das necessidades humanas. Esse princípio se mantém até hoje e está presente na Lei 9.433/97. Esse caráter público gera usos conflitantes dos reservatórios, como, por exemplo, o abastecimento de água, a irrigação, a recreação, a vazão ecológica, a navegação e a geração de energia hidrelétrica, onde os benefícios se maximizam com o armazenamento de volumes d'água, que garantem vazões e/ou níveis exigidos pelos usos, e o controle de cheias, que se beneficia com a criação de volumes de espera. Estes conflitos seriam de menor importância se o uso do recurso hídrico fosse mínimo, mas quando ele aproxima-se do máximo, como no caso da geração de energia hidrelétrica, os conflitos de uso podem adquirir grandes proporções. Como exemplo, pode-se citar o controle de cheias. Quando as centrais hidrelétricas são projetadas não existe uma ocupação das planícies de inundação e os estudos de enchentes visam apenas a proteção da barragem. Porém, com a

implantação dos reservatórios hidrelétricos há o amortecimento de pequenas cheias, de maior frequência, o que proporciona uma falsa sensação de segurança para as populações a jusante. Além disso, este tipo de empreendimento traz um maior desenvolvimento econômico para região que, aliado à falta de uma política de planejamento de urbanização, resulta numa maior ocupação sócio-econômica da planície de inundação e conseqüentemente em maiores impactos.

Segundo Lopes et al (2001), a utilização de um reservatório de usina hidrelétrica para fins múltiplos pode afetar a operação do mesmo e, conseqüentemente sua energia e potência asseguradas através da imposição de restrições aos níveis de água máximo e mínimo, afetando, com isso, a potência capaz de ser gerada, o rendimento das unidades geradoras e o volume útil do reservatório disponível para o armazenamento de água a ser turbinada nos momentos mais apropriados, bem como as restrições quanto à vazão vertida máxima, ou vazão defluente mínima.

Ainda segundo Lopes et al (2001) a retirada a montante de água para outros usos pode diminuir, também, a vazão afluente aos reservatórios hidrelétricos reduzindo a energia assegurada pelos mesmos. A necessidade de manutenção de uma vazão remanescente no trecho ensecado do rio, entre a barragem e a restituição, no caso das usinas em que a casa de força não se localiza junto à barragem, também provoca uma redução na vazão turbinada.

Notoriamente para se iniciar a construção de uma central hidrelétrica é necessária a obtenção da licença ambiental, na qual diversas ações mitigadoras devem ser contempladas. Em todos os aproveitamentos de energia hidráulica deverão satisfazer as exigências acauteladoras dos interesses gerais, conforme o Código de Águas, em seu artigo 143.

Por isso, a partir de 1977, após grandes enchentes na bacia do rio Grande, que causaram muitos prejuízos às comunidades, inclusive o rompimento das barragens de Euclides da Cunha e Limoeiro, o Planejamento da Operação dos Sistemas Elétricos Interligados passou a planejar o controle de cheias. Devido a estas novas vazões de restrição de jusante, o setor elétrico passou a planejar a operação de reservatórios com a alocação de volume de espera para o controle de cheias.

2.4.1 Usos Consuntivos

Enquadram-se no uso consuntivo as atividades que devolvem uma quantidade menor do que a que foi captada do corpo receptor. Os principais usos consuntivos são o consumo humano e animal; industrial e para irrigação.

A seguir se fará uma análise de cada um destes usos.

2.4.1.1 Consumo Humano e Dessedentação de Animais

Em trabalhos realizados por instituições de pesquisa, serviços de extensão rural e entidades de crédito, tem havido um consenso sobre o consumo de água para dessedentação dos rebanhos da ordem de 50 litros por cabeça/dia para bovinos, 40 litros/dia para eqüinos, muares e 20 litros/dia para suínos, 7 litros/dia para ovinos e caprinos e 60 litros/dia para Bubalinos.(Manual –ANA/ 2005)

Regiões	Bovino (x1000)	Cons m³/d	Suíno (x1000)	Cons m³/d	Ovinos (x1000)	Cons m³/d	Caprinos (x1000)	Cons m³/d	Bubalinos (x1000)	Cons m³/d
Norte	33.930	1.696,5	2.163	43,3	408	2,9	140	0,98	722	43,3
Nordeste	24.992	1.249,6	7.051	141,0	8.233	57,6	8.906	62,34	106	6,4
Sul	38.711	1.935,6	5.591	111,8	493	3,5	226	1,58	104	6,2
Sudeste	28.030	1.401,5	13.942	278,8	4.622	32,4	206	1,44	151	9,1
Centro-oeste	69.885	3.494,3	3.558	71,2	800	5,6	104	0,73	65	3,9
Brasil	195.548	9.777,4	32.305	646,1	14.556	101,9	9.582	67,07	1.148	68,9

Fonte: Min Agricultura apud IBGE

Pode-se verificar que o consumo total de água para estes rebanhos, em 2003, foi de aproximadamente 10.600 m³/dia, sendo o maior consumo localizado na região centro-oeste.

O consumo da população depende da sua localização, se urbana ou rural, e de acordo com o poder aquisitivo da população. Desta forma, mesmo que a população tenda a uma estabilização haverá aumento da demanda pela melhoria do nível econômico e social.

Regiões	Pop.Urbana (x1000)	l/d (x1000)	Pop. Rural (x1000)	l/d (x1000)	Total Pop. (x1000)	l/d (x1000)
Norte	9014,4	1802,9	3886,3	272,0	12900,7	2.075
Nordeste	32974,4	6594,9	14766,3	1033,6	47740,7	7.629
Sul	20322,0	4064,4	4785,6	335,0	25107,6	4.399
Sudeste	65549,2	13109,8	6863,2	480,4	72412,4	13.590
Centro-Oeste	10093,0	2018,6	1543,8	108,1	11636,7	2.127
Brasil	137953,0	27590,6	31845,2	2229,2	169798,2	29.820

Fonte: IBGE-Censo 2000

No Brasil, o consumo humano representa cerca de 20% (sem contar as perdas nos reservatórios e na distribuição que é cerca de 40%), tendo como média por habitante o

consumo de 200 litros/dia em cidades e 70 litros /dia por habitante do meio rural. Da água que entra numa residência 80% sai na forma de esgoto e cerca de 10% são perdidas em vazamentos.

Pode-se verificar que o consumo total de água para a população total em 2000 foi de aproximadamente 29.820.000 l/dia, sendo o maior consumo localizado na região Sudeste.

A região metropolitana de São Paulo- RMSP é abastecida com água tratada por meio de oito estações de tratamento de água da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo-SABESP. As estações de tratamento de água estão instaladas nos municípios vizinhos da Cidade de São Paulo e produzem cerca de 64 m³/s para atender uma população de cerca de 17,4 milhões de habitantes, resultando em uma oferta per capita diária de 316 litros. Se considerar que 40% é perdida, o consumo per capita médio é 188 l/d.

Segundo Ginez et al (2001), o crescimento populacional na RMSP se iniciou por volta de 1850. Nesta época, havia cerca de 500 mil habitantes e o consumo era de apenas 250 l/s.

A grande São Paulo é hoje um exemplo de escassez hídrica e da conseqüente vulnerabilidade do abastecimento público de água. Nesta região são utilizadas águas que vêm de outras bacias hidrográficas, como, por exemplo, da bacia do rio Piracicaba.

No Plano Diretor de Águas da Região Metropolitana de São Paulo-RMSP não há aproveitamento da água desses rios para abastecimento público. Através do Plano Diretor de Esgotos foi implementado o programa de obras que se chama Projeto Tietê e está sendo feito desde 1992. Já foi investido 1 bilhão e 100 milhões de reais e serão investidos mais 400 milhões de dólares, visando o tratamento de esgoto.

Existe, também, captação de águas do Sistema Cantareira, que atende a quase 50% da Região Metropolitana tendo um peso enorme no abastecimento de água da Grande São Paulo. Outros sistemas de armazenamento são o de Guarapiranga e Billings, cujas às águas sofrem uma agressão muito grande devido à ocupação indiscriminada nas áreas de mananciais.

De acordo com Andrigueti (2004) a situação de abastecimento da Grande São Paulo é tão grave que por motivo de poluição, as águas do rio Pinheiros não podem ser bombeadas para a Represa Billings, o que pode ser resolvido com o projeto de flotação de suas águas, posição contestada por outros pesquisadores.

Atualmente há outro projeto para trazer 30 m³/s a água da região do Baixo Tietê, o que pode ter conseqüências negativa, uma vez que irá gerar 24 m³/s de esgoto que deverão ser tratados antes do descarte.

Segundo Hespanhol (2004) se o avanço tecnológico é fundamental para melhorar a conservação da água das residências, a vontade política e as mudanças culturais em toda a

população também são consideradas questões chaves. Com a conservação, acredita-se que a situação crítica da água em São Paulo poderia ser postergada em pelo menos dez anos.

2.4.1.2 Consumo Industrial

Os efeitos do uso industrial sobre as águas, quase que na sua totalidade, são bastante poluidoras. Provocam poluições biológicas, químicas e físicas.

A demanda de água pela indústria depende de aspectos tecnológicos e das perdas de cada setor. Há indústrias altamente consumidoras e outras de baixa demanda, que podem ser abastecidas pela rede pública ou por poços profundos.

Os usos industriais da água devem ser observados com atenção, uma vez que há processos nos quais a água é agregada ao produto, como, por exemplo, as indústrias de bebidas, que devem respeitar os padrões de potabilidade.

Segundo Garagnani(1999) de maneira geral, pode-se dizer que a água encontra as seguintes aplicações na indústria

- Consumo Humano: utilizada para beber, higiene corporal e preparação de alimentos;
- Matéria Prima: a água pode ser incorporada ao produto, permanecendo na composição do produto final ou apenas para viabilizar a sua produção, ficando incorporado apenas nos produtos intermediários;
- Uso como Fluido Auxiliar: a água pode ser utilizada para a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículo, ou ainda, para as operações de lavagem;
- Uso para Geração de Energia: A água pode ser utilizada para veículo de conversão de energia cinética, potencial ou térmica em energia mecânica;
- Uso como fluido de aquecimento e/ou resfriamento: a água é utilizada para remover ou transferir calor para misturas reativas ou outros dispositivos que necessitem de resfriamento ou aquecimento;
- Outros Usos: Utilização de água para combate a incêndio, rega de áreas verdes, diluição, concentração, etc.

De acordo, com a FIESP/CIESP (2002), um dos grandes benefícios dos indicadores de consumo de água para a indústria é a possibilidade de se avaliar sua eficiência quanto ao uso de água, possibilitando a melhoria dos processos que utilizam água, minimizando os impactos gerados, seja pelo aspecto qualitativo ou quantitativo. Além disso, através dos indicadores há a possibilidade de uma troca de dados entre indústrias de mesmo segmento, bem como das indústrias nacionais com as internacionais.

A quantidade de água necessária para o atendimento das diversas atividades industriais é influenciada por vários fatores como o ramo de atividade, capacidade de produção, condições climáticas da região, disponibilidade de água, método de produção, estado de conservação das instalações, prática operacional, cultura local, inovação tecnológica, investimentos em pesquisas, etc.

Na tabela 2.4 são apresentados o consumo específico de água de alguns segmentos hidrointensivos do Brasil. Ressalta-se que em razão de avanços tecnológicos e da crescente preocupação com o meio ambiente, o consumo de água nestes segmentos foi sendo reduzido ao longo dos últimos anos. Acredita-se que a medida que as legislação ambiental for sendo cumpridas e se tornarem mais restritivas novas tecnologias irão surgir ou se viabilizar, promovendo a redução do consumo de água.

Tabela 2.4 - Consumo específico na indústria brasileira	
Tipo de Indústria	Consumo
Laminação de Aços	85m ³ /t de aço
Refinação do Petróleo	290m ³ /b refinado
Indústria Têxtil	1000 m ³ /t de tecido
Couros-Curtumes	55 m ³ /t de couro
Indústria de Papel e Celulose	250 m ³ /t de papel
Saboarias	2 m ³ /t de sabão
Usinas de Açúcar	75 m ³ /t de açúcar
Fábricas de Conservas	20 m ³ /t de conserva
Laticínios	2 m ³ /t do produto
Cervejaria	20 m ³ /m ³ de cerveja
Lavanderia	10 m ³ /t de roupa
Matadouros	3 m ³ /animal abatido

Fonte: (Barth,1987)

Comparando dados, observamos que o consumo específico nos países de clima frio é menor que no Brasil. Isto se deve ao fato que no Brasil as taxas de evaporação são maiores, podendo haver diferença de tipos de processo e de tecnologia. Além disso, devido à abundância de recursos hídricos no Brasil criou-se uma cultura de desperdício que mereceu atenção a partir da promulgação da Lei 9.433/97.

Na tabela a seguir apresenta-se os consumo específico de alguns países

Tabela 2.5 - Consumo específico na indústria internacional		
Tipo de Indústria	País	Consumo
Laminação de Aços	França	30 m ³ /t de aço
Refinação do Petróleo	China	30,5 m ³ /t de petróleo cru
	Suécia	10 m ³ /t de petróleo cru
Indústria Têxtil	Finlândia	10 m ³ /t de tecido
Couros-Curtumes	África do Sul	50,1 m ³ /t de couro
	Finlândia	50 a 125 m ³ /t de couro
Indústria de Papel e Celulose	China	190 m ³ /t de papel
	Canadá	165 a 200 m ³ /t de papel
	Suécia	200 m ³ /t de papel
Usinas de Açúcar	China	15 m ³ /t de cana de açúcar
Laticínios	Canadá	12,2 m ³ /t de produto
Cervejaria	Israel	13,5 m ³ /m ³ do produto
	Reino Unido	6 a 10 m ³ /m ³ do produto
	Estados Unidos	15,2 m ³ /m ³ do produto
Lavanderia	Chipre	45 m ³ /t de roupa
	Finlândia	20 m ³ /t de roupa
	Suécia	40 m ³ /t de roupa

Fonte: Van Der Leeden; Troise and Toddd, 1990.

Medidas de conservação têm sido adotadas para reduzir o consumo de água na indústria, ou sejam, medidas de racionalização e reuso de água. Para tanto é necessário o desenvolvimento de um diagnóstico hídrico para fins de gerenciamento. Sabe-se que geralmente há grande consumo de água para lavagem e para resfriamento em indústrias, como papel e celulose, refinação de petróleo e siderurgia.

2.4.1.3 Irrigação

A migração da população do campo para a cidade, a industrialização e o aumento da população reclamou maior produção de alimentos, que veio encontrar na agricultura irrigada o canal apropriado para satisfazer a esse incremento de demanda. Esta prática, não só complementa as necessidades hídricas das regiões úmidas, como torna produtiva as áreas áridas e semi-áridas do globo, que constituem cerca de 55% de sua área continental total. Atualmente, mais de 50% da população mundial depende de produtos irrigados. No Brasil, a área total de solos aptos à irrigação é estimada em 29,6 milhões de hectares, o que representa aproximadamente 3,5% da área total do território nacional.

A intensificação da prática da irrigação configura uma opção estratégica de grande alcance para aumentar a oferta de produtos destinados ao mercado interno, consolidar a afirmação comercial do Brasil num mercado internacional altamente competitivo e melhorar os níveis de produção, produtividade, renda e emprego no meio rural e nos setores urbano-industriais que se vinculem, direta ou indiretamente, ao complexo de atividades da agricultura irrigada.

A irrigação é ainda exigente em termos de quantidade da água e, nos casos de grandes projetos, implica em obras de regularização de vazões, ou sejam, barragens que interferem no regime fluvial dos cursos de água e têm efeitos sobre o meio ambiente.

Por consumir grandes volumes de água, a irrigação, pode ser responsabilizada por problemas de escassez. Entretanto, os benefícios da agricultura irrigada são imprescindíveis em estratégias de desenvolvimento econômico e social, tais como: geração de empregos e renda, sustentabilidade econômica e ambiental, combate à fome e desigualdade social.

De acordo com Pozzebon et al (2001), estudos indicam que cada hectare irrigado no semi-árido brasileiro proporciona a geração de 0,7 a 5,0 empregos, conforme a cultura. Esses dados demonstram que a agricultura irrigada possibilita mais emprego de mão de obra não especializada que outros setores da economia. A agricultura é o mais representativo uso consuntivo de água, sendo responsável, em média, por 70% do consumo mundial de água. No Brasil, estimativas indicam que esse percentual é de mais ou menos de 61%.

Ainda segundo Pozzebon (2001), a área irrigada no Brasil passou de 6.400 ha, em 1950, para 3.149.000 ha, em 2001 e é um dos países em que a agricultura irrigada é proporcionalmente menos utilizada, já que, dos mais 220 milhões de hectares ocupados pela agricultura e pecuária, apenas algo em torno de 1,4%, ou seja, 3,0 milhões de hectares, são irrigados, o que representa um potencial muito grande de crescimento para os próximos anos. Esse avanço da agricultura irrigada, com certeza, poderá condicionar uma pressão significativa sobre os recursos hídricos, requerendo os devidos cuidados na gestão da água.

Segundo Gonzaga Neto (1989), na irrigação, parte da água utilizada para este fim não retorna diretamente ao seu curso original, havendo redução efetiva da disponibilidade do manancial, além disso, essa água tem qualidade inferior à que foi captada. As perdas são estimadas em 45%, em consequência do uso de métodos pouco eficientes de manejo. Com as novas tecnologias existentes pode-se reduzir de 30 a 70% o consumo de água e ainda diminuir as perdas.

No Brasil, 90 % da água consumida na agricultura é usada apenas para irrigação. A previsão até 2010 é que 50% de toda a água do Estado de São Paulo seja destinada para a

irrigação. Hoje, o Brasil tem 50 milhões de hectares cultivados, mas apenas 3% desse total são irrigados. Observa-se que a água consumida por um hectare seria suficiente para abastecer de 20 e 30 pessoas durante um ano, segundo Demetrius (2000).

O potencial para o reuso nesse setor é enorme. A água servida de outros setores pode ser tratada e usada na irrigação, desde que obedeça a resolução CONAMA 357/2005. Dependendo da qualidade da água tratada, ela pode até ser usada em irrigação de hortaliças. Segundo Hespanhol (2004), um grande exemplo deste tipo de reuso está no Vale do Mesquital, uma área seca a 100 quilômetros da Cidade do México, onde a renda per capita há 100 anos era praticamente zero. Hoje está acima de US\$ 2.000 por causa da agricultura irrigada com 80 m³/s da água tratada do esgoto da cidade do México para irrigar uma área de 600 mil hectares.

O uso de água de reservatórios de centrais hidrelétricas pela agricultura irrigada é competitivo com a geração de energia elétrica e se dá em três trechos da bacia hidrográfica na qual a central se localiza: À montante e no reservatório, a captação de água compromete diretamente a geração na proporção da vazão captada. À jusante do barramento, a irrigação obriga o turbinamento para manutenção de uma vazão mínima que garanta a irrigação, ou seja, em períodos de baixa hidraulicidade a central deve garantir uma vazão maior que a remanescente, mesmo que isto afete a cota do reservatório. Com isto, embora a central gere mais energia nos períodos críticos ela perde capacidade de geração pelo deplecionamento do reservatório.

Um bom exemplo sobre irrigação são os projetos da CHESF na barragem de Sobradinho, segundo o próprio site da empresa, deste reservatório, que além de gerar energia, deriva um canal de irrigação que abastece milhares de hectares de terra de Minas até Pernambuco, com uma tomada de água com capacidade de até 25 m³/s para alimentação dos projetos de irrigação da região. Segundo a Cia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba-CODEVASF, um dos projetos de irrigação mais importantes do Rio São Francisco é o Pontal/Sobradinho. Este projeto abrange 27.930 ha ocupados por culturas de abóbora, banana, batata doce, cebola, cenoura, coco, feijão, inhame, limão, mamão, manga, melancia, pimentão, tomate e uva. Os métodos de irrigação empregados são: aspersão convencional e micro aspersão. A relação benefício/custo é de 1,44.

O manejo racional da irrigação é fator imprescindível a racionalização do uso da água na agricultura e produz estudos que considerem os aspectos sociais, econômicos, técnicos e ecológicos da região. Esforços devem ser empreendidos no sentido de obter dados confiáveis

que permitam quantificar com precisão a magnitude do impacto ambiental ocasionado pela irrigação, de modo a ser considerado na implementação e manejo dos projetos.

Os principais impactos ambientais possíveis devido ao uso da irrigação são: modificação do meio ambiente, consumo exagerado de água, contaminação dos recursos hídricos, salinização do solo e problemas de saúde pública.

Ainda segundo o site da Chesf, atualmente, a agricultura depende de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida, sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais. Esta condição crítica é fundamentada no fato de que o aumento da produção, não pode mais ser efetuada através da mera expansão de terra cultivada. Com poucas exceções, tais como áreas significativas do Nordeste brasileiro que estão sendo recuperadas para uso agrícola, a terra arável, em nível mundial, se aproxima muito rapidamente de seus limites de expansão. Por todos estes fatores, a agricultura necessita, em grande parte do país, de ser irrigada .

O desperdício na agricultura é elevado, sendo muito utilizado o processo de irrigação por inundação, que é um dos mais hidroatensivos, conforme tabela 2.6. Existem vários sistemas de irrigação que podem diminuir bastante as perdas, como apresentados a seguir.

- **Aspersão**

Este método consiste em jatos pressurizados de água no ar, que caem sobre a cultura na forma de chuva artificial, prevê ainda a condução em tubulações pressurizadas e aplicação no solo sob forma de gotas, por aspersores. A pressão é mantida por bombas ou por reservatório em cotas elevadas. O sistema aspersor pode ser fixo ou móvel. Este sistema é o de custo mais elevado por necessitar de bombas, tubulações, aspersores e mão-de-obra qualificada.

O sistema mais conhecido é o pivô central, que consiste fundamentalmente de uma tubulação metálica, onde são instalados os aspersores, que gira continuamente ao redor de uma estrutura fixa. Os aspersores, que são abastecidos pela tubulação metálica, dão origem a uma irrigação uniformemente distribuída sobre uma grande superfície circular. Segundo Bernardo (1995) o comprimento do raio do pivô pode variar de 200 a 800m, sendo muito comum comprimento variando entre 400 e 600m. A área irrigada por unidade de comprimento aumenta com o incremento do comprimento e por isso, o custo do sistema por hectare decresce com o aumento do raio do pivô.

A irrigação por pivô central é, geralmente, mais usada em terrenos de encosta, terraços e nos platôs mais elevados. A aspersão tradicional é mais usada em terrenos com declividade mais acentuada e superfície menos uniforme. Em grandes projetos de irrigação, em que a água

é distribuída por rotação entre os proprietários, ou seja, maiores vazões por determinado tempo para cada proprietário, os métodos de irrigação por superfície adapta-se muito bem para quase todos os tipos de cultura.

O vento, a umidade relativa do ar e a temperatura são os principais fatores climáticos que afetam o uso de aspersores, afetando a uniformidade de distribuição da água e, juntamente com a temperatura e a umidade relativa do ar, afeta a perda de água por evaporação. Deste modo, nas regiões sujeitas a ventos constantes e fortes, a baixa umidade relativa do ar e temperaturas elevadas, deve-se recomendar irrigação por gotejamento ou por superfície.

As vantagens da irrigação por aspersão são: não ser exigente quanto à qualidade da água, permite controlar salinidade do solo, pode ser feita durante a noite, facilidade de adaptação a diversas condições de solos, cultura e topografia e pode ser totalmente automatizado e/ou pode ser transportado para qualquer lugar. As desvantagens deste tipo de irrigação são: custo inicial elevado, o vento atrapalha a distribuição da água, facilita a proliferação e desenvolvimento das ervas daninhas, compactas o solo, e possuem gastos com combustível ou energia elétrica para o bombeamento da água.

- **Gotejamento ou localizada**

Consiste na disposição de tubos com pequenos diâmetros, normalmente menores que 25 mm, com furos, ou dispositivos que permitem o gotejamento uniforme, em toda sua extensão.

A irrigação por gotejamento, também chamada de irrigação localizada, é utilizada para vários cultivos, com excelentes resultados de economia de água e energia, aliados a um substancial aumento na produtividade. A cafeicultura no Brasil vem utilizando a irrigação por gotejamento desde os anos 90, principalmente no cerrado mineiro, somando atualmente mais de 30 mil hectares. A obtenção de melhores resultados está levando à introdução desse sistema também no estado de São Paulo e no sul de Minas Gerais, regiões nas quais o índice pluviométrico é alto. No Estado de São Paulo, o principal mercado do gotejamento é a citricultura. O sistema de irrigação localizada está sendo aplicado também no cultivo da cana-de-açúcar, uma cultura que ocupa atualmente mais de 18 milhões de hectares plantados nas mais diversas regiões sob condições climáticas variadas.

Países como Austrália, África do Sul, México e o estado do Havaí cultivam cana-de-açúcar em regimes intensivos e já utilizam irrigação há décadas. Um bom exemplo de irrigação por gotejamento é Israel, que é um país onde a agricultura é o resultado de um longo e árduo combate contra condições adversas, para aproveitar ao máximo a água e os solos

férteis. Com mais de 50% de seu território composto por terras áridas e semi-áridas, o país conseguiu desenvolver uma das agriculturas mais sofisticadas e produtivas do mundo graças à estreita cooperação entre os institutos de pesquisa, os agricultores, a indústria e o governo. Atualmente, cerca de 50% do total das terras agrícolas israelenses contam com sistemas de irrigação.

Uma das principais inovações na tecnologia agrícola israelense surgiu em meados dos anos 60 no setor de irrigação, com o lançamento dos sistemas por gotejamento. Pioneiro nesta área, Israel tornou-se também líder mundial e fornecedor do setor. Segundo dados da Câmara Brasil-Israel de Comércio e Indústria, se comparado com pouco mais de 50 anos atrás, o volume da produção agrícola israelense aumentou 12 vezes; atualmente, apenas 3% da população trabalham na terra ao invés de 17,5%. Neste mesmo período, o rendimento da produção agrícola para cada mil litros de água aumentou de meio dólar para US\$ 3,00. Os sistemas computadorizados de irrigação por gotejamento, que podem ser usados também para fertilizantes e que deram origem à técnica de fertirrigação, otimizam o uso da água. Apesar de todos os êxitos, a agricultura israelense ainda enfrentará grandes desafios no futuro. Segundo um estudo realizado pelo Ministério de Agricultura, em meados de 2020 a população local terá crescido 42%, chegando a 8,5 milhões de habitantes, fato que elevará a demanda por produtos agrícolas. Haverá também um aumento significativo da ocupação da terra e da água, exigindo uma redução de cerca de 50% do volume de água disponível para a agricultura – atualmente são cerca de 700 milhões de metros cúbicos por ano e de 18% menos do solo para a agricultura. Segundo Gonzaga Neto (1989) em Israel toda a água residual (esgoto) é reaproveitada na irrigação (via processo de decantação).

Segundo Bernardo (1995), as principais vantagens deste tipo de irrigação são:

- Maior eficiência no uso da água;
- Maior produtividade;
- Maior eficiência na adubação;
- Adapta-se a diferentes tipos de solos e topografia;
- Pode ser usada com água salina ou em solos salinos;
- Economia de mão-de-obra.

As principais desvantagens são:

- Entupimento do gotejador;
- Distribuição do sistema radicular e
- Custo elevado.

- **Inundação ou por superfície**

A irrigação de superfície é um método simples, de baixo custo, muito empregado quase que exclusivamente nas culturas de arroz e frutíferas. Ainda segundo Gonzaga Neto (1989), este tipo de irrigação é o método mais utilizado no país, com cerca de 59%, seguido por aspersão com 35% e por último com 6% a irrigação por gotejamento.

Consiste na inundação das áreas plantadas, sendo o volume disposto no solo calculado levando-se em conta a vazão determinada pelo tipo de solo e de cultura. Deve ser usado preferencialmente em terrenos planos. As principais vantagens são a facilidade operacional na distribuição e o baixo custo na execução.

A irrigação por inundação pode ser dividida em duas partes:

- Inundação por gravidade: Este tipo de irrigação significa fornecer água com controle a uma determinada espécie vegetal que esteja sendo cultivada, em quantidade suficiente para formar lâmina de água, utilizando somente da força gravitacional que faz com que a água escoe de um local elevado para um mais abaixo. Portanto nesse tipo de irrigação não é utilizado nenhum equipamento mecânico de bombeamento. A água escoar passivamente por si própria do rio que está em um nível elevado para o interior das lavouras e canais secundários, situados em um nível mais baixo sem qualquer custo com bombeamento, derivados de petróleo ou energia elétrica;
- Inundação por bombeamento - Neste tipo de irrigação a água se encontra em uma cota inferior a das lavouras tendo portanto de ser elevada por meio de equipamentos mecânicos em grande quantidade para poder fazer lâmina de água e banhar o arroz deixando-o submerso. Os equipamentos mecânicos utilizados para elevar a água para uma cota mais elevada, que são as bombas de irrigação existindo muitos tipos, marcas e preços no mercado dependendo da eficiência e da qualidade. Essas bombas são impulsionadas tanto por motores elétricos, quanto por motores diesel ou ainda acoplados a tomadas de força de tratores.

- **Sulcos e canais de irrigação**

Este sistema é aplicado por gravidade e a infiltração ocorre nos sulcos, que são alimentados pelos canais. As principais vantagens são a facilidade da operação de distribuição e o baixo custo na operação e implantação em virtude de a condução da água ser feita por meio de sulcos, não exigindo tubulações e pressão de serviço. As desvantagens são mais intensivo em mão-de-obra por unidade de área, experiência do irrigante para distribuição de água do canal secundário para os sulcos e manutenção do controle da vazão durante a irrigação. Adapta-se melhor a cultivos em fileiras como videiras, pomares, hortaliças, etc.

O manejo racional da irrigação consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas no momento correto. Por não adotar um método de controle da irrigação, o produtor rural usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência o desperdício de energia e de água, usados em um bombeamento desnecessário. A seguir alguns índices de eficiência da irrigação.

Tabela 2.6 Eficiência na irrigação e consumo de energia de diferentes métodos de irrigação.		
Método de Irrigação	Eficiência (%)	Uso de Energia (KWh/m ³)
Por superfície/inundação	40 a 75	0,03 a 0,3
Por aspersão	60 a 85	0,2 a 0,6
Localizada/Gotejamento	80 a 95	0,1 a 0,4

Fonte: Marquelli e Silva (1998).

Observa-se que a irrigação por gotejamento é o tipo que alcança os melhores índices de eficiência, seguida pela aspersão.

Na seleção de sistemas de irrigação é necessário o conhecimento da eficiência de cada método de aplicação de água. Eficiência de irrigação pode ser definida como a relação entre a quantidade de água requerida pela cultura e a quantidade total aplicada pelo sistema para suprir essa necessidade. Quanto menores as perdas de água devido ao escoamento superficial, evaporação, derivação e drenagem profunda, maior será a eficiência de irrigação de um sistema.

Segundo CEMIG (1993) se a irrigação fosse utilizada de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumida seriam economizadas; sendo 20% da energia economizada devido à aplicação desnecessária da água e 10% devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados para a irrigação.

Tabela 2.7 Demanda anual de água para irrigação no Brasil por regiões e estados – 1998.						
Região/Estado	Área irrigada (hectares)	Água derivada dos mananciais (mil m ³ /ano)	Água consumida pelos cultivos (mil m ³ /ano)	Água derivada dos mananciais (m ³ /ha.ano)	Água consumida pelos cultivos (m ³ /ha.ano)	Eficiência de irrigação %
Norte	86.660	836.900	461.320	9.657	5.323	55,1
Rondônia	2.230	20.168	11.536	9.044	5.173	57,2
Acre	660	6.137	3.332	9.298	5.049	54,3
Amazonas	1.710	21.466	12.107	12.553	7.080	56,4
Roraima	5.480	63.966	35.428	11.545	6.465	56,0
Pará	6.850	86.461	46.169	12.622	6.740	53,4
Amapá	1.840	18.799	10.922	10.217	5.936	58,1
Tocantins	67.890	619.903	341.826	9.131	5.035	55,1
Nordeste	495.370	8.114.586	5.340.146	16.380	10.780	65,8
Maranhão	44.200	815.446	499.283	18.449	11.296	61,2
Piauí	24.300	445.929	272.257	18.351	11.204	61,1
Ceará	82.400	1.426.014	922.633	17.306	11.197	64,7
Rio G.do Norte	19.780	310.961	221.556	15.721	11.201	71,2
Paraíba	32.690	471.521	333.798	14.424	10.211	70,8
Pernambuco	89.000	1.619.355	1.046.640	18.195	11.760	64,6
Alagoas	8.950	155.014	102.495	17.320	11.452	66,1
Sergipe	25.840	427.600	293.026	16.548	11.340	68,5
Bahia	168.210	2.442.746	1.648.458	14.522	9.800	67,5
Sudeste	890.974	9.497.223	6.223.402	10.659	6.985	65,5
Minas Gerais	293.400	3.429.553	2.055.560	11.689	7.006	59,9
Espírito Santo	65.774	620.775	411.088	9.438	6.250	66,2
Rio de Janeiro	76.800	1.121.050	639.974	14.597	8.333	57,1
São Paulo	445.000	4.325.845	3.116.780	9.721	7.004	72,1
Sul	1.195.440	13.696.405	8.521.624	11.457	7.128	62,2
Paraná	62.300	615.088	411.180	9.873	6.600	66,9
Santa Catarina	134.340	1.660.039	934.066	12.357	6.953	56,3
Rio G. do Sul	998.800	11.421.278	7.176.378	11.435	7.185	62,8
Centro-Oeste	201.760	1.602.183	492.667	7.941	2.442	30,8
Mato G. do Sul	61.400	505.322	303.009	8.230	4.935	60,0
Mato Grosso	12.180	89.620	58.647	7.358	4.815	65,4
Goiás	116.500	914.525	62.741	7.850	5.354	68,2
Distrito Federal	11.680	92.716	68.270	7.938	5.845	73,6
BRASIL	2.870.204	33.777.297	21.039.159	11.768	7.330	62,3

Fonte: Christofidis, D (1999)

Observa-se que a região Sudeste tem a área alagada menor que a região Sul, consome menos água e a eficiência da irrigação é maior, 65,5% para a Sudeste e 62,2% para a região Sul. Isto se deve ao tipo de irrigação utilizada. Na região sudeste o gotejamento é o mais utilizado enquanto que na região Sul o método por alagamento é largamente utilizado.

Uma das maiores preocupações é a deterioração do solo devido ao uso intensivo e as práticas agrícolas que tendem a perder camada fértil do solo, que depois são corrigidas com componente químicos que poluem os rios, além do natural assoreamento. Os números mundiais indicam que cerca de 1,2 bilhões de hectares de área com vegetação, uma superfície tão grande quanto à Índia e a China juntas foi significativamente degradada desde a segunda guerra mundial.

Ao estresse produzido pela intensificação do uso do solo deve-se, também, sobrepor o estresse da contaminação e da degradação dos ecossistemas aquáticos. Salinização decorrente da irrigação e perda de áreas agrícolas deve ser contabilizada em conjunto com os problemas de degradação dos recursos hídricos. À medida que aumentam os usos competitivos da água para agricultura, indústria e abastecimento público, aumentam os custos da irrigação.

Segundo Rossetti (1997), um dos estudos mais consistentes sobre os limites impostos pela exaustão da terra foi feito pelo Massachusetts Institute of technology – MIT, onde as conclusões eram de que nos próximos 50 ou 100 anos, a partir de 1992, se os 3,2 bilhões de hectares de terras apropriadas para a atividade agrícola vierem a ser cultivada, a população máxima a ser sustentada é de 11,3 bilhões e hoje está por volta de 6,5 bilhões. Isto quer dizer, que a disponibilidade máxima global dividida pelos 0,3 hectare que é necessário hoje para alimentar um habitante/ano, com todo o surgimento de novas tecnologias e avanço da ciência, o homem vai esbarrar com a limitação do uso da terra, através do crescimento demográfico e a provisão declinante de terras cultiváveis, por volta de 2025 ou 2030, a não ser que as conquistas da ciência e da tecnologia continuem superando essa limitação e as expectativas mundiais. A figura abaixo ilustra este caso.

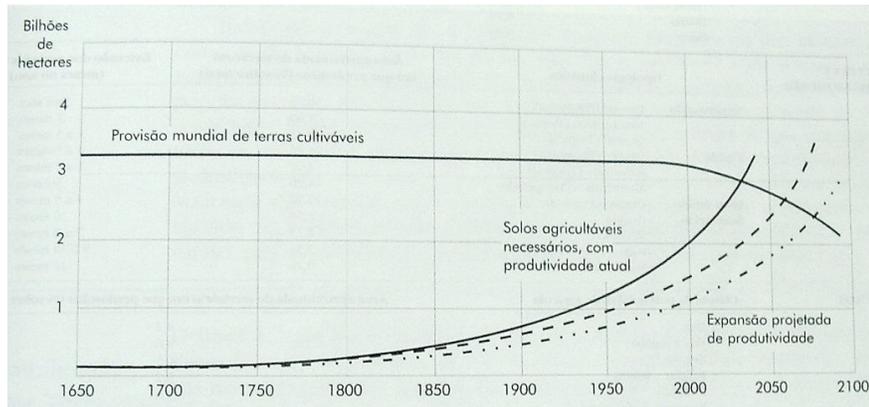


Figura 2.1 - Expansão projetada de produtividade vis a vis provisão mundial de terras cultiváveis- Fonte: Meadows, 1992 in Rossetti,1997.

Se a população mundial mantiver o crescimento exponencial que vem ocorrendo nas últimas décadas e a exploração e utilização das reservas não renováveis se sustentarem, o limite do planeta será alcançado nos próximos 100 anos. Os níveis de produção por habitante atingirão seu ápice nas primeiras décadas do século XXI e em seguida o declínio da capacidade produtiva será incontrolável e nas três décadas seguintes a terra não reagirá mais a estímulos, ou seja, o plantio será em vão e não se desenvolverá mais e o crescimento econômico estará paralisado. Os limites terão sido alcançados e a simulação está na figura 2.2 abaixo.

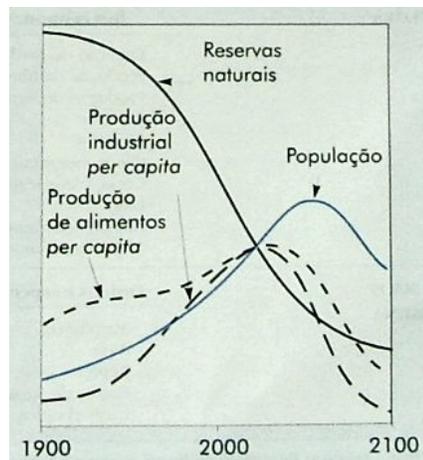


Figura 2.2 - Produção industrial per capita/reservas naturais/ população e produção de alimentos. Fonte: Meadows, 1992 in Rossetti, 1997).

Apesar de todo o estudo feito pelo MIT, a ciência e a tecnologia no Brasil e no mundo continua se desenvolvendo e muito provavelmente os dados destes gráficos não se tornarão realidade.

O desenvolvimento de métodos para melhor avaliar o impacto do uso do solo rural é fundamental para subsidiar a prática agrícola, o controle da erosão e a contaminação dos rios por pesticidas. Grande parte desse processo decorre da forma do plantio, do tratamento do solo, da ação da energia da precipitação sobre o solo desprotegido, das estradas vicinais e as divisas de propriedades.

Em climas tropicais é possível usar-se o solo de janeiro a dezembro, principalmente quando se dispõe da irrigação. Essa é a principal condição que permite usar o solo durante o ano inteiro. O mesmo não é possível de ser feito em climas temperados, onde ocorrem neve e temperaturas muito baixas durante o inverno. Desse modo, o solo não pode ser cultivado durante tal período. A natureza impõe assim um descanso obrigatório ao solo. Esse é um mecanismo natural de conservação do solo que não pode ser desrespeitado pelo homem.

Em áreas de agricultura não intensiva, a prática de descanso do solo faz parte da tradição dos produtores rurais. Parece um retrocesso, mas é importante para a produção agrícola sustentável. Contudo, é difícil incluir tal prática na agricultura irrigada. Por ser um sistema caro, o irrigante argumenta que a área não pode ser deixada em repouso porque ele terá prejuízo agindo assim. Mesmo em áreas irrigadas o descanso não deve ser descartado como prática de manejo adequado ao solo.

O manejo inadequado dos solos é muito grave e é o que traz conseqüências mais imediatas, pois sendo o suporte das plantas nativas ou cultivadas, o seu efeito é logo constatado por meio da redução, tanto da biomassa nativa quanto da produtividade das culturas, refletindo-se na economicidade das lavouras e do pastoreio, com reflexo na estabilidade do produtor.

2.4.2 Uso Não-Consuntivo

Neste tipo de uso são incluídas as atividades que não têm consumo significativo de água ou que praticamente a totalidade da água utilizada retorna ao corpo receptor, podendo haver alguma modificação no seu padrão temporal de disponibilidade. Dentre esses usos, destacam-se:

- Geração de energia;
- Piscicultura, aquicultura e pesca;
- Navegação;

- Turismo, Recreação e esportes;
- Diluição e assimilação de efluentes urbanos e industriais.

2.4.2.1 Geração de Energia Elétrica

Segundo o BEN (2005), o Brasil conta com um dos maiores parques hidrelétricos de todo o mundo, o qual a energia hidráulica representa cerca de 14% de toda a energia primária produzida no país e a eletricidade representa cerca de 20% da energia secundária consumida no Brasil. A potência total instalada neste parque alcançou, no final de 2004, o montante de 68.999 GW.

As UHE foram priorizadas, primordialmente, por causa do vasto potencial hidrelétrico existente no país e à competitividade econômica que tais fontes apresentam. O parque termelétrico nacional tem, no caso do Sistema Interligado Brasileiro, caráter complementar, destinando-se a melhorar a confiabilidade do sistema quando de ocorrência de eventos hidrológicos críticos, conforme se verificou no ano de 2001. Este parque destina-se também ao atendimento localizado, caso ocorram restrições nos elos de interligação, e ao atendimento a sistemas isolados, nos quais, ainda hoje, apresentam papel preponderante.

Para os próximos anos estima-se uma maior participação da geração termelétrica no atendimento do mercado de energia elétrica, motivada pela disponibilização do gás natural (combustível consideravelmente mais competitivo do que os derivados do petróleo) e por incentivos à prática da co-geração.

A partir de 1990 observa-se decréscimo na participação relativa da energia de origem hidrelétrica, em virtude, principalmente, do advento do gás natural e dos incentivos a co-geração. Destaca-se, nesta linha, a manutenção de um programa nuclear mínimo e a implantação do gasoduto Brasil – Bolívia. A hidroeletricidade, entretanto, continua sendo a fonte largamente dominante.

Os números que traduzem o conhecimento do potencial hidrelétrico brasileiro são objeto de atualizações periódicas, em função do aprofundamento dos estudos do potencial já investigado e de novos levantamentos efetuados. Tal fato deve-se às alterações havidas na totalização das diferentes classificações do potencial hidrelétrico referente a estudos aprovados pela ANEEL, bem como a questões ambientais que, nos últimos anos, têm influenciado bastante nas decisões relativas aos aproveitamentos, interferindo desde a escolha da alternativa selecionada de divisão de quedas de um rio, onde nem sempre a alternativa com maior potencial é a selecionada, até nas definições dos níveis de operação dos reservatórios.

O aproveitamento da energia hidrelétrica é a principal forma de uso não consuntivo de água, e durante muito tempo, foi o uso prioritário das águas, em justificativa ao desenvolvimento do país, que sempre foi dotado de riqueza em água e precisava de um sistema de geração de energia elétrica interligado sistemicamente à montagem de um parque industrial que modificasse a feição agrícola histórica do país. Porém, todo o planejamento e as políticas do setor energético não poderiam ficar eternamente ligados à geração hídrica de energia e com a promulgação da lei 9.433 de 08/01/1997, isto veio a calhar, mudando a ótica deste assunto. Ressalta-se, também, que há correntes de pensamentos que consideram que as centrais de acumulação representam uso consuntivo pela alta evaporação que ocorre.

No século XX, principalmente nas décadas de 20 e 30 e durante as décadas de 50 e 70, a construção de hidroelétricas alcançou grande desenvolvimento. Na segunda metade do século XX, o volume das águas represadas para a produção de hidroeletricidade aumentou consideravelmente, ocasionando impactos ambientais. É evidente que a construção de usinas hidrelétricas tem importante inserção nas economias locais, regionais e nacionais. As vantagens econômicas da produção da hidroeletricidade derivam de permanente renovação das reservas de água no ciclo hidrológico, a energia produzida é “limpa” em relação a combustíveis fósseis como carvão mineral e petróleo e os custos de manutenção são relativamente baixos.

É indiscutível a importância da energia elétrica como setor estratégico da economia brasileira. Mas admite-se também que essa importância teve mais ênfase na época em que o país iniciava o desenvolvimento de sua indústria, o segmento que mais consome energia. Não se pode esquecer que outros setores da economia brasileira são também fortemente dependentes dos recursos hídricos, de modo que a geração de energia elétrica não pode e não deve ser o único setor a ter prioridade sobre o uso dos mesmos, mesmo porque a geração hidrelétrica acarreta um custo bastante significativo para a sociedade. Apesar do uso da água para geração de eletricidade ser considerada como uso não consuntivo dos recursos hídricos, a geração hidráulica de energia restringe o uso dos recursos da água à montante da geração, indisponibilizando grandes quantidades desses recursos que poderiam estar sendo utilizados em outras finalidades, assim como provoca perdas consideráveis por evaporação nos espelhos de água dos reservatórios de regularização da vazão, as quais podem comprometer significativamente a sustentabilidade dos sistemas hídricos.

Segundo Tundisi (2003), na média a produção de 1 kW de eletricidade requer 16 m³ de água, o que nos dá uma idéia aproximada do volume de água necessário para produzir a

energia que o país necessita é de 1,08 trilhões de m³ de água anual, já que cerca de 78% da energia no Brasil é hidroelétrica.

Inicialmente, a reserva de água para geração de energia elétrica foi o principal propósito da formação de reservatórios pela construção de barragens. Nos últimos vinte anos, os usos múltiplos desses sistemas diversificaram-se, ampliando a importância econômica e social destes ecossistemas artificiais e, ao mesmo tempo, produzindo e introduzindo novas complexidades no seu funcionamento e impactos.

Os impactos da construção de represas são relativamente bem documentados no Brasil. Estes impactos estão relacionados ao tamanho, volume, tempo de retenção, localização geográfica e localização do rio.

Ainda segundo Tundisi (2003), a construção de reservatórios representa uma das grandes causas de modificações do ciclo hidrológico e de impactos ambientais no planeta, com efeitos positivos e negativos. Os possíveis efeitos ambientais em razão da construção estão descritos a seguir. Nem todos os eventos ocorrem simultaneamente.

- Efeitos positivos
 - Produção de energia e possibilidade de usos múltiplos (recreação, abastecimento público, etc);
 - Retenção de água regionalmente (reserva de água);
 - Aumento do potencial de água potável e de reserva de recursos hídricos;
 - Criação de possibilidades de recreação e turismo;
 - Aumento de potencial de irrigação;
 - Aumento e melhoria de navegação e transporte;
 - Aumento da produção de peixes através de aquicultura;
 - Aumento das possibilidades de trabalho para a população local;
 - Representativa diversidade biológica;
 - Proteção contra cheias das áreas à jusante;
 - Armazenamento de água para período de seca;
 - Promoção de novas alternativas econômicas regionais;
 - Controle de enchentes.

- Efeitos Negativos
 - Inundação de áreas agricultáveis;
 - Interferência no transporte de sedimentos;

- Perdas de heranças históricas e culturais, alterações em atividades econômicas e usos tradicionais da terra, efeitos sócio-econômicos e culturais da relocação compulsória de populações, saúde da população, entre outros;
- Problemas geo-físicos devido à acumulação de água foram detectados em alguns reservatórios;
- Deslocamento de populações;
- Emigração humana excessiva;
- Deterioração das condições da população original;
- Problemas de saúde pela propagação de doenças hidricamente transmissíveis;
- Perdas de espécies nativas de peixes de rios;
- Perdas de terras férteis e de madeira;
- Perdas de terrenos alagáveis e alterações em habitats de animais;
- Perda de biodiversidade (espécies únicas) e deslocamento de animais selvagens;
- Excessiva imigração humana para a área do reservatório, com os conseqüentes problemas sociais, econômicos e de saúde;
- Necessidade de compensação pela perda de terras agrícolas, locais de pesca e habitações, bem como peixes, atividades de lazer e de subsistência;
- Degradação da qualidade hídrica local;
- Redução das vazões à jusante do reservatório e aumento em suas variações;
- Redução da temperatura e do material em suspensão nas vazões liberadas para jusante;
- Redução de oxigênio no fundo e nas vazões liberadas (zero em alguns casos);
- Aumento do sulfeto de hidrogênio e de gás carbônico, no fundo e nas vazões liberadas;
- Barreira à imigração de peixes;
- Perda de valores estéticos.

A tabela 2.8 apresenta aos dados consolidados das UHEs por bacias hidrográficas brasileiras. Embora estes reservatórios tenham sido construídos para atender a geração de energia elétrica passaram a ser pressionados para atender a outros usos consuntivos, dentre os quais se destaca a irrigação.

Tabela 2.8 UHE por bacias			
Bacias hidrográficas	Volume Útil	Potência	Área Alagada
	Hm ³	MW	km ²
Jacuí	5.555,6	2.138,2	287,1
Paraíba do Sul	6.141,3	6.141,3	408,7
Iguaçu	12.358,0	6.980,4	641,8
Paraná	123.415,5	37.841,6	15.537,3
São Francisco	47.911,7	9.986,9	6.507,0
Tocantins	76.717,1	5.558,4	4.281,9
Total	272.099,2	68.646,8	27.664,0

Fonte: Aneel 2001

A bacia do Rio Paraná tem maior área alagada, maior volume útil e maior potência que as outras bacias do país. Isto se deve ao tamanho da bacia e a topografia que é bastante acidentada e a extensão dos rios principais.

No Brasil, até o momento, a geração hidrelétrica é realizada com turbinas operando com rotação constante de forma a garantir a frequência de 60 Hz. Para suprir a demanda de energia elétrica à rotação constante, as turbinas hidráulicas variam a potência de eixo através da regulagem da vazão. A turbina na rotação constante, no rendimento máximo, isenta de cavitação, opera com um par de valores altura de queda líquida e vazão fixados. A variação da altura e/ou da vazão acarreta na variação do rendimento da máquina hidráulica. Cada tipo de turbina é projetada para trabalhar em uma faixa de pressão (queda) e vazão, fora do que há fenômenos hidráulicos que prejudicam a máquina.

Quanto à operação do reservatório, as centrais hidrelétricas podem ser classificadas como a fio d'água; e de acumulação com regularização, que pode ser diária, semanal, mensal, anual ou plurianual. Esta regularização de vazão é empregada quando as vazões naturais de estiagem do rio não são suficientes para atender a demanda máxima requerida pelo mercado consumidor. A seguir, a figura 2.3 nos mostra as vazões naturais e regularizadas de uma central hidrelétrica no Brasil.

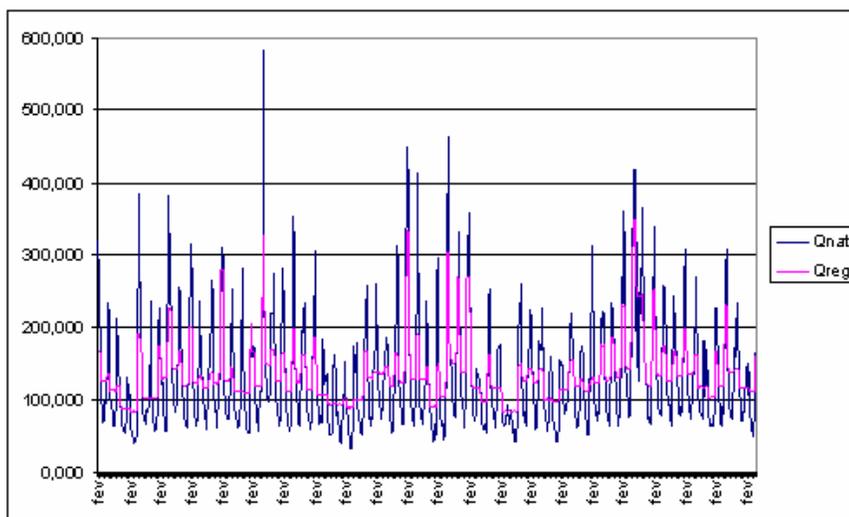


Figura 2.3 – Gráfico de uma UHE com vazões naturais e vazões regularizadas

De acordo com Schreiber (1977), a cota mínima de um reservatório fica cerca de 2 metros acima da margem de segurança para garantir o selo hidráulico. Deste modo, uma central pode funcionar até a cota mínima, mas as turbinas terão baixo rendimento e poderá haver cavitação.

2.4.2.2 Piscicultura, Aqüicultura e Pesca

O potencial do Brasil para o desenvolvimento da aqüicultura é imenso, constituído por 8.400 km de costa marítima, 5.500.000 hectares de reservatórios de água doce, clima extremamente favorável para o crescimento dos organismos cultivados, terras disponíveis e ainda relativamente baratas na maior parte do país, disponibilidade de mão-de-obra abundante e crescente demanda interna.

Embora as pesquisas voltadas para o cultivo de organismos aquáticos tenham se iniciado na década de 30 do século passado, as mesmas só foram intensificadas a partir de 1970. A partir de 1990, a aqüicultura comercial brasileira se firmou como uma atividade econômica no cenário nacional da produção de alimentos, época em que nossa produção de pescado cultivado girava em torno de 25.000 toneladas/ano.

Desde então, os diversos segmentos do setor têm se desenvolvido de forma bastante acelerada, de tal forma que, em 2000, o Brasil produziu cerca de 176.531 toneladas de pescado via cultivo. Em 2001, atingiu a produção de 209.379 toneladas, embora não existam informações seguras para o setor da piscicultura. Nos últimos cinco anos a aqüicultura brasileira vem apresentando taxas de crescimento anual superiores a 25%.

Atualmente, tanto os peixes como os moluscos produzidos nos cultivos estão sendo comercializados no mercado interno. No caso dos camarões marinhos, 30 % da produção é destinada ao mercado interno, enquanto 70% é exportada para os Estados Unidos, França, Espanha, Itália e Holanda.

Neste setor, os impactos na utilização da água são menores, mas podem gerar danos à fauna e à flora, mais facilmente do que implicar em risco na oferta da qualidade das águas.

Os órgãos representativos da aquicultura brasileira têm advogado que a aquicultura não consome, mas sim usa a água, e esta característica não consuntiva poderia mudar enfoques e estratégias relativos à gestão do recurso hídrico voltado às criações aquáticas, distanciando-as das atividades industriais. Neste sentido, Christofidis (2002), em análise da característica de consumo de água na aquicultura, pondera que: "A piscicultura tem sido considerada como atividade não consuntiva. Entretanto se introduzimos a questão da qualidade no conceito de consuntivo, então a aquicultura pode passar a ser consuntiva, posto que o efluente não pode ser utilizado diretamente para abastecimento e pode gerar problemas ambientais".

A aquicultura, que tem tido grande desenvolvimento nas últimas décadas, é uma atividade altamente consumidora de água e mais uma a competir com outras atividades humanas por este recurso. O desenvolvimento deste tipo de atividade produtiva, entretanto, apresenta riscos de deteriorar sua qualidade e quantidade, podendo contribuir com o declínio da qualidade ambiental, social e econômica.

Segundo a Associação Brasileira de Aquicultura (2005), o potencial da aquicultura no Brasil em águas interiores é crescente. Hoje, são produzidas 100.000 toneladas de peixes por ano em aquicultura, mas o potencial estimado é pelo menos 30 vezes maior.

A construção de barragens para aproveitamento hidrelétrico e abastecimento público altera o regime dos rios, cria empecilhos à migração (piracema) reprodutiva dos peixes e, na maioria dos casos, inviabiliza definitivamente muitas lagoas marginais, que são os berçários e grandes responsáveis pela reposição de peixes dos rios. Além de contribuir com a redução da produção pesqueira dos rios, este fato pode ser responsável pelo desaparecimento de espécies de peixes de importância econômica e ecológica, com graves reflexos sociais, o que pode estar contribuindo para um contínuo êxodo dos pescadores artesanais da região ribeirinha para a periferia das metrópoles brasileiras, além de uma conseqüente redução da oferta de alimento.

Tabela 2.9 - Relação entre produção aquícola e água requerida por espécies cultivadas e sistema de produção			
Espécies e Sistemas	Produção t/ha/ano	Água requerida m ³ /t	Referências
Bagre Africano em sistema intensivo de tanques (Tailândia)	100-200	50-220	Muir (1981)
Tilápia em sistema extensivo de tanques	0,05-0,3	3.000-5.000	Muir e Beveridge (1987)
Carpa comum, tilápia, tainha e carpa prateada em sistema extensivo de tanques (Israel).	3	12.000	Sarig (1988)
Tilápia em sistema intensivo de tanques com aeração mecânica (Tailândia).	17,4	21.000	Hepher (1985)
Carpa comum, tilápia, tainha e carpa prateada em sistema semi-intensivo de tanques (Israel).	9	5.000	Sarig (1988)
Carpa Comum e tilápia em sistemas intensivos de tanques (Israel)	20	2.250	Sarig (1988)
Carpa comum em sistema intensivo de tanques de derivação (Japão).	1.443	740.000	Kawamoto (1957) apud Hepher (1985)
Bagre em sistema intensivo de tanques (USA).	3	6.470	Boyd (1982)
Bagre em sistema de tanques de derivação (USA).		14.500-29.000	Beleau (1985)
Aquicultura européias variadas.		15.768 – 5.544.029	Alabaster (1982)

Fonte: Phillips et al, 1991

Entre as ações governamentais para apoio ao setor merecem destaque a abertura das águas de domínio da União para a exploração da aquicultura, conforme o Decreto n.º 2.869/98 e a Instrução Normativa Interministerial n.º 9/01, bem como o estabelecimento de uma linha de crédito específica para financiamento de empreendimentos aquícolas em todo o país.

Sabe-se que a piscicultura em reservatórios pode ser feita em tanques-redes, e por se tratar de um uso de recursos hídricos altera principalmente a qualidade da água e sua prática fica sujeita a outorga. Segundo o diagnóstico realizado pela ANA (2005), no entanto, a maior

parte das autoridades outorgantes, não possui, ainda, procedimentos e critérios consolidados. O Decreto Federal n.º 4.895/2003, dispõe sobre a autorização de uso em espaços físicos em corpos de água de domínio da União para fins de aquicultura, que é o caso dos reservatórios de Centrais Hidrelétricas construídas pela União.

[RA1] Comentário: O que podemos dizer a este respeito? Qual a ocupação máxima de um reservatório. Isto é importante.

2.4.2.1 Navegação

São designações sinônimas hidrovias, aquavia, via navegável, caminho marítimo ou caminho fluvial. Hidrovia interior ou via navegável interior são denominações comuns para os rios, lagos ou lagoas navegáveis. Há falta de expressões como hidrovias interiores artificiais para denominar aquelas que não eram navegáveis e que adquiriram essa condição em função de obras de engenharia e, como hidrovias interiores melhoradas, para as que tiveram suas condições de navegação ampliadas, usam genericamente a expressão hidrovias interiores para designar as vias navegáveis interiores balizadas e sinalizadas para uma determinada embarcação tipo, isto é, aquelas que oferecem boas condições de segurança às embarcações, suas cargas e passageiros ou tripulantes e que dispõem de cartas de navegação. Assim, é importante entender que os conceitos estabelecidos no Código de Águas, de rios navegáveis ou fluviáveis, e principalmente naquelas definidas no Plano Nacional de Viação, aplicam-se indistintamente às vias navegáveis ou hidrovia, quer estejam elas sendo utilizadas ou não. Também estabelece o Código de Águas, o conceito de uso comum do povo, para as vias navegáveis ou fluviáveis, como também aos braços de rios que influam na navegabilidade ou fluviabilidade das primeiras.

O Brasil tem mais de 4.000 quilômetros de costa atlântica navegável e milhares de quilômetros de rios. Apesar de boa parte dos rios navegáveis estarem na Amazônia, o transporte nessa região não tem grande peso econômico, por não haver nessa parte do país mercados produtores e consumidores de peso. Por isso, os trechos hidroviários mais importantes, do ponto de vista econômico, encontram-se no Sudeste e no Sul do País. O pleno aproveitamento de outras vias navegáveis depende da construção de eclusas, pequenas obras de dragagem e, principalmente, de portos que possibilitem a integração intermodal, isto é, o transporte em que, até chegar a seu destino, a carga é levada sucessivamente por diferentes rotas (terrestre, marítima, fluvial, aérea).

Uma particularidade natural condicionou o desenvolvimento do transporte aquaviário interno no Brasil. As regiões mais desenvolvidas não são servidas por rios que possam levar a navegação diretamente aos portos marítimos. É o que ocorre, por exemplo, nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Belo Horizonte, dentre outras. Essa situação inibiu o

desenvolvimento da navegação interior e, de certa forma, contribuiu para a implantação da política rodoviária, que tem prevalecido nas últimas décadas.

Por outro lado, na Bacia Amazônica, é essencial o papel exercido pela navegação, que é assegurada naturalmente pelas condições hidrográficas peculiares da região, onde se encontram cerca de 18.300 km de hidrovias, destacando-se os rios Amazonas, Solimões, Negro, Branco, Madeira, Purus, Juruá e Tapajós.

As hidrovias representam grandes eixos de transporte definidos para os corredores estratégicos de desenvolvimento. Grande parte dos investimentos do setor está previsto em programas especiais de desenvolvimento regionais, que tem como objetivo o barateamento dos custos internos de transporte, de forma a dar competitividade às exportações dos produtos nacionais.

Apesar da grande extensão de vias navegáveis existentes, potencialmente exploráveis pela navegação fluvial, e da previsão daquelas imprescindíveis, estabelecidas pelo Plano Nacional de Viação, o Brasil utiliza vias navegáveis de transporte comercial de apenas aproximadamente 10.000 km de vias.

As principais hidrovias encontram-se nas bacias: do Amazonas, Costeira do Nordeste Ocidental, do Parnaíba, do Tocantins, do São Francisco, Costeira do Sul, do Paraná e do Paraguai. São elas: Hidrovia Araguaia-Tocantins, Hidrovia do São Francisco, Hidrovia do Madeira, Hidrovia Tietê-Paraná e Hidrovia Taquari-Parnaíba.

O uso da navegação relaciona-se a projetos hidroviários que têm por objetivo permitir o transporte fluvial. A capacidade de transporte é técnica e economicamente estabelecida pela largura do canal de navegação e, principalmente, pela sua profundidade, podendo ser ampliados por dragagens e desmorroneamento do leito dos rios.

Caso as centrais não sejam projetadas para possibilitar a navegação entre jusante e montante, configura-se um sério obstáculo à navegação, o que pode ser solucionado com construções de eclusas e transposições de níveis, que nada mais é que um reservatório em forma de câmara que possibilita, pelo enchimento e esvaziamento, que uma embarcação transponha uma diferença de nível.

Segundo Beni (1998), a navegação fluvial e lacustre é muito difundida na Europa e nos Estados Unidos, com equipamentos modernos que trafegam em rotas tradicionais como a do Reno, na Europa, e a do Mississipi, nos Estados Unidos. O Brasil, que possui a maior rede fluvial do mundo, sub-utiliza a hidrovia para transporte de carga e a despreza como meio de deslocamento para o turismo, isso por não ter tradição e equipamentos e muito menos possui infra-estrutura adequada.

Segundo Padovezi (2003) em reservatórios que possuem eclusas, as entradas destas, exigem atenção especial durante a passagem de grandes embarcações, se as entradas das eclusas for a montante da barragem, porque têm grande volume de água e grandes larguras e geralmente apresentam dificuldades para a aproximação da embarcação quando há vento e ondas. Lança-se mão, então, de muros-guias, que, dispostos junto a um lado da entrada das eclusas, servem de apoio para a entrada precisa da embarcação.

Padovezi (2003) ainda explica que como o regime de vazões dos rios é variável, a profundidade em cada seção fluvial varia ao longo do tempo, sendo crítica durante a estiagem. Para aumentá-la pode-se implantar a montante da seção crítica, reservatórios de regularização, visando ao aumento das vazões de estiagem. Outra alternativa é a construção de barragens de navegação à jusante da seção crítica, objetivando elevar o nível de água. Ambas as obras exigem a construção de eclusas de navegação para permitir que os barcos as ultrapassem. A qualidade das águas não é relevante para esta demanda.

Segundo o Ministério do Transporte, um bom exemplo é a barragem de Sobradinho, que para vencer o desnível criado pela barragem foi construída a eclusa que visa, portanto, restabelecer a navegação em todo o trecho anteriormente navegável do rio, perfazendo um estirão de 1.371 km entre as cidades de Pirapora (MG), Juazeiro (BA) e Petrolina (PE).

Considerando que, segundo o código de Águas, o uso das águas públicas se deve realizar sem prejuízo de navegação, foi firmado convênio entre a extinta Portobrás - Empresa de Portos do Brasil S.A e a CHESF- Companhia Hidroelétrica do São Francisco, objetivando o projeto e a construção das obras de transposição da barragem de Sobradinho, concluídas em 1979.

A eclusa de Sobradinho, dadas as suas características e as soluções adotadas para sua construção, ocupa um lugar de destaque entre as que se encontram em operação atualmente. O seu desnível máximo, de 33,5 metros, a situa entre as quatro eclusas de maior desnível já construídas no mundo.

Segundo Mello (2005), a Hidrovia Tietê - Paraná é atualmente mais uma opção de lazer e turismo no Estado de São Paulo, oferecendo aproximadamente 2.400 km de águas navegáveis, que envolvem 85 municípios e vão desde as proximidades da capital paulista até a parte extremo-oeste do Estado. As atividades oferecidas estão baseadas em sua integração com a natureza e aos atrativos históricos demarcados pelos caminhos dos bandeirantes no desbravamento do interior paulista. É neste contexto que o turismo hidroviário se destaca, oferecendo embarcações que levam a conhecer a hidrovia, os parques aquaviários, represas, eclusas, cachoeiras, ilhas fluviais e baías, além das termas e colônias de férias.

Após vários planos de navegação, elaborados nos últimos anos, finalmente há pouco tempo o Rio Tietê passou a ser navegável em toda a sua extensão, graças às eclusas construídas nos locais dos antigos obstáculos. Esta via possui enorme importância econômica por permitir o transporte de grãos e outras mercadorias de três estados: Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo. Ela possui 1.250 quilômetros navegáveis, sendo 450 no Rio Tietê, em São Paulo, e 800 no Rio Paraná, na divisa de São Paulo com o Mato Grosso do Sul e na fronteira do Paraná com o Paraguai e a Argentina. Para operacionalizar esses 1.250 quilômetros, há necessidade de conclusão de eclusa na represa de Jupia para que os dois trechos se conectem.

Na área de influência dos rios Tietê e Paraná, dentro do estado de São Paulo, encontram-se as 18 das 30 melhores cidades para negócio do país: Bauru, Campinas, Ribeirão Preto, São José do Rio Preto, Franca, Araraquara, São Paulo, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Santos, Piracicaba, Mogi das Cruzes, São Carlos, Araçatuba, Marília, Americana, São Caetano do Sul e São José dos Campos.

A experiência mundial aponta com clareza que ao transporte de baixo frete, principalmente fluvial, cria, em sua área de influência, condições para o desenvolvimento auto-sustentado, baseado na própria economia e na manutenção do meio ambiente, favorecendo as fixações industriais, agrícolas, de serviços e de empreendimentos turísticos, agregando valor ao trabalho e qualidade de vida ao homem.

Estudos apontam que a área limreira à hidrovia é a mais indicada do interior paulista para indústrias como moageiras de grão, moinhos de trigo, misturadoras de fertilizante, moageiras de calcário, madeireiras, de celulose e papel, de aglomerados, extratos e condimentos, sucos de frutas, de pescado de água doce criado em confinamento, de açúcar e álcool, melaço, rações, além de caldeiraria pesada, estaleiros, equipamentos náuticos de esporte e lazer, etc.

Segundo o site da Chesf, no caso do Tocantins, atualmente, a navegação do baixo Tocantins vem sendo realizada por comboios de cerca de 100 m de comprimento, 16 m de largura e 2,50 m de calado até Tucuruí. Com a construção da barragem de Tucuruí, haverá necessidade da construção de eclusas para transpor 72 m de desnível. O reservatório possibilitará uma razoável regularização das vazões durante o ano, reduzindo o transporte de material sólido para jusante, o que, certamente, reduzirá problemas de assoreamento de trechos dragados e movimentação de bancos de areia à jusante. Entretanto, para que a atuação da hidrelétrica traga benefícios a navegação, a operação no horário de ponta deve ser controlada, com vistas a não elevar a velocidade do escoamento a jusante da barragem,

evitando grandes flutuações diárias de níveis d'água que podem causar a desestabilização das margens, com o conseqüente assoreamento dos canais navegáveis.

2.4.2.4 Turismo, Recreação e Esportes

A qualidade da água é um elemento essencial para a prática de esportes náuticos, cujos padrões de qualidade de água são estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, e deve ser assegurada pela preservação ambiental através do combate às fontes poluidoras.

Estas duas atividades são importantes em regiões interiores, em que o acesso à recreação em água doce é mais fácil e barato, conseqüentemente com pressões consideráveis sobre rios, lagos e represas. Essas atividades desempenham papel econômico muito importante e geram muitas alternativas e opções para todas as regiões do Brasil, especialmente aquelas com águas doces de excelente qualidade e acesso fácil.

Os corpos da água oferecem várias alternativas de turismo e recreação, seja por meio de atividades como esportes aquáticos, pesca e navegação esportiva. O contato com a água pode ser primário, como o que ocorre quando há contato físico proposital com a água, como na natação. Neste caso a água não deve apresentar organismos patogênicos e substâncias tóxicas em concentrações que possam causar danos a saúde pelo contato com a pele ou por ingestão. O contato secundário pode ocorrer de forma acidental em atividades como a navegação esportiva.

O uso não consuntivo para recreação e harmonia paisagística é, em geral, representado pela construção de reservatórios e pela manutenção de vazões mínimas nos rios perenes. As propriedades localizadas próximas aos corpos d'água são bastante valorizadas, porém os problemas advindos da poluição prejudicam os rios e lagos como recursos paisagísticos e desvalorizam as propriedades de seu entorno. Do ponto de vista estético e paisagístico, os corpos d'água poluídos são inconvenientes devido à liberação de odores desagradáveis, presença de substâncias flutuantes e turbidez excessiva.

As atividades de lazer e turismo resultam, especialmente, da utilização de espelhos d'água para a realização de esportes náuticos.

Na maioria das regiões do país, onde o clima é semi-árido, com temperaturas altas durante todo o ano, um espelho de água representa um ponto de atração turística por proporcionar excelentes condições de lazer. Este tipo de uso não tem expressão como demanda de água em termos quantitativos, exigindo, todavia, padrões estéticos e sanitários adequados.

Segundo Salles e Nunes (2001), os tipos e a intensidade das atividades recreativas em reservatórios dependem do clima, de hábitos, da cultura, das condições econômicas, da disponibilidade de água e das condições sanitárias.

Para assegurar que o uso recreacional esteja protegido, foram estabelecidos critérios de qualidade das águas pela escolha de parâmetros relevantes. Os principais indicadores são:

- com respeito à saúde pública: qualidade microbiológica;
- com respeito à segurança e estética, sob o ponto de vista de contato primário: turbidez;
- com respeito ao potencial para eutrofização com eventual decaimento de matéria vegetal: nutrientes;
- com respeito à manutenção de ambiente saudável: oxigênio dissolvido.

Segundo o diagnóstico realizado por ANA (2005), as atividades que ocorrem nas margens de um reservatório estão diretamente ligadas àquelas que se desenrolam dentro do mesmo, e para qualquer atividade nas águas acontecem movimentos nas margens. As atividades nessa faixa de terra demandam maiores atenções que aquelas feitas dentro da água, pois geralmente consomem mais tempo e geram mais poluição e destruição.

Algumas dessas atividades são: casas de veraneio, acampamentos, trekkings, pesca, piqueniques, observação de pássaros e banhos de sol. Abrigos e acampamentos normalmente representam os locais com maiores impactos, porém outras atividades não podem ser ignoradas, especialmente quando estão ligadas à construção de estradas, restaurantes, caminhos e demais facilidades capazes de alterar as condições naturais das margens e do meio ambiente. A construção de estradas e demais vias de acesso podem causar mudanças radicais na hidrologia das várzeas próximas ao reservatório, aumentar a erosão e difundir poluentes.

A quantidade de água também é muito importante, incluindo aí o odor e aparência. Grandes flutuações do nível de água devido, por exemplo, às retiradas de água para agricultura ou geração de energia, demandada em períodos de secas em algumas épocas do ano, podem reduzir as atividades recreacionais, incluindo navegação, esporte à vela, esqui aquático, natação e pesca esportiva. A redução do nível de água de lagos e reservatórios afeta a estética, expande as áreas alagadiças, reduz a água necessária ao habitat de peixes e é a causa da inoperância de rampa para barcos.

No Brasil, existem poucos lagos, então a recreação e os esportes náuticos são praticados, na sua maioria, em reservatórios de usinas hidrelétricas. É por causa disso que a manutenção da qualidade e quantidade de água é importante. Definir a duração e a frequência

do deplecionamento é mais importante do que definir as quotas máximas e mínimas do reservatório.

Na tabela 2.10, a seguir observa-se o que as atividades recreacionais podem causar na qualidade e na quantidade da água.

Tabela 2.10 - Atividades recreacionais sobre a superfície do reservatório e suas conseqüências sobre a qualidade e quantidade da água	
Atividade	Conseqüências
Pesca Esportiva	Interferência com os processos de biomanipulação, poluição devido aos restos de pescado e sobras de material de pesca, excesso de alimentos para os peixes.
Pesca Comercial	Os impactos causados pela pesca comercial e pela aquicultura variam muito em função de seus procedimentos específicos.
Natação	Revolvimento dos sedimentos de fundo causando o aumento e bacilos, impurezas orgânicas e risco de infecção.
Mergulho autônomo	Raramente causa poluição
Canoagem, remo e windsurfe	Problemas desprezíveis no reservatório, impactos potenciais graças às atividades conexas.
Barcos a Vela	Barcos à vela de grande porte podem vir a ser um foco de poluição
Barcos a motor e esqui aquático	Causam erosão nas margens devido às ondas que geram; poluem com óleo e combustível.
Barcos para turismo e tráfego de barcos	A poluição é minimizada devido aos sistemas sanitários disponíveis (toaletes químicas, armazenamento das águas servidas e dos dejetos).

Fonte: ANA (2000)

2.4.2.5 Diluição e Assimilação de Esgotos Urbanos e industriais

Segundo o site que mostra a qualidade da água utilizada em várias cidades, um breve relato sobre o histórico de como nasceu a coleta de esgoto: É possível que os primeiros sistemas de coleta e transporte de água e esgoto tenham surgido em 3.000 a.C. e que a reutilização de águas para irrigação das produções agrícolas já exista há cerca de 5.000 anos. Até 1850, os sistemas coleta e distribuição de água e esgoto eram muito precários. A falta de planejamento para reutilização da água, aliada a falta de água adequada para o consumo e ausência de tratamento, resultaram em epidemias catastróficas como a cólera asiática ou o

tifo, que assolaram a Europa durante os anos de 1840 e 50. Na década de 1850, foram descobertas as relações entre as formas de utilização e poluição da água disponível e as epidemias que vinham causando grande mortalidade nas cidades. O período de 1850 a 1950 foi marcado por intensa pesquisa sobre o assunto e desenvolvimento de novas alternativas como a progressiva introdução da filtração da água para o consumo e a maior utilização de aquedutos nas cidades. Após 1960, surgiu o que alguns pesquisadores chamam de "era do reaproveitamento e reciclagem da água", em que o aproveitamento máximo da água disponível é uma medida já reconhecida pela legislação de vários estados norte-americanos e da União Européia. Atualmente, o aumento do interesse em maximizar o uso da água é uma resposta às crescentes pressões da sociedade pelo consumo de água de alta qualidade, e à dependência de água pela agricultura e indústria.

Os sistemas de abastecimento de água atuais produzem efluentes que podem ser levados aos seus destinos finais por sistemas de esgotamento sanitário. Estes sistemas podem ser tão simples como os de fossas sépticas, que apresentam alto risco de poluição do aquífero subterrâneo, como aqueles mais complexos que exigem a coleta e transporte dos efluentes em redes de esgotos até uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) para, finalmente, serem lançados de volta ao rio ou em outros corpos de água.

Embora não seja classificado como consuntivo, esse uso pode resultar em limitações do uso dos corpos de águas para outras atividades devido às restrições quanto aos padrões de qualidades requeridos. O lançamento de esgotos, nos reservatórios, provoca poluições orgânicas, físicas, químicas e bacteriológicas.

O grau de eficiência do tratamento de esgotos determina o impacto qualitativo que este lançamento estabelecerá no corpo de água de destino, definido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005. Um problema que ocorre com grande frequência deriva da ausência ou insuficiência do tratamento de esgotos. Isso acarreta a poluição fluvial, com conseqüente aumento do custo de abastecimento a usuários de jusante, seja devido à necessidade de tratamentos de água mais elaborados, seja pela necessidade de suprimento em outros mananciais não poluídos. Outro tipo de custo que esta situação acarreta é derivado no comprometimento à saúde e a qualidade de vida da população afetada.

Embora o rio Tietê seja um dos rios mais importantes economicamente para o país, ficou conhecido pelos seus problemas ambientais, especialmente no trecho que banha a cidade de São Paulo. Na década de 1960, o rio tinha peixes no seu trecho da capital e além disso, eram famosas as disputas de regatas no rio. A degradação do Rio Tietê coincidiu com a construção da Represa de Guarapiranga, pela Light, para geração de energia. Embora esta

decisão política tenha permitido uma grande expansão do parque industrial de São Paulo, ela inviabilizou o uso do Rio Tietê para o abastecimento da cidade. Isso fez com que a vontade política do governo de gastar recursos em sua manutenção diminuísse, o que aliado à crescente demanda (fruto da expansão econômica da cidade), degradou o rio a níveis intoleráveis.

A partir de 1992, após intensa pressão popular, a sociedade civil chegou a colher mais de um milhão de assinaturas e o governo estadual se comprometeu a estabelecer um programa de despoluição. O estado buscou recursos junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID e vem tentando recuperar o rio no que seria o maior projeto de recuperação ambiental do país.

No início do programa de recuperação do rio Tietê, o percentual de esgotos tratados em relação aos esgotos coletados não ultrapassava os 20%, na Região Metropolitana de São Paulo. Em 2004, esse percentual estava em 63%, incluindo tratamento primário e secundário. Aguarda-se que até o final do programa, esse índice alcance os 90%.

Por outro lado, é preciso lembrar que ao longo do rio, apenas 60% dos municípios da bacia possuem coleta de esgotos, mas nenhum deles apresenta qualquer tipo de tratamento. Na Capital, região onde o rio está completamente poluído em uma extensão de 100 quilômetros, apenas 9 a 10% do total dos esgotos sofrem tratamento primário e secundário.

Além do tratamento de esgoto com construção de ligações domiciliares, coletores-tronco, interceptadores e estações de tratamento de esgotos, o programa de despoluição do Tietê também enfoca o controle de efluentes das indústrias. De acordo com o governo estadual, mil e duzentas indústrias, correspondente a 90% da carga poluidora industrial lançada no rio Tietê, aderiram ao projeto e deixaram de lançar resíduos e toda espécie de contaminantes no curso d'água.

Além dos prejuízos e transtornos sofridos pelas pessoas diretamente atingidas por doenças veiculadas pela água, como será visto mais a frente, perdas de residências, móveis, veículos e documentos destruídos, as inundações nas marginais do Tietê acabam atingindo não só a economia da região, mas também a economia do estado e do país.

Na tabela 2.11 observa-se que o país tem apenas cerca de 25% dos seus municípios com o esgoto sanitário tratado. A região Sudeste tem o maior número de municípios com tratamento do país, seguido da região Sul e Nordeste. Apesar da Região Nordeste ter o maior número de municípios é a terceira no rank nacional com apenas 14,1% dos seus municípios com os esgotos tratados. Para que as águas dos rios, lagos, lagoas e reservatório tenham uma

boa qualidade de água, o Brasil ainda precisa percorrer um longo caminho, já que uma pequena parcela dos corpos d'água do Brasil recebem efluentes adequados à sua classe.

Regiões	Municípios com Tratamento	Municípios sem Tratamento	Total Brasil	%
Norte	19	430	449	4,2
Nordeste	252	1.540	1.792	14,1
Sudeste	795	873	1.668	47,7
Sul	260	928	1.188	21,9
Centro-oeste	57	406	463	12,3
Total	1.383	4.177	5.560	24,9

Fonte: IBGE – Censo 2000

No Brasil, segundo Abicalil (2003), ainda são verificados elevados índices de internações hospitalares, decorrentes de doenças causadas pela deficiência ou mesmo a inexistência do saneamento básico, especialmente nas Regiões Norte e Nordeste, que apresentam os menores índices de cobertura.

As empresas que cuidam da água em cada estado, em tese garantem a saúde da população e por meio de diversos produtos e tecnologias, controlam a quantidade de substâncias na água.

As doenças de veiculação hídrica são: amebíase, ascaridíase, dengue, esquistossomose, febre tifóide, desintéria, diarréia, hepatite, giardíase, cólera e leptospirose. Muitas delas, que afetam o homem, podem ser transmitidas pelos microrganismos que estão presentes no meio ambiente e provêm da água de qualidade ruim, muitas vezes contaminadas por fezes, os quais, na maioria das vezes, não são percebidos pelo gosto, cheiro ou aparência. Algumas doenças não se propagam com tanta facilidade, mas também são de veiculação hídrica como: infecções do nariz e faringe, sinusites, amigdalites, faringites e traqueítes, infecções de ouvido e dos olhos, otites externas, conjuntivites, infecções de pele, micoses e eczema.

Pesquisas de custos foram feitas no SUS - Sistema Único de Saúde, e os valores hospitalares colocados na tabela são pagos pelo SUS independente dos dias que a pessoa fica hospitalizada, o que importa é o tipo da doença.

Outras doenças como Amebíase, ascaridíase, desintéria, diarréia, giardíase, leptospirose, infecções do nariz e faringe, sinusites, amigdalites, faringites e traqueítes, infecções de ouvido e olhos, otites, conjuntivites, infecções de pele, micoses e eczema são tratados nos ambulatórios e o SUS só paga a consulta que é de R\$5,00. Se o posto de saúde da

cidade ou do bairro tiver o remédio eles são entregues gratuitamente e se não tiver o remédio cada pessoa tem que comprar o remédio com o seu próprio dinheiro.

Tabela 2.12 – Doenças veiculadas hidricamente e seus custos				
Doenças	Tipo	Ambulatório	Hospitalar	Total
		R\$	R\$	
Dengue	Clássica	30	237,82	267,82
	Hemorrágica	30	253,68	283,68
Esquistossomose			177,79	177,79
Leptospirose	Infantil	4,1	239,6	243,7
	Adulto	4,1	253,68	257,78
Tifo	Infantil	2,83	164,04	166,87
	Adulto	2,83	219,69	222,52
Hepatite	Tipo A	18,55	208,19	226,74
	Tipo B	18,55	158,55	177,1
	Tipo C	18,55	158,55	177,1
	Infeciosa			208,19

Fonte: tabela do SUS/março 2005

A importância dos serviços de saneamento para o meio ambiente e a qualidade de vida da população é sentida, de forma mais evidente, nos contextos da urbanização e industrialização aceleradas, em que a ausência de tratamento adequado dos resíduos constitui a principal causa de degradação ambiental. A poluição das águas, nessas áreas, limita os usos múltiplos dos recursos hídricos – abastecimento de água, irrigação, lazer, entre outros – repercutindo negativamente na economia das regiões afetadas.

Poucas cidades no Brasil têm tratamento de esgoto. A maior parte simplesmente dilui seus esgotos em rios, mares e reservatórios e é exatamente por causa disso que a qualidade da água é importante para o uso múltiplo da água.

O esgoto correndo a céu aberto acarreta em perdas no turismo, uma vez que o odor e perda de beleza cênica reduzem a atratividade local.

Não há registros ou estudos que nos levem a conclusões sobre as doenças veiculadas hidricamente, o que por si só poderia ser tese de um doutorado. Também não há registros de doenças veiculadas hidricamente durante o deplecionamento de reservatórios, contudo há necessidade de delinear as bases de um método para cálculo do custo do tratamento de doenças decorrentes da exposição da população lindeira ao esgoto que passa a correr a céu aberto em razão do deplecionamento de um reservatório. Para isso escolhemos apenas uma das doenças que podem ser veiculadas hidricamente para elaborar o modelo.

A leptospirose é uma doença infecciosa aguda causada pela bactéria transmitida pela urina de ratos. Os surtos ocorrem por causa de esgotos a céu aberto e, principalmente, na época de enchentes, quando a bactéria penetra no organismo através de pequenos ferimentos ou pelas mucosas do nariz ou da boca, provocando insuficiência renal e hepática.

CAPÍTULO III - PROPOSIÇÃO DO MODELO

O método proposto consiste em estabelecer uma relação do custo incremental de cada um dos usos da água de um reservatório decorrente do deplecionamento com a cota do mesmo. Para tanto, emprega-se um programa computacional comercial intitulado Table Curve para gerar um elenco de curvas custo x área, com bom coeficiente de correlação (próximo de 1). A partir deste conjunto de curvas seleciona-se a aquela que tem a forma mais simples e compatível com o comportamento esperado.

A metodologia de custos que será usada neste trabalho terá como base à cota do reservatório:

$$C = f(H) \quad (1)$$

Onde:

C= custo ou receita

H= altura

Há custos que dependem da distância da água até o ponto de uso, como por exemplo, a irrigação, o uso industrial, o abastecimento, etc. Entretanto há custo como a piscicultura que depende exclusivamente da área molhada do reservatório. Mas, em ambos os casos, os custos podem ser representados em função da cota do reservatório como mostra a figura 3.1. No primeiro caso o custo incremental é decorrente do aumento do comprimento do talude seco do reservatório.

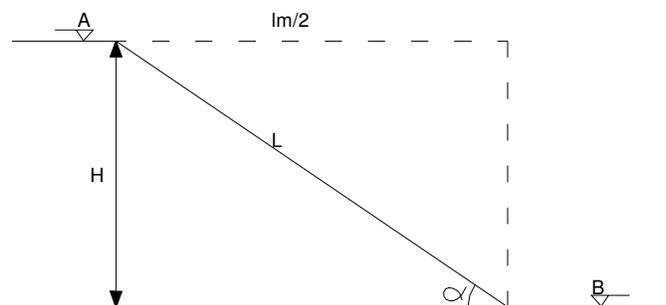


Figura 3.1 Altura do talude

onde :

α = Declividade média do reservatório;

L= Comprimento do talude seco;

A= Cota máxima do reservatório;

B= Cota do reservatório num determinado instante

l_m = Largura média do reservatório

H = altura manométrica

Assim tem-se que:

$$L = \frac{H}{\text{sen}\alpha} \quad (2)$$

onde:

$$H = A - B \quad (3)$$

e

$$\Delta C = f(\Delta L) \quad (4)$$

Portanto:

$$\Delta C = f(\Delta H) \quad (5)$$

então:

De um reservatório tem-se a área x H e o volume x H , ou seja, a curva cota-área e cota-volume, cuja forma obedece a equação 6, conforme mostra a figura 3.2

$$A_{\text{max}}, V_{\text{max}} \rightarrow C = 0$$

$$A_{\text{min}}, V_{\text{min}} \rightarrow C = \text{máximo}$$

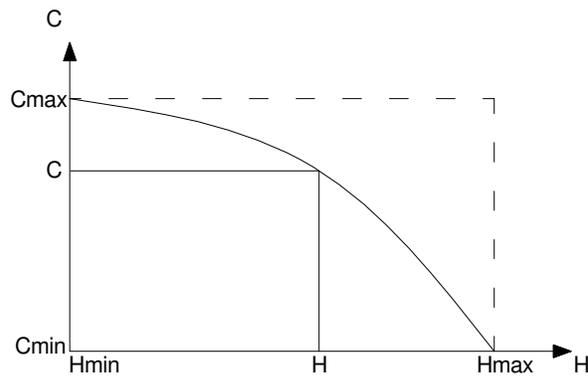


Figura 3.2 Altura de um reservatório

$$C = a + b \cdot H + c \cdot H^2 + d \cdot H^3 \quad (6)$$

No segundo caso, ou seja, aqueles que dependem da área molhada, os custos também podem ser colocados em função da cota do reservatório, tomando-se como base a curva cota-área.

$$\Delta C = f(A) \quad (7)$$

Como:

$$A = f(H) \quad (8)$$

então:

$$\Delta C = f(H) \quad (9)$$

Em outros casos, como no caso da diluição e assimilação de efluentes domésticos e industriais, os custos dependem, como no primeiro caso, do custo incremental decorrente do aumento do comprimento do talude seco do reservatório e de mais um custo que varia de acordo com o tipo de doenças que são as veiculadas hidricamente.

3.1 Usos Vinculados ao Bombeamento de Água Captada no Reservatório

Há usos que têm a mesma curva e por isto foram unificadas em um mesmo grupo, como, por exemplo, a captação de água via bombeamento para atender o abastecimento público, o uso industrial e a irrigação. Estes sistemas, no trecho de interesse¹, consistem de uma tubulação de sucção, de uma bomba hidráulica e de um trecho de tubulação de recalque. Os custos incrementais, neste caso, decorrem do prolongamento da tubulação de recalque e de substituição da bomba, que pode ser evitado mediante a substituição apenas do rotor da mesma. Como há perda de carga com o aumento do comprimento da tubulação deve-se considerar o aumento do consumo energético.

Pode-se montar um conjunto moto-bomba sobre trilhos e à medida que o reservatório vai deplecionando a bomba desliza pelo trilho acompanhando o nível da água. Esta solução só é aconselhável para reservatórios com alta frequência de deplecionamento e perfeitamente substituível por plataforma flutuante.

$$C = f(H) \quad (10)$$

lvii _____

¹ Trecho correspondente ao talude seco do reservatório devido ao deplecionamento

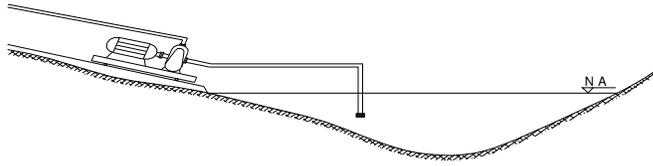


Figura 3.3 Conjunto Moto-bomba montado sobre trilhos

Outra possibilidade é a bomba ficar sobre uma plataforma flutuante, como mostrado na figura 3.4. Esta alternativa é a mais utilizada em virtude do baixo custo e emprega tambores hermeticamente fechados como bóias.

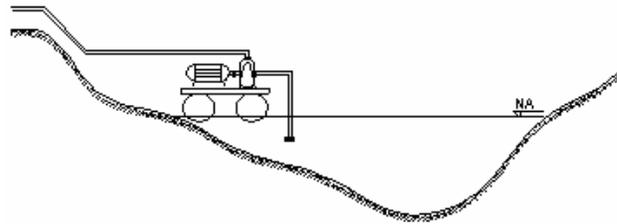


Figura 3.4 - Conjunto Moto-bomba montado sobre uma plataforma flutuante

O custo mínimo de um sistema de bombeamento corresponde à cota máxima do reservatório, uma vez que a água encontra-se mais próxima do ponto de consumo. À medida que o reservatório vai sendo deplecionado, investimentos adicionais devem ser feitos em tubulação, acessórios e bombas, pois o aumento do comprimento da linha de recalque eleva a perda de carga e compromete o desempenho do sistema de bombeamento.

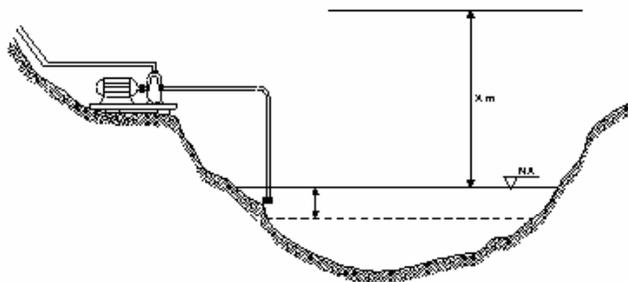


Figura 3.5 Conjunto moto-bomba fixo

Assim, o custo incremental aumenta pelos investimentos necessários e pelo aumento do consumo de energia elétrica a medida que a bomba é deslocada para dentro do reservatório.

O mais comum é o prolongamento da tubulação de recalque, mantendo fixa a sucção, podendo a bomba ser colocada numa plataforma flutuante. Outra opção, menos utilizada, é o prolongamento da sucção, que possibilita um deslocamento relativamente pequeno. Extensões maiores podem exigir a substituição da bomba, devido a perda de carga incremental e ao aumento da elevação de recalque.

O valor dos coeficientes desta equação é definido pela topografia do reservatório, ou melhor, pela sua curva Cota x Área, ou seja, em reservatórios com grande variação de área para variação de cota relativamente pequena, a declividade é pequena e o comprimento do talude seco é grande, representando maior custo incremental, pois a margem de referência, correspondente a cota máxima, estará mais longe do ponto de captação a medida que o reservatório depleciona. As figuras 3.6 e 3.7 explicam o comportamento do custo de bombeamento em função de rebaixamento do reservatório, conforme ilustrado pela figura 3.2.

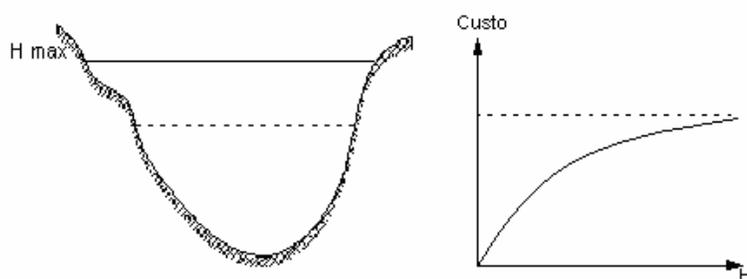


Figura 3.6 Declividade mais acentuada do reservatório

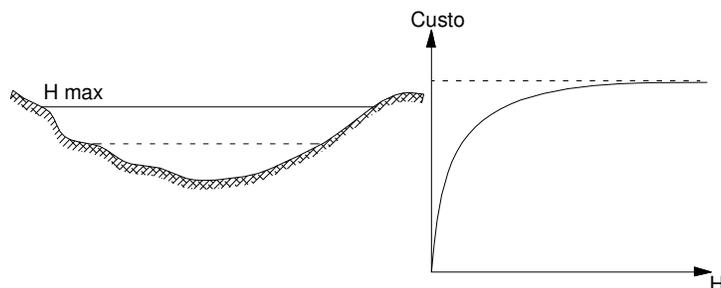


Figura 3.7 Declividade menos acentuada do reservatório

Na figura 3.8 está representada a tendência de elevação de custos de um sistema de bombeamento em função do deplecionamento de um reservatório. À medida que o reservatório vai deplecionando prolonga-se a tubulação de recalque ou de sucção. Como há um aumento da perda de carga, a partir de uma certa cota passa a ser necessária a substituição do conjunto moto-bomba. Este tipo de curva se aplica ao caso de grandes reservatórios, para os quais são necessárias sucessivas trocas do equipamento. Contudo, pode ocorrer que em reservatórios de alta declividade um conjunto moto-bomba superdimensionado resolva o problema sem necessidade de sua substituição. Considerando o rendimento do conjunto moto-bomba constante, a curva tenderá a uma reta pois somente será necessária a tubulação adicional e a troca do rotor, ou seja, os coeficiente “c” e “d” da equação seriam iguais a zero.

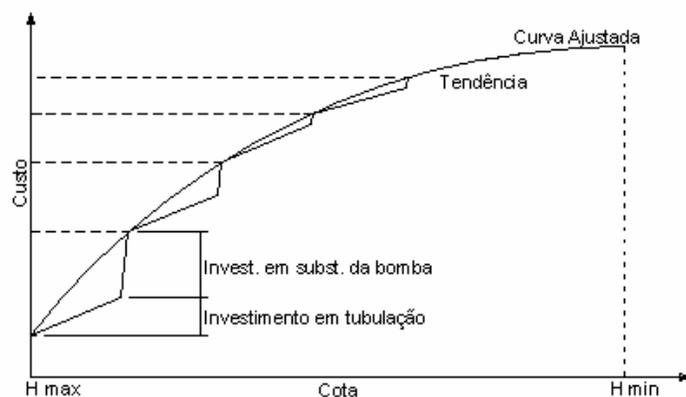


Figura 3.8 – Custo de captação e bombeamento de água x cota do reservatório

Premissas para o bombeamento:

- Não há necessidade de substituição completa de bomba hidráulica, mas sim do rotor.
- O sistema de bombeamento deve manter a mesma vazão em qualquer condição do reservatório.
- O sistema de bombeamento foi projetado para a altura correspondente a moda das frequências de altura do reservatório ou para a cota máxima.
- O rendimento da bomba permanece constante dentro da sua faixa de operação.
- O custo do rotor é pouco significativo frente aos demais custos.

De acordo com Shioya (2005) será necessário aumentar a tubulação de recalque e trocar o rotor da bomba, à medida que o deplecionamento aumentar.

a) Declividade do reservatório

Para o cálculo da declividade média do reservatório, necessita-se da sua largura média

Assim:

L_M = Largura média do reservatório

H_{max} = altura máxima

$$\alpha = \arctg\left(\frac{H_{max}}{L_M}\right) \quad (11)$$

b.1) Incremento do custo do sistema de bombeamento

Para o caso do custo de bombeamento, que abrange o abastecimento, irrigação e indústria, tem-se que:

$$C_{TB} = \sum_{i=1}^n C_{Bi} \quad (12)$$

Onde:

C_{TB} = Custo total da bomba

C_B = Custo por bomba

Para isto é necessário o cadastro de todos os sistemas de bombeamento do reservatório de Furnas com os seguintes dados:

- Características das tubulações – diâmetro, material, etc
- Tipo de combustível – diesel, eletricidade, etc
- Características das bombas – Potência, vazão, faixa de operação, rendimento médio, etc.

b.2) Comprimento do talude seco

$$L = \frac{H_D}{\text{sen}\alpha} \quad (13)$$

onde:

L = Comprimento adicional da tubulação (m)

H_D = Deplecionamento (m)

α = declividade do reservatório

Sendo que:

$$H_D = H_{Pr} - H \quad (14)$$

onde:

H_{Pr} = Cota de projeto do sistema de bombeamento

H = Cota do reservatório devido ao deplecionamento

e

$$H_{Pr} = J.L \quad (15)$$

ou

$$H_{Pr} = \frac{J.H_D}{\text{sen}\alpha} \quad (16)$$

onde:

J = Perda de carga unitária

b.3) Cálculo da altura manométrica adicional

$$H_M = H_D + H_P \quad (17)$$

Onde:

b.4) Potência adicional no bombeamento devido ao deplecionamento

$$W = \left(\frac{g \cdot Q}{\eta_B} \right) \cdot H_M \text{ (kW)} \quad (18)$$

onde:

g = aceleração da gravidade (m/s²)

Q = vazão (m³/s)

η_B = rendimento da bomba

b.5) Investimento adicional em tubulação

$$C_T = C_{UT} \cdot L \quad (19)$$

onde:

C_T = Investimento adicional em tubulação (R\$)

C_{UT} = Custo da tubulação por metro linear

b.6) Custo de energia no bombeamento

$$C_W = W.H_T.C_{EE}.C_D.N_D + C_T \quad (20)$$

onde:

C_W = Custo da energia consumida pela bomba hidráulica (R\$/mês)

W = Potência consumida pela bomba (kW)

H_T = Horas trabalhadas (h)

C_{EE} = Consumo específico de energia do motor diesel (l/kWh)

C_D = Custo do diesel (R\$/l)

N_D = Número de dias

b.7) Custo adicional do bombeamento

$$C_B = C_T + C_W \quad (21)$$

3.2 Geração de Energia

A potência gerada depende diretamente da vazão turbinada e da queda líquida, que por sua vez depende da cota do reservatório. Assim, em centrais com reservatórios de regularização, a cota do mesmo pode variar entre o máximo normal e o mínimo normal. A cota máxima normal de um reservatório é aquela que corresponde ao nível que limita a parte superior do volume útil e a cota mínima normal é aquela que corresponde ao nível que limita a parte inferior do volume útil, ou seja, a partir daí as turbinas não mais poderão operar, por questões hidráulicas ou estratégicas.

Ressalta-se que a produtividade (K) é uma característica da central obedece a uma equação do segundo grau, tal como apresentado na equação 10 e estabelecida na Resolução ANEEL 081/2000.

$$K = a + b \cdot H + c \cdot H^2 \quad (22)$$

onde:

H^2 = cota do reservatório

Sendo que:

$$W_G = \Delta K \cdot Q \quad (23)$$

onde:

ΔK = Variação da produtividade da Central (MW/m³/s).

A receita oriunda da geração de energia elétrica pode ser calculada com a seguinte equação:

$$P_R = P_V \cdot W_G \cdot T \cdot Disp \cdot F_C \quad (24)$$

onde:

P_R = Receita (R\$/mês)

P_V = Preço de venda (R\$/MWh)

W_G = Potência gerada (MW)

T = Tempo de operação (h/mês)

Disp = Disponibilidade

F_C = Fator de capacidade médio

K = Produtividade da central (MW/m³/s)

3.3 Piscicultura, Aquicultura e Pesca.

Segundo o Instituto Internacional de Ecologia (2000), a fauna íctea dentro de um reservatório é alterada de acordo com as características da qualidade da água, devido a dois fatores: mudanças do sistema de operação do reservatório ao longo do ano hidrológico e introdução de poluentes por tributários;

Um bom exemplo disto aconteceu no reservatório de Barra Bonita, onde foi observada grande mortandade de peixes, em 1994, por causa da combinação de um maior tempo de retenção e a entrada de água com pouco oxigênio pelos seus tributários.

Segundo Martins (2002), no que se refere ao controle do nível de água, a operação mais desejável é, na maioria das vezes, conflitante com os demais usos. Em geral, as oscilações bruscas nos níveis da água são prejudiciais à fauna de peixes por interferir nos abrigos, na alimentação e na desova. Se o aumento ou o decréscimo do nível da água for gradual e coincidir com a desova de uma determinada espécie esta poderá ser beneficiada. O tempo de residência de um reservatório favorece a proliferação de algas aquáticas e peixes com hábitos sedentários.

No caso da pesca esportiva, os pescadores podem dispor de informações bastante tendenciosas sobre a densidade de peixes no reservatório, e por isso, normalmente, só se interessam por peixes com “tamanho permitido” e desprezam os mais jovens ou os pequenos. Entretanto os peixes jovens podem ser o elemento dominante na população íctea.

Para o caso de pesca de subsistência e pesca esportiva, a desova dos peixes nativos, que são os peixes de piracema, acontece nos meses de novembro a janeiro e esta se dá nos rios, que se encontram cheios, mas pode acontecer também nas várzeas. Assim, o deplecionamento de pequena duração não impacta significativamente esta população, pois neste período formam-se lagoas marginais aos rios que são os berçários dos peixes nativos. Posteriormente, estes peixes migram de volta para o reservatório. Para os pescadores, tanto da pesca de subsistência quanto para a pesca esportiva, o único empecilho na época do deplecionamento é a distância a ser percorrida até o reservatório.

Um bom estudo sobre os peixes foi feito em Itaipu. Cinco anos antes da formação do reservatório, as pesquisas se iniciaram e permitiram o acompanhamento das alterações provocadas na íctiofauna do Rio Paraná pela formação do lago de Itaipu. Das mais de 100 espécies identificadas na época, cerca de 60 habitavam somente a região de Sete Quedas (Rio Guaíra) e pouco mais de 10 só apareciam no trecho rio acima deste acidente geográfico. O restante dos peixes era comum aos dois trechos do rio. Os levantamentos mostraram que praticamente não existiam áreas de desova e de desenvolvimento inicial de espécies migratórias. Após a formação do reservatório, as espécies migratórias passaram a ter acesso à planície de inundação do rio Paraná acima do Guaíra onde existem condições ideais para a procriação das mesmas. Os estudos realizados indicam que 189 espécies de peixes ocorrem atualmente na área represada.

Posto isto, conclui-se ser desnecessário quantificar a relação entre a perda de renda dos pescadores com o deplecionamento, bem como conclui-se, também, que o desinteresse dos pescadores esportivos se deve, sobretudo, pelo comprometimento da beleza cênica do reservatório e não pela queda da piscosidade do mesmo.

Utilizando-se os dados coletados junto a Colônia de pescadores de Alfenas - MG elaborou-se a tabela 3.1:

Tabela 3.1 Produção de peixes por tonelada e cota				
Ano	1998	2000	2002	2003
Produção ton/ano	3.353	2.896	2.438	1.219
Cota	763	758	764	766

Fonte: Colônia de pescadores profissionais Z4 de Alfenas

Para o caso de pesca de subsistência e pesca esportiva, a desova dos peixes nativos, se dá nas várzeas. Assim o deplecionamento teve um impacto significativo nesta população, pois como mostra a tabela 3.2, a quantidade de pescados antes do deplecionamento era uma e hoje, passados 5 anos a quantidade de peixe é cerca de 1/3 da época.

Tabela 3.2 – Peixes mais comuns na reservatório de Furnas - Pescados Kg/dia				
	1998	2001	2004	2005
Espécies	Média/dia	Média/dia	Média/dia	Média/dia
Traíra	18	20	6	6
Mandi	8	12	3	2
Tilápia	15	12	3	2
Lambari	20	6	12	18
Piau	2	2	1	1
Curimba	1	2	1	1
Tabarana	1	2	0,5	1
Total/Kg	65	56	26,5	31

Fonte: Presidente da Colônia de Pescadores Z4 de Alfenas

Até o ano de 2001 a média diária de pescados era de 65 kg de peixes. No ano de 2001 com o deplecionamento os peixes se ajuntaram no meio do reservatório e a pesca ficou mais fácil tanto para a pesca esportiva quanto para a profissional. Depois do deplecionamento a quantidade de desova diminuiu em função do assoreamento, da grande quantidade de peixes pescados no ano do deplecionamento, quando eles tiveram menos espaço e assim a pesca ficou mais fácil, menor número de matrizes e também do aparecimento de uma nova alga que os peixes não se adaptaram. No ano de 2005 a média diária de pescados foi de apenas 31 kg e segundo o presidente da colônia de pescadores profissionais a quantidade de peixes deve voltar ao normal por volta de 2008 ou 2009.

Nos gráficos das figuras 3.9 e 3.10, conclui-se que o prejuízo causado pelo deplecionamento sobre o setor pesqueiro ultrapassa o período da sua ocorrência, pois reduz a população de peixes e a reprodução dos mesmos. Portanto, pode-se afirmar que as perdas econômicas do setor pesqueiro em reservatórios de centrais hidrelétricas de regularização são sentidas alguns anos após o deplecionamento acentuado e devem-se mais a duração e freqüência do deplecionamento e ao período que ocorre, ou seja, deplecionamentos freqüentes, ou com elevado tempo de duração, ou ainda que ocorram durante o período de desova e de desenvolvimento dos alevinos causam perdas de longo prazo para o setor pesqueiro.

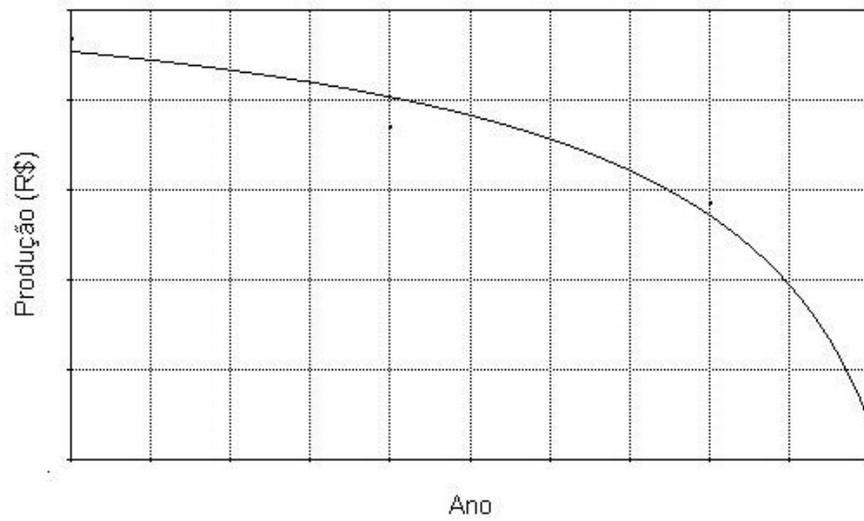


Figura 3.9 - Produção pesqueira nos anos que precedem um deplecionamento crítico

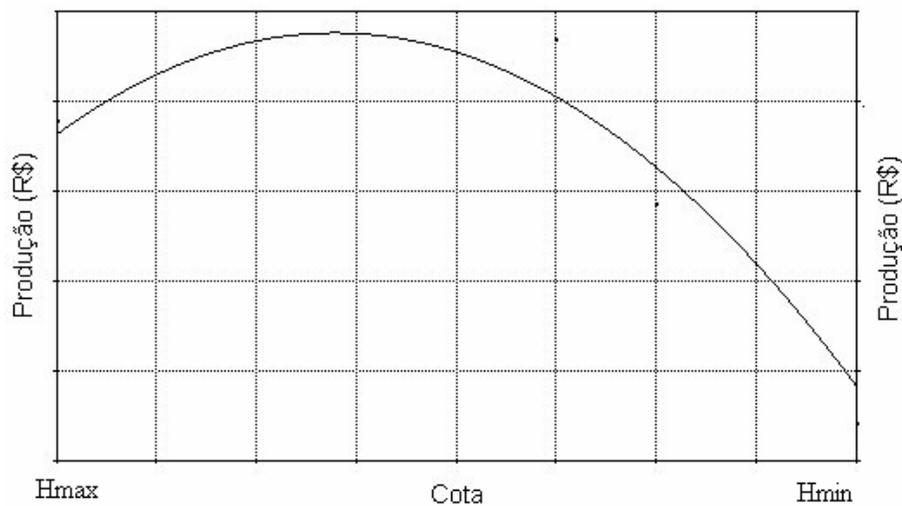


Figura 3.10 - Produção pesqueira nas cota que precedem um deplecionamento crítico

O que há, sim, é a relação entre produção pesqueira e o tempo de permanência numa cota baixa, ou seja, em uma cota que promove o confinamento da população de peixes e expõe “seca” as áreas de procriação. De acordo com a Colônia de pescadores profissionais somente em 2008 a produção de peixes deve voltar aos moldes de 1998, isto é, antes do deplecionamento. Em função disso pode-se concluir que não existe uma equação para este uso múltiplo.

3.4 Navegação

A navegação constitui um uso conflitante com os usos consuntivos e com a geração de energia elétrica. No caso de transporte de carga, a navegação se dá pela linha longitudinal ao longo dos canais, ou seja, antigo leito do rio, ou perpendicularmente a esta linha, como forma de transposição das margens. Para o caso de transporte de turistas, o deplecionamento altera a navegabilidade impedindo o acesso à pontos de interesse turístico e necessidade de realocação de decks e ancoradouros.

Para a navegação turística existe custo, pois inicialmente terá que haver mudanças de decks, ancoradouros e rota. Com o aumento do deplecionamento o turista deixa de frequentar o reservatório, mas estes custos já estão embutidos no item de recreação, turismo e esportes náuticos.

De acordo com a secretaria de turismo de Alfenas, um deck flutuante feito com tambores, estrutura de aço e tábuas, com 1,5 metro de largura, que serve tanto para a irrigação quanto para a navegação, custa em torno de R\$145,00/m². A este deck é acoplada uma passarela de mais ou menos 5 metros de comprimento, que é presa nas laterais do píer por corda ou cabo de aço e à medida que o deplecionamento vai aumentando as amarras vão sendo liberadas e a passarela vai se estendendo. Os custos da passarela já estão embutidos no custo do deck.

Em função disso concluí-se que não existe correlação entre perda de receita pelo setor de navegação interior aos reservatórios em decorrência do deplecionamento do reservatório, salvo casos específicos de travessia em braços do reservatório que podem não dar calado em período de acentuado deplecionamento, não havendo equação para este uso múltiplo.

Concluiu-se pois que não existe equação para este uso múltiplo, ou seja, não existe custo adicional para a navegação no reservatório de Furnas. O transporte que o reservatório possui é de passageiros, turistas, balsas e o deplecionamento não altera o custo.

3.5 Turismo, Recreação e Esportes

De acordo com Corrêa et al(2006) em uma pesquisa feita pela UNIFEI, para avaliação das perdas econômicas dos empreendedores do entorno de um reservatório, utilizou-se dados de ocupação de leitos de hotéis, pousadas e acampamentos que estavam localizados diretamente ao redor do reservatório. A partir do levantamento da capacidade do setor hoteleiro nos municípios lindeiros durante anos que ocorreram acentuados deplecionamento

do reservatório e na capacidade de gasto por visitante, elaborou-se o gráfico apresentado na figura 3.11.

Este gráfico reflete a sensibilidade do turista, que não define a sua determinação de visita ao reservatório pela cota do mesmo, mas por uma percepção de reservatório, cheio ou vazio. A faixa intermediária corresponde aquela na qual para alguns turistas o reservatório pode ser considerado cheio e para outros se acha vazio.

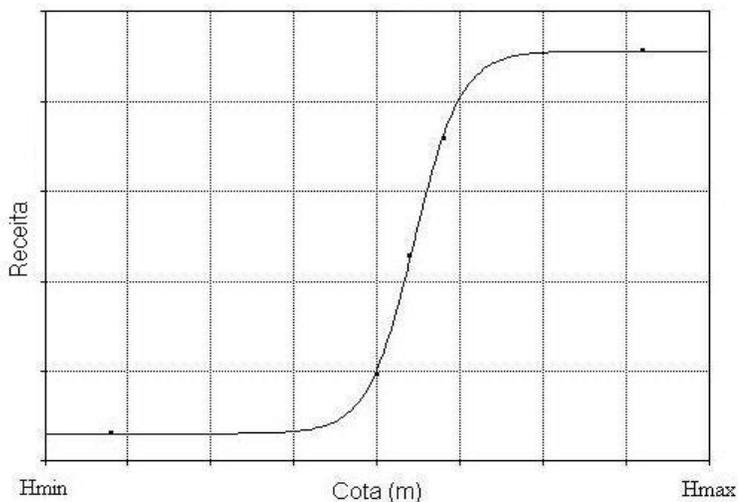


Figura 3.11 – Receita x cota do setor hoteleiro

A perda de receita do setor turístico pode ser calculada pelas seguintes equações:

$$Tx = a + \frac{b}{\left(1 + e^{\frac{-H + c}{d}}\right)} \quad (25)$$

e

$$R = Tx \cdot G_p \cdot N_D \cdot N_L \quad (26)$$

onde:

R= Receita

T_X = Taxa de ocupação

G_p = Gasto per capta (R\$/dia)

N_D = Número de dias (dias/mês)

N_L = Número de leitos

3.6 Diluição e Assimilação de Efluentes Domésticos e Industriais

No item 2.4.2.5 foram citadas as principais doenças veiculadas hidricamente e os custos coberto pelo Sistema Único de Saúde- SUS para cada uma das dessas doenças. Para a análise do impacto do deplecionamento nos gastos com saúde pública, considerou-se que a medida que o reservatório depleciona, aumenta o percurso do esgoto que corre a céu aberto e a probabilidade de contração de doenças pela população lindeira.

O gráfico a seguir representa a diminuição das despesas, ou custos, para o SUS com o enchimento do reservatório.

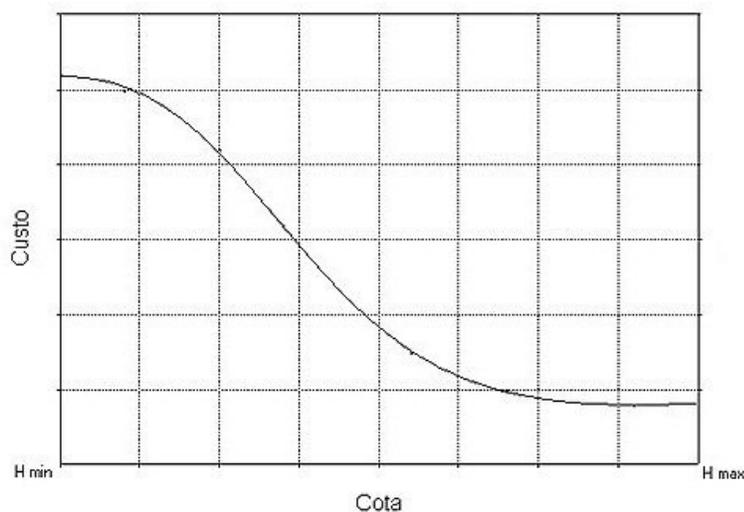


Figura 3.12 - Saneamento – Custo SUS x Cota

O Brasil apresentou 4.128 casos da doença obtidas pelo contato com água contaminada em 2000, a maior parte dos casos ocorreu no Estado de São Paulo, segundo dados divulgados pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Isto se deveu a problemas de contaminação da água na ocorrência de inundações. Assim, conclui-se que a rede de esgoto precária, a falta de drenagem de águas pluviais, a coleta de lixo inadequada e as conseqüentes inundações são condições favoráveis para o aparecimento de epidemias.

A tabela 3.3 nos mostra os casos confirmados por região no período de 1989 a 1996.

Região/Ano	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Norte	314	399	477	422	376	634	841	684
Nordeste	1483	1034	856	606	467	1026	1467	987
Sudeste	622	727	1356	728	621	747	1202	3065
Sul	87	241	312	308	255	427	679	509
Centro-Oeste	2	8	16	32	10	60	71	36
População em Milhões	147	150	153	156	159	162	165	168
Total	2508	2409	3017	2096	1729	2894	4260	5281
Taxa de incidência	17	16	20	13	11	18	26	32

Fonte: Ministério da Saúde (FNS)/IBGE

Na região nordeste, observa-se que o número de doentes teve um decréscimo de 1989 a 1993 e nos 3 anos seguintes houve um acréscimo considerável. Isso se deveu, possivelmente, não a enchentes, mas a falta de saneamento básico.

Já na região sudeste, nos anos de 1991, 1995 e 1996, o acréscimo de doentes foi grande, possivelmente por causa de enchentes. Nos anos de 1989, 1990, 1992 a 1994, a incidência do número de doenças foi menor, mas não devido às cheias. Este fato é representativo da região para o reservatório, isto é, encosta seca, talude maior e, portanto a probabilidade da incidência da doença é devida aos esgotos a céu aberto.

Na figura 3.13 pode-se observar que ao utilizar-se dos dados acima, chegou-se a conclusão que para o caso de Leptospirose no Brasil, na região sudeste, a equação é linear, como mostram os número de casos confirmados e a população nacional.

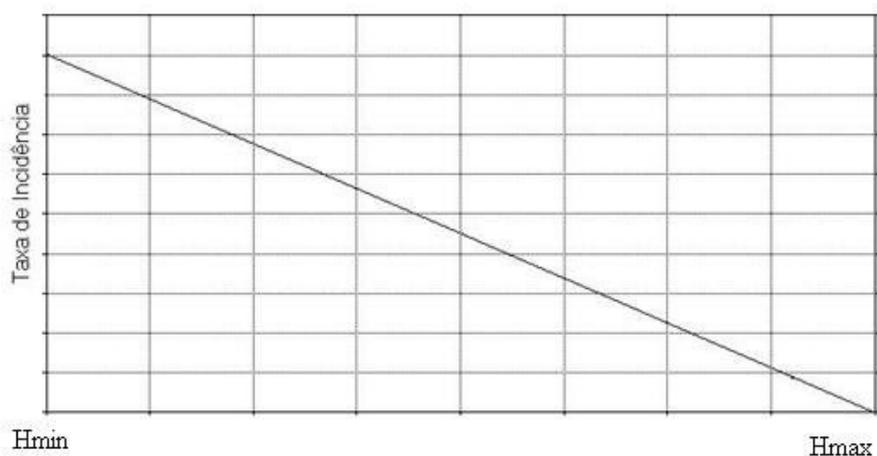


Figura 3.13 - Cota por incidência de doença (Leptospirose)

O custo de tratamento das doenças causadas pela exposição ao esgoto é proporcional a taxa de incidência e pode ser calculada pelas seguintes equações:

$$T_I = a + b \cdot H \quad (27)$$

onde

$$C = C_T \cdot \Delta T_I \cdot Pop \quad (28)$$

onde:

C= Custo

C_T= Custo do tratamento

ΔT_I=Variação da taxa de incidência

Pop = População dos municípios limdeiros em milhões

Capítulo IV - ESTUDO DE CASO: UHE Furnas

O Estudo de caso dessa dissertação será sobre o reservatório de Furnas. Pelo Decreto n.º 41.066, em fevereiro de 1957, foi criada a Central Elétrica de Furnas, com o objetivo de construir a Usina de Furnas, primeira obra hidrelétrica de grande porte no Brasil, com 1.216 MW, que começou a operar em 1963.

Este reservatório é a maior espelho d'água no território com 1.457,48 km², sendo margeado por 34 municípios, com população próxima a 1.000.000 habitantes.

A profundidade máxima na altura da barragem é de 90 metros e a profundidade média é de 13 metros. Na cota de 766 m, o lago tem uma área de 1.260 km² e uma capacidade de armazenamento de 20.183 hm³ bem como uma área de 1320 km

4.1 Impacto Sócio-Econômico - Região do Deplecionamento

O reservatório de Furnas, resultado de um aproveitamento hidrelétrico do Rio Grande, foi um fator preponderante para o desenvolvimento econômico da região nos anos 60, baseado na atividade industrial do Estado de São Paulo. Por outro lado, resultou no empobrecimento imediato da população das cidades do Sul de Minas, que foram atingidas pelas desapropriações. Esta população tinha a pecuária leiteira não só como tradição, mas como a principal fonte de renda da atividade agrícola. O impacto decorrente da implantação da reservatório na região foi negativo para a economia local, não só pela perda da fonte de alimento para o gado no período de entressafra como também pelos baixos valores pagos de indenização aos proprietários das terras alagadas.

Passados 40 anos, com o crescimento da atividade cafeeira, a região vem se recompondo dos traumas sofridos. O reservatório vem se notabilizando com a crescente utilização em atividades como lazer, turismo, irrigação e pesca.

4.1.1 Central Hidrelétrica de Furnas – Características Técnicas

- Barragem de enrocamento com núcleo de argila e altura máxima da barragem: 127 m.
- Reservatório com extensão máxima: 220 km, cota máxima de armazenamento 768 e mínima de operação de 750. Queda nominal: 98,70 m; área inundada: 1.440 km², volume total: 22,95 bilhões m³ e volume útil: 17,217 bilhões de m³.



Figura 4.1 - Usina de Furnas

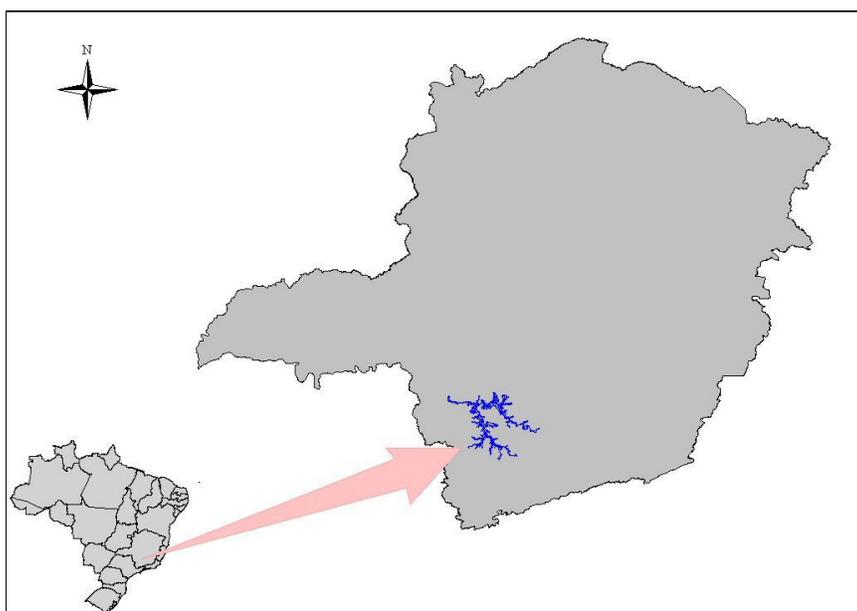


Figura 4.2 – Localização geográfica do reservatório de Furnas dentro do Mapa do Brasil

4.1.2 Dados Sócio-Econômicos dos Municípios Lindeiros

A atividade agrícola cafeeira cresceu muito na região devido ao clima criado pelo reservatório, que protege a plantação das geadas. O café situa-se entre as atividades mais importantes da região, tanto no aspecto de empregos como na geração de rendas.

O turismo, devido à duplicação da rodovia Fernão Dias, vem se desenvolvendo rapidamente, facilitando o acesso à região. Ocorreram grandes investimentos financiados pelo

BNDES e BDMG, que criaram uma linha especial para financiar pequenos empreendimentos turísticos.

A pesca é um dos principais usos que se faz do reservatório. As cidades de Alfenas e Formiga possuem juntas cerca de 5.000 pescadores profissionais cadastrados, que vivem exclusivamente desta atividade.

A pesca amadora é hoje, o principal atrativo para o lazer e turismo da região. O reservatório de Furnas está recebendo um grande número de turistas depois que o tucunaré foi introduzido. A atividade no reservatório da hidrelétrica é intensa o ano inteiro, havendo uma diminuição nos meses mais frios. A procura vem sendo muito grande. Em Furnas, por exemplo, existe um torneio para atrair turistas e visitantes à região.

Para atrair ainda mais turistas, várias pousadas e hotéis preparam um esquema especial que conta com barco, material para pesca, varas com ou sem montagem, freezer, sacos, limpeza e guarda de peixes, além de um ajudante que passa o dia com o visitante.

O reservatório de Furnas possui 34 municípios limieiros. Destes municípios 14 foram selecionados de acordo com as maiores áreas alagadas para a área da pesquisa feita pela Unifei- “Perdas econômicas dos empreendedores do entorno de um reservatório”.

De acordo com Corrêa et al (2006) variações frequentes de cota e de grande duração acarreta além das perdas físicas, perdas financeiras e conseqüentemente queda no desenvolvimento econômico dos estabelecimentos. Restaurantes, hotéis, farmácias, postos de gasolina, supermercados, etc foram afetados pela queda do nível das águas do reservatório de Furnas, já que são setores que sofrem influência direta do turismo local.

Ainda de acordo com Corrêa et al (2006) os 14 municípios tiveram um prejuízo, de 1999 a 2005 de quase R\$140.000.000,00, sendo o setor agropecuário o maior prejudicado com 66,6% do prejuízo, seguido do turismo com 15,2%. De modo geral os 34 municípios são afetados diretamente pelo deplecionamento.

4.1.3 O Impacto na Região Devido ao Último Grande Deplecionamento (1999 a 2001)

O setor energético está passando por um profundo processo de reestruturação envolvendo todas as áreas do setor. Esta mudança não foi responsável pela crise, que culminou com o racionamento no início da década, mas sim fatores de natureza estrutural e conjuntural. Não pretende-se discorrer aqui as conjunturas, pois são fatos políticos e sim os fatores de natureza estrutural.

Segundo Silveira e Guerra (2001) os principais fatores de natureza estrutural que contribuíram para a crise foram: falta de diversificação do parque gerador brasileiro; escassez de investimentos entre 1985 e 1995; demora na regulamentação do Art. 175 da Constituição Federal de 1988 e questões ambientais. O nosso parque gerador é essencialmente hidrelétrico, com raras exceções de alguns sistemas isolados. O Brasil, quinto país do mundo em superfície, possui 12% das reservas mundiais de água doce. Diante deste fato, verifica-se no país, que a fonte de eletricidade de maior ocorrência e de menor custo de geração é de origem hidráulica. A falta de diversificação ocorreu por diversos fatores como: riqueza natural hidrográfica e hídrica, reservas insuficientes de petróleo, carvão de baixa qualidade e baixo custo da geração hidráulica em relação a outras alternativas levaram o país a realizar grandes investimentos na geração hidrelétrica.

O outro fator foi a falta de investimento no setor, que ocorreu porque o país, para acompanhar o crescimento da economia brasileira, principalmente na década de 80, os sistemas de geração e transmissão de energia tiveram que crescer de forma acelerada para acompanhar a demanda de energia. No entanto, a partir de 1985 observou-se uma progressiva diminuição na taxa de crescimento médio anual da geração hidrelétrica, principalmente em função da redução dos investimentos pelas geradoras federais que visavam a privatização do setor.

O terceiro fator, que foi a demora em regulamentar o artigo 175 da constituição de 1988, só foi regulamentado em 1995. Com esta regulamentação as empresas do setor elétrico, foram, obrigatoriamente, separadas em 4 partes para serem privatizadas: geração, transmissão, distribuição e comercialização. Só a partir de 1996 é que foi criada a ANEEL, iniciando-se então as licitações e a outorga de concessões com a participação do capital privado, retomando-se a expansão da oferta.

O último fator que contribuiu com a crise energética culminando com o racionamento foi a questão ambiental. A partir da década de 80, surgiu uma nova consciência em relação ao meio ambiente e a partir deste fato os órgãos ambientais aumentaram as restrições e requisitos, limitando com isso o surgimento de novos empreendimentos hidrelétricos. Assim, a obtenção de uma licença ambiental passou a constituir mais um entrave para novos empreendimentos e com estes quatro fatores juntos era inevitável que surgisse a crise energética e o racionamento em 2001.

Nos anos de 1999 a 2001, para compensar a falta de investimentos em novas geradoras, as vazões turbinadas superaram amplamente as vazões afluentes, causando um deplecionamento sem precedentes no nível das águas. Evidenciaram-se, tornando-se críticos,

os conflitos decorrentes da falta de gestão no uso das águas. A situação da região, na época era um testemunho, que mostrava claramente, a necessidade da gestão dos recursos hídricos, conforme a Lei 9.433 atribui aos Comitês de Bacias.

No auge do deplecionamento, isto é, na época do racionamento, o reservatório estava em média, 2 km fora do seu leito, o que trazia grandes preocupações aos cerca de um milhão de moradores das cidades que compõem os municípios lindeiros de Furnas.

Em Formiga, por exemplo, houve uma queda de até 50% na arrecadação da prefeitura e desemprego generalizado, com todos os problemas sociais que decorreram dessa situação. "Guardadas as proporções, a queda de nível da represa equivale a esvaziar o Pantanal". A maior parte dos comerciantes que dependiam do turismo no reservatório, estavam falidos antes até do racionamento, em decorrência do deplecionamento que foi ocorrendo aos poucos. Segundo Engel (2003) a mobilização da população partiu de empresários do ramo de turismo e lazer, que viram desaparecer os turistas e, com eles, parte importante da atividade econômica de diversos municípios lindeiros. Somente em Formiga, 11 dos 12 clubes aquáticos enfrentaram dificuldades. Embora sem dados consolidados, cerca de 90% dos empregos em clubes, lanchonetes e bares desapareceram.

Com o deplecionamento do reservatório a poluição apareceu refletindo a falta geral de recursos dos 34 municípios lindeiros que despejam seus esgotos, sem tratamento no reservatório ou nos rios e riachos que deságuam no reservatório. Mesmo nessas condições, a vazão dos esgotos não diminuiu. A consequência foi o enorme aumento na concentração de poluentes. Aumentaram as dificuldades de tratar corretamente a água distribuída à população, aumentaram os problemas gastrointestinais. A população recorreu à compra de água engarrafada.

Com o deplecionamento do reservatório apareceram as áreas das antigas várzeas, que demonstraram sua grande fertilidade, produzindo exuberante capinzal e que eram o esteio da produção agrícola anterior ao represamento. Com o retorno das águas, toda esta biomassa apodreceu. O carbono das plantas transformou-se em gás carbônico e metano e a água perdeu oxigênio, provocando impactos na camada de ozônio.

4.2 Aplicação do Modelo

Com base na da série histórica mensal das cotas de Furnas (1963 a 2003), observou-se que a moda é a cota 766. Em 40 anos, ou seja, em 480 meses, o reservatório ficou na cota 766 por 82 vezes, seguida da cota 767 e 768. Também, pelo gráfico de frequência de cotas - fig

4.3 - constata-se que o reservatório ficou abaixo da cota 760 apenas 20% dos meses dos últimos 40 anos e abaixo da cota 753 apenas uma única vez.

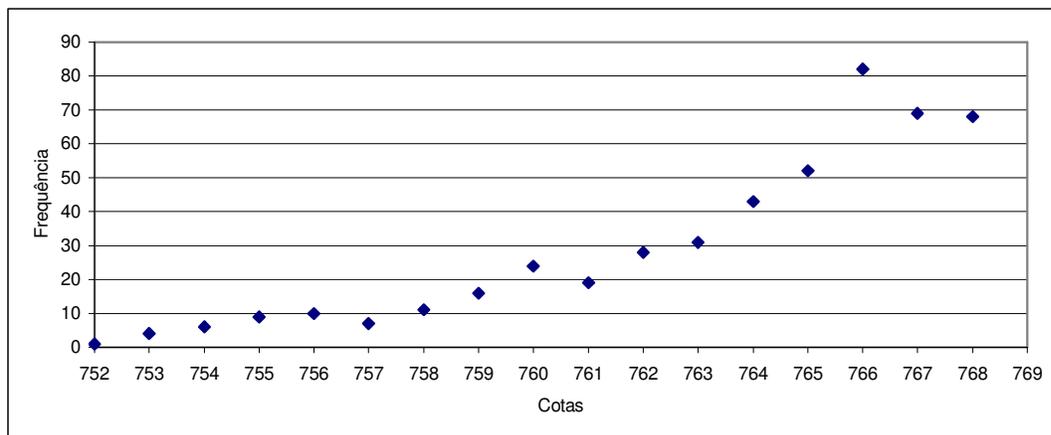


Figura 4.3 – Frequência das cotas em metros de Furnas

4.2.1 Análise dos Dados do Deplecionamento de 2001

Para a análise do último deplecionamento foram utilizados dados de Furnas de 1998 a 2002 relativos ao último dia de cada mês. Os dados são cota, energia, volume útil e potência média gerada. Observa-se, de acordo com a figura 4.4, que a cota e a energia não são linearmente dependentes e variaram de forma distinta, isto é, o despacho da central era baseado na necessidade de vazão a jusante. Somente em alguns períodos do racionamento é que se verifica uma menor geração de forma a preservar o reservatório.

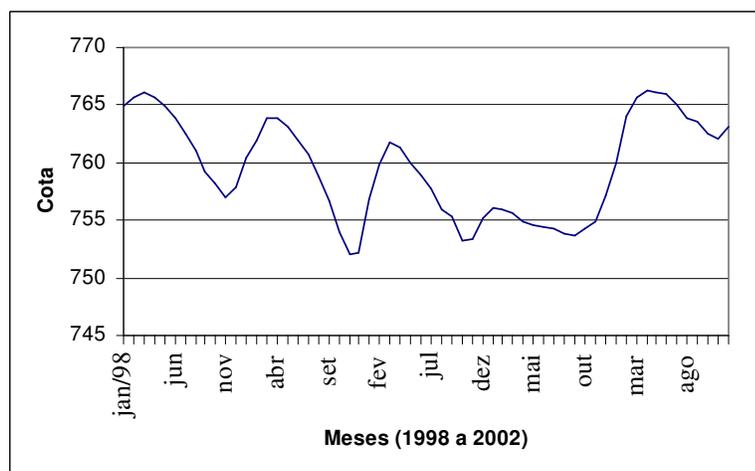


Figura 4.4 - Cota de Furnas durante o deplecionamento

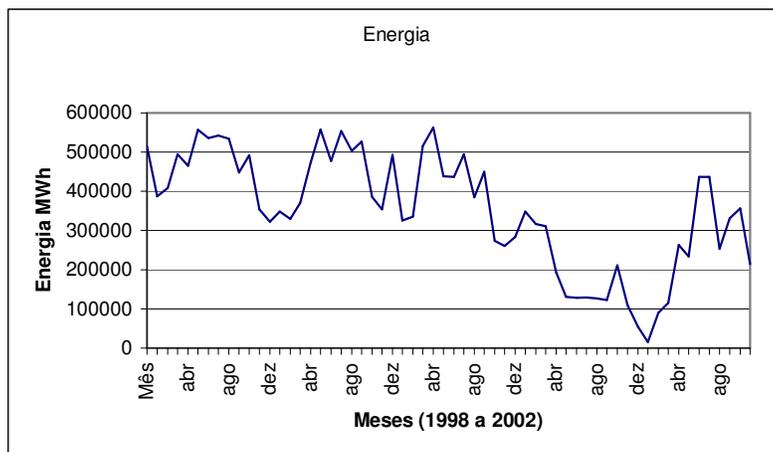


Figura 4.5 – Energia gerada por Furnas durante o Deplecionamento

Na figura 4.5, pode-se notar que em dezembro de 2001 a geração de energia chegou quase a zero. A menor cota do reservatório foi de 752, ou seja, 2 m acima da cota mínima.

4.2.2 Sistema de Bombeamento de Água

a) *Declividade do reservatório*

Para o cálculo da declividade média do reservatório, utilizou-se a largura média de 1.832 metros do reservatório, que foi calculada com o emprego de SIG (Sistema de Informações Geográficas) em 35 seções aleatórias da represa de Furnas.

Assim de acordo com a equação (11) do capítulo III, tem-se que:

$$L_M = 1.832 \text{ m}$$

$$H_{\max} = 18 \text{ m}$$

$$\alpha = 1,126^\circ$$

b) *Incremento do custo do sistema de bombeamento*

Para o cálculo do custo incremental do bombeamento, de acordo com a equação (12) do capítulo III, é necessário o cadastro de todos os sistemas de bombeamento do reservatório de Furnas com os seguintes dados:

- Características das tubulações – diâmetro, material, etc
- Tipo de combustível – diesel, eletricidade, etc
- Características das bombas – Potência, vazão, faixa de operação, rendimento médio, etc.

Por exemplo, o caso de irrigação:

Supondo que deseja-se irrigar uma determinada área, na cota 766 e recalcar água para um pivô central, conforme descrição abaixo:

Cota de projeto do sistema de irrigação: 766 m.

De acordo com o anexo 1, baseado na série histórica mensal das cotas de Furnas (1963 a 2003), observa-se que a moda é a cota 766.

- Dias trabalhados por mês: 30 dias
- Horas trabalhadas por dia: 10 h/dia
- Combustível do motor: diesel
- Custo do diesel: R\$ 1,8/l
- Vazão: 33,7 m³/h
- Perda de carga unitária = 1,8% (perda de carga unitária), de acordo com o catálogo do fornecedor de bombas.
- Altura manométrica de projeto: 74,58 m
- Consumo específico de energia do sistema de bombeamento: 2,2 l/kWh

b.1) Comprimento do talude seco

Em conformidade com a equação (13) do capítulo anterior, tem-se que:

$$L = \frac{(766 - H)}{0,01965} \quad (13)$$

De acordo com a equação (14) o resultado fica do seguinte modo:

$$H_D = 766 - H \quad (14)$$

Conformidade com a equação (16) tem-se que:

$$H_p = 701,656 - 0,916.H \quad (16)$$

b.2) Cálculo da altura manométrica adicional

Resolvendo a equação (17) do capítulo III, que resulta em:

$$H_M = 1467,656 - 1,916.H \quad (17)$$

b.3) Potência adicional consumida no bombeamento devido ao deplecionamento

Onde:

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 33,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\eta_B = 0,78$$

De acordo com a equação (18) do capítulo anterior, tem-se que:

$$W = 172,8 - 0,226.H \quad (18)$$

b.4) Investimento adicional em tubulação

C_{UT} = Tubo galvanizado 4" de R\$ 46,00/m(Aço tubo)

Em conformidade com a equação (19) do capítulo III, que resulta em:

$$C_T = 1793160,04 - 2340,94.H \quad (19)$$

b.5) Custo de energia no bombeamento devido ao deplecionamento

De acordo com a equação (20) da proposição do modelo, tem-se que:

$$C_W = 205275,619 - 267,984.H \quad (20)$$

A partir do equacionamento apresentado e das bombas do fornecedor adotado, constatou-se que ao substituir o rotor da bomba por outro com altura manométrica de 100m, apenas quando o reservatório atingir a cota 752, o que é raro de ocorrer, é que não será possível manter a mesma vazão, necessitando retirar alguns aspersores. Para tanto o conjunto moto-bomba original deverá ter o motor de 30cv e não de 25 cv, como inicialmente previsto.

B6) Custo adicional do sistema de bombeamento

Resolvendo a equação (21), tem-se que:

$$C_B = 1998435,66 - 2608,92.H \quad (21)$$

4.2.3 Geração de Energia

A central Hidrelétrica de Furnas apresenta a s seguintes características energéticas, conforme dados do SIPOT:

- Cota máxima: 768 m
- Cota mínima 750 m
- Potência nominal = 1.216 MW
- Vazão nominal = 1.493 m³/s
- Tempo de operação = 720 h/mês
- Disponibilidade = 0,95
- Fator de capacidade = 0,55

- Preço da energia = R\$ 67,33/MWh

Utilizando a Equação de Produtividade que está no capítulo anterior sob o número (22), tem-se que:

$$K = 16,974 - 0,0513H + 3,95 \cdot 10^{-5} H^2 \quad (22)$$

De acordo com a equação (23) da Proposição do modelo, a perda de potências será de:

$$\Delta W_G = 1313,163 - 1493.K \quad (23)$$

Substituindo estes valores na equação (24), tem-se para a central de Furnas a seguinte equação de geração de receita em função da cota:

$$P_R = -608655051 + 1940047,5.H - 1494,18.H^2 \quad (24)$$

4.2.4 Turismo, Recreação e Esportes

Conforme apresentado na capítulo 3, o turista define sua disposição de visitar o reservatório com base na sua sensibilidade de definir se o reservatório está cheio ou vazio. Para o reservatório constatou-se que a taxa de ocupação da rede hoteleira correspondente ao volume do reservatório é:

- Cheio – 85%
- Médio- 70%
- Vazio –20%

Para o reservatório de Furnas determinou-se a taxa de ocupação da rede hoteleira em função de cotas extremas e intermediárias, conforme apresentada na tabela 4.1.

Tabela 4.1 Recreação		
Taxa de ocupação (%)	Receita (R\$)	Cota (m)
85	4.253.826	768
70	3.782.933	762
49	3.094.848	761
30	2.478.966	760
20	2.126.917	752

Considerando que a rede hoteleira dispõe de 1.362 leitos e que cada turista gasta R\$80,00 em média, tem-se a seguinte geração de receita pelo turismo por cotas do reservatório, conforme equação (25) e (26).

A equação (25) resulta em:

$$Tx = 0,19778 + \frac{0,65070}{1 + e^{-\frac{H + 761,12537}{0,69563572}}} \quad (25)$$

e da equação (26) obtém-se o seguinte resultado:

$$R = 2126913 + \frac{2127022}{1 + e^{-\frac{H + 761,12537}{0,69563572}}} \quad (26)$$

4.2.5 Diluição e Assimilação de Efluentes Domésticos e Industriais

Para o reservatório de Furnas, para o cálculo do custo com saúde devido ao aumento do percurso a céu aberto esgotamento até a sua diluição no reservatório, foi considerada os seguintes itens:

De acordo com a figura 3.13, tem-se:

$$a = -164,71667$$

$$b = 0,22555556$$

$$Pop = 793.507$$

$$C_T = 258.78 \text{ per capita}$$

Desenvolvendo a equação (27) e (28) do capítulo anterior, tem-se que:

$$\Delta T_i = 173,23 - 0,23.H \quad (27)$$

e

$$C = 35434,24 - 46,1374.H \quad (28)$$

CAPÍTULO V - ANÁLISE, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Análise dos Resultados

A tabela 5.1 relaciona o custo adicional ou a perda de receita dos usos preponderantes em um reservatório de regularização da central hidrelétrica de Furnas, cujos valores foram obtidos do modelo desenvolvido no capítulo 4.

Tabela 5.1 - Análise dos Resultados					
Cota (m)	Deplecionamento (m)	Sistemas de Bombeamento ²	Geração de Energia	Turismo	Diluição ³
H		Custo Adicional	Perda de Receita	Perda de Receita	Custo Adicional
750	18	41.741	5.895.597	2.126.913	830
751	17	39.132	5.593.458	2.126.912	784
752	16	36.523	5.288.331	2.126.909	738
753	15	33.915	4.980.217	2.126.895	692
754	14	31.306	4.669.115	2.126.838	646
755	13	28.697	4.355.026	2.126.595	600
756	12	26.088	4.037.949	2.125.572	554
757	11	23.479	3.717.885	2.121.276	508
758	10	20.871	3.394.833	2.103.378	461
759	9	18.262	3.068.794	2.031.220	415
760	8	15.653	2.739.767	1.774.861	369
761	7	13.044	2.407.752	1.158.979	323
762	6	10.435	2.072.750	470.893	277
763	5	7.826	1.734.761	134.486	231
764	4	5.218	1.393.784	33.480	185
765	3	2.609	1.049.819	7.966	138
766	2	0	702.867	1.815	92
767	1	-2.609	352.927	349	46
768	0	-5.218	0	0	0

Ao analisar esta tabela, observa-se que a geração de energia elétrica é o uso que mais perde receita com o deplecionamento, seguido do turismo, sistema de bombeamento. O impacto do deplecionamento não pôde ser dimensionado uma vez que os dados disponíveis somente permitiram avaliar uma única doença de veiculação hídrica.

lxxxiv

² Referentes aos usos: Abastecimento público; industrial e irrigação

³ Considerado, a título de exemplo, a leptospirose

A tabela mostra que no caso do bombeamento quando o reservatório enche acima da cota 766, que corresponde a moda histórica, existe uma economia teórica em combustível e tubulação. Esta economia é teórica pelo fato do investimento já ter sido efetuado e quando o reservatório enche acima da cota 766 não há recuperação do capital.

Com dados da única doença que foi conseguida uma boa base de dados em todas as regiões do país foi a leptospirose. Cruzada com os custos do Sistema Único de Saúde-SUS, chegou-se a conclusão que esta tabela, ou seja, para a cota 752, que foi a menor cota que o reservatório já chegou o custo da doença é de R\$ 738,00 para cada 4 pessoas por milhão. Se houver uma série histórica de outras doenças este modelo será factível a todo tipo de estudo sobre as doenças veiculadas hidricamente.

5.2 Conclusões

No caso da diluição de esgoto foi analisada, a título de exemplo, a doença leptospirose a partir de dados da região sudeste, na qual Furnas está inserida. Sabe-se que quanto maior o deplecionamento maior é o percurso do esgoto e, portanto, maior é o tempo de exposição do mesmo, aumentando a probabilidade de contaminação da população lindeira.

Para o turismo, as variáveis consideradas foram o número de leitos existentes nos municípios lindeiros ao reservatório e o gasto per capita pode aumentar de acordo com as opções colocadas a disposição do turista. Neste caso, quanto maior o deplecionamento menor será a ocupação de hotéis e pousadas e, portanto, menos turistas se utilizarão do reservatório e menor será a receita, impostos e empregos decorrentes do turismo.

Para o cálculo da perda de receita na geração de energia, o valor da energia foi considerado aquele praticado no último leilão e a vazão foi considerada constante. Também, não foi considerado neste trabalho, o benefício do deplecionamento para a geração na cascata.

No sistema de bombeamento está contemplado apenas o custo adicional de combustível necessário para o bombeamento e o investimento adicional em tubulação. O investimento em substituição da bomba hidráulica considera somente a substituição do rotor da bomba que é muito inferior ao custo operacional do sistema e ao investimento em tubulações e acessórios e por isto não foi considerado. Se o deplecionamento ocorrer com maior frequência, o investimento em tubulação tende a diluir e o custo operacional tende a ser mais significativo. No sistema de bombeamento, quando a cota atinge 750, a bomba hidráulica selecionada não mantém a vazão. Contudo, não é aconselhável a substituição do

conjunto moto-bomba em razão da baixa ocorrência desta cota, sendo recomendado mantê-lo e alterar o regime operativo e, no caso da irrigação, reduzir o número de aspersores.

Para o caso da piscicultura, aquicultura e pesca conclui-se não ser possível determinar uma equação que relaciona as perdas sofridas com o nível do deplecionamento. Para o caso da piscicultura e aquicultura não há perda de receita ocasionada pelo deplecionamento, pois os tanques redes são montados nos canais principais, que permanecem com água. No caso da pesca comercial constatou-se que a perda de receita somente ocorre quando o deplecionamento coincide com o período de reprodução e desenvolvimento dos alevinos, que se dá nas varzeas que se secam. Assim, conclui-se que as perdas do setor pesqueiro somente são percebidas alguns anos após o deplecionamento e é afetado pela duração e frequência do deplecionamento em cotas que secam as áreas de reprodução e desenvolvimento. Para o caso da pesca esportiva, o deplecionamento provoca o desinteresse dos pescadores, que são basicamente turistas, e se deve sobretudo ao comprometimento da beleza cênica do reservatório e não pela queda da piscosidade do mesmo, no curto prazo.

Para a navegação concluiu-se que não há aumento de custo operacional em decorrência do deplecionamento, uma vez que a navegação em reservatórios destina-se à transposição de do reservatório. Logo, quanto maior o deplecionamento menor a distância a ser percorrida. A perda de receita do setor de navegação deve-se a redução do número de passageiros, composto em grande parte por turistas, que deixam de frequentar o reservatório. Assim, esta perda já está computada no uso turismo e lazer.

Considerando-se todos dados acima citados conclui-se que os resultados mostram-se coerentes e validam o método para os usos múltiplos da água num reservatório de regularização.

Os municípios lindeiros, com este trabalho, passam a dispor de uma metodologia que lhes permite respaldar futuras reivindicações de ressarcimento dos prejuízos decorrentes do deplecionamento. Por outro lado, as empresas geradoras de energia que passam a ter um instrumento que lhes possibilita determinar até onde podem deplecionar um reservatório de regularização sem prejuízo a ambos os lados.

5.3 Recomendações

Para o caso de Diluição de efluentes domésticos e industrial, recomenda-se para tornar o método mais abrangente, um bom banco de dados, o que não existe atualmente. As prefeituras dos municípios lindeiros deverão desenvolver bancos de dados de acordo com o que requer a metodologia.

Durante a fase de desenvolvimento deste trabalho procurou-se correlacionar o consumo de energia nos municípios limieiros com a cota do reservatório no período de 1998 e 2002. Contudo, os dados fornecidos pela empresa distribuidora de energia elétrica da região não se mostrou consistente. Tal proposta poderia ser desenvolvida, uma vez que há sim correlação entre deplecionamentos acentuados e duradouros ou com frequência elevada com a redução do consumo de energia elétrica, uma vez que a atividade econômica é gravemente afetada pelo deplecionamento.

Outro viés de pesquisa que poderia ser desenvolvida para comparar com deste trabalho é a aplicação das técnicas fuzzy a partir de uma avaliação subjetiva dos vários usos do reservatório. Esta ferramenta se mostra adequada, uma vez que captura a sensibilidade dos atores e possibilita, inclusive determinar cota neutra, ou seja aquela correspondente ao trade off entre os usos conflituosos.

Ampliação da pesquisa sobre custo social do saneamento básico em decorrência do aumento do trecho de esgoto a céu aberto para comparação com os demais usos do reservatório.

Interessante se faz quantificar o benefício da operação de reservatórios de regularização de centrais hidrelétricas para a cascata, ou seja, reservatórios que regularizam a vazão para centrais situadas a jusante, quando deplecionados, reduzem a potência gerada por suas turbinas, mas elevam a geração das centrais de jusante. Logo, o deplecionamento pode ter um saldo positivo quando analisada toda a cascata.

BIBLIOGRAFIA

- ANA – Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos – editores M. Straskraba e J.G. Tundisi – 2000.
- ANA – Diagnóstico da Outorga de Recursos Hídricos – Diretrizes e prioridades- MMA- maio de 2005
- ABICALIL, M.T** – Atual Situação dos Serviços de Água e Esgotos no Brasil (pág. 135)- - ANA -**2003**, O Estado das Águas no Brasil 2001-2002- Edição Comemorativa do dia Mundial da Água.
- ANDRIGUETI, J** – O maior desafio é a manutenção das águas- entrevista realizada em julho de 2004
- ANEEL**, Atlas Hidrológico Brasileiro (CD ROM, versão 1.0), 1998.
- ANEEL/ELETOBRÁS/MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA** – SIPOT – Sistema de Informação do Potencial Hidrelétrico Brasileiro, 1997.
- ANEEL/ANA** – Introdução ao Gerenciamento de recursos Hídricos, 2001.
- BEN**, Balanço Energético Nacional, Ministério das Minas e Energia -1998.
- BEN**, Balanço Energético Nacional, Ministério das Minas e Energia - 2004.
- BENI, M.C.** - Análise Estrutural do Turismo - 2ª edição Editora SENAC –SP-1998
- BENJAMIN, C.**- <http://www.aeel.org.br/textoassociado.htm>. História da Energia, junho 2003
- BRAGAGNOLO, N e PAN W.** - A Experiência de programas de manejo e conservação dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. Uma contribuição para o gerenciamento dos recursos hídricos – acessado maio de 2004
<http://www.mma.gov.br/port/srh/ACERVO/PUBLICA/doc/parte3.pdf>
- CÓDIGO DE ÁGUAS**, (Arts 36 e 143). Ministério de Minas e Energia, DNAEE, 1934.
- CASTRO, H.C e FABRIZY, N.L.P.**- Revista Brasileira de Energia Vol. 4 N° 1 – 1995
- CEMIG** - Estudo de Otimização Energética. Belo Horizonte, 1993.
- CHRISTOFIDIS, D.** - Recursos Hídricos e Irrigação no Brasil. Brasília: CDS – UNB, 1999
- DEMETRIUS, D.S. e PRUSKI, F.F.**- Gestão de Recursos Hídricos - Aspectos Legais,
- CORRÊA, ADRIANA S. P. et al** – Avaliação das Perdas Econômicas nos Empreendimentos no entorno de Furnas, 2006.

- ELETROBRÁS**, Plano Decenal de Expansão 1999-2008 – GCPS-ELETROBRÁS, Rio de Janeiro, RJ, 1998.
- ELETROBRÁS**, Relatório Anual do GTIB – 1999
- ENGEL, E.** - Conflitos de Uso das Águas de Furnas (pág. 107)- ANA (2003), O Estado das Águas no Brasil 2001-2002- Edição Comemorativa do dia Mundial da Água.
- Fabrizy, N. L.P e Castro, H.C** (1995) Uso Múltiplo da Água. Revista Brasileira de Energia Vol. 4.
- FERNANDEZ, J.C; FERREIRA, P.M** –Otimização dos Recursos Hídricos em Sistemas de Bacia Hidrográfica: O caso do Rio Formoso, na Bahia.
- GARAGNANI, C.** (junhode1999) Uso da água na indústria - Uma Experiência com um novo sistema de gestão.
http://www.inbo-news.org/relob/relob_bcubatao.htm - maio 2005.
- GINEZ, W.G. e PEREIRA FILHO, AJ;** 2001, Curitiba – Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – Sistema de Controle da Produção e Adução da Água na Região Metropolitana de São Paulo: Presente e Futuro.
- GONZAGA NETO, L** (1989) - Produtividade e competitividade dependem do aumento de hectares irrigados - Revista dos agrônomos
- HESPANHOL, I** – Potencial de Reuso de Água no Brasil –novembro 2004
http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/C-58.htm
- HESPANHOL, I** - Centro Internacional de Referência em Reuso de Água – CIRRA- entrevista realizada em 14 de janeiro de 2004
http://64.233.187.104/search?q=cache:gmMDrBOU6lMJ:www.usp.br/cirra/leia_mais_noticia.php%3Fpassa_id_noticia%3D14+ivanildo+hspanhol&hl=pt-BR - acessado março de 2005
http://www.agds.org.br/midiaambiente/entrevistas07_2.shtml#subir acessado março de 2005
- LANNA, A.E.** –1977- Uso Consuntivo e Não Consuntivo,
<http://www.iph.ufrgs.br/posgrad/disciplinas/hip64/1Introd.PDF>. Acessado em abril 2005
- LIMA, J.E.F.; FERREIRA; R.S.A; e CHRISTOFIDIS, D.** – O Estado das Águas no Brasil- O uso da irrigação no Brasil - <http://www.cf.org.br/cf2004/irrigacao.doc> março de 2005.
- LIMA, J.E.F; FERREIRA; R.S.A. e CHRISTOFIDIS, D** – Histórico da Irrigação no Brasil.
<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/texto/73-82.html> –março de 2005.

- LOPES, J.E.L at al**; (2001), Curitiba – Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – Operação de Sistemas Hidroelétricos com Usos Múltiplos.
- MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H.F.** Reuso da Água, 2004
- MELLO, J.C.** Hidrovia Tietê - Paraná
<http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/economia/transp/hidro/tiete/> março de 2005.
- PADOVEZI, C.D** – Conceito de Embarcações Adaptadas à Via Aplicado à Navegação Fluvial no Brasil- Tese de doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo-2003
- PIOLI, M.S.B** – Águas doces: Bem Público de uso comum com valor econômico exigível como instrumento de controle e gestão.
<http://www.qualidadeonline.com/jornal/centros/dossieragua/aguasdoces.pdf>. - Maio 2005
- PIRES S.H. at al** –1997 – XIV SNPTEE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica- Belém Pará - Critérios para Avaliação de Impactos Ambientais em Inventários Hidrelétricos de Bacias Hidrográficas.
http://www.inbo-news.org/relob/relob_bcubatao.htm - maio 2005.
- POZZEBON,É.J. at al** ; (2001),Curitiba –Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – Demanda Hídrica para Agricultura irrigada e sua Influência nas Análises de Pedidos de Outorga de Direito de Uso da Água.
- ROSSETTI, J.P.**, 1997, Introdução à Economia, editora Atlas, 17ª edição
- SALLES, L.S; NUNES, J, A** (2001), Aracajú – Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – Recreação em Reservatórios Usados para Abastecimento Público de Água: Uma Visão Internacional de Requisitos, Conflitos e Políticas.
- SARTORI, E.** www.aondevamos.eng.br/galeria/html/energia.htm História da Energia, maio de 2004.
- SILVEIRA, C. A e GUERRA, H.N.**, 2001, Aracajú – Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. A Crise Energética e o Monitoramento de Reservatórios Hidrelétricos.
- SIPOT** – Sistemas de Informações de Potencial Hidráulico Brasileiro- Versão 4.0
- TIAGO, G.G;GIANESELLA, S.M.F**- Recursos Hídricos para a Aquicultura - acessado em maio de 2004 http://www.anppas.org.br/gt/recursos_hidricos/Thiago%20-%20Gianesella.pdf
- TOMÉ, M.V.F.**-http://www.redeambiente.org.br/Temas.asp?id_secao=2&artigo=13
 Fevereiro de 2005
- TORRES, S.D.A e BORSOI, Z.M.F** – A Política de Recursos Hídricos –acessado em fevereiro 2005

- **TUCCI, C.E.M; HESPANHOL, I-** (2000) Relatório Nacional sobre o Gerenciamento da Água no Brasil. Revista Brasileira de Energia
- <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/revista/rev806.pdf>.
- **TUNDISI, J.G.** – Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez – São Carlos: Rima. 2003
- **WEBSITE**
- <http://www.180graus.com/agua/3-1.html> - Uso consuntivo e não consuntivo- julho 2004
- <http://escolapaulista.com.br/alunos/alunpesq/geo/aguaener/Furnas.htm>- agosto 2003
- <http://www.ambiente21.org/biblioteca/diagnosticos.html> - setembro de 2003
- www.saopaulo.sp.gov.br/saopaulo/turismo/int_hidro.htm [++%22hidrovia+tiete+paran%C3%A1%22&hl=pt-BR](http://www.saopaulo.sp.gov.br/saopaulo/turismo/int_hidro.htm) Hidrovia Tietê Paraná- acessado março de 2005
- http://www.aestiete.com.br/hidrovia/imp_hidro.htm -Hidrovia Tietê- Paraná – março de 2005
- [http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Piracicaba_\(rio\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Piracicaba_(rio))- acessado março de 2005
- http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Tiet%C3%AA - acessado março de 2005
- <http://www2.uol.com.br/cienciahoje/especial/naturais/agua4.htm> Soluções contra a Escassez. Acessado março de 2005
- http://www.pr.gov.br/meioambiente/iap/qdd_agua_25_energia.shtml Usos Múltiplos de Águas superficiais. Acessado março de 2005
- http://pbs2.ana.gov.br/manuais_pro/ajuda_online/irrigacao/HTML/dessedentacaoanimais.htm Dessedentação de animais - Acessado abril de 2005
- http://64.233.167.104/search?q=cache:EI3qxkQBbWEJ:www.codevasf.gov.br/menu/prod_ser/v/elenco_de_projetos/pontal_sobradinho+sobradinho+irriga%C3%A7%C3%A3o&hl=pt-BR Codevasf – acessado em abril de 2005.
- http://64.233.167.104/search?q=cache:I2r8c8yTzxUJ:www.cambici.com.br/html/infoc/infoc_agri_vencendo.htm [++irriga%C3%A7%C3%A3o+israel&hl=pt-BR-](http://64.233.167.104/search?q=cache:I2r8c8yTzxUJ:www.cambici.com.br/html/infoc/infoc_agri_vencendo.htm) Câmara Brasil- Israel de Comércio e Indústria – acessado em abril de 2005
- www.transportes.gov.br/bit/eclusa/geclsobr.htm [+navega%C3%A7%C3%A3o+em+reservat%C3%B3rio&hl=pt-BR](http://www.transportes.gov.br/bit/eclusa/geclsobr.htm) Eclusa de Sobradinho – acessado em maio de 2005
- **KELMAN, J** -Outorga e Cobrança de Recursos Hídricos.
- <http://www.agds.org.br/midiaambiente/entrevistas02.shtml> acessado março de 2005
- <http://72.14.203.104/search?q=cache:mVUPa8zEcriJ:www.fiocruz.br/ccs/glossario/leptospirose.htm> [+Leptospirose&hl=pt-BR&gl=br&ct=clnk&cd=1](http://72.14.203.104/search?q=cache:mVUPa8zEcriJ:www.fiocruz.br/ccs/glossario/leptospirose.htm) leptospirose
- Shioya, Takeo – Curso básico para seleção de bombas hidráulicas- Bombas hidráulicas Thebe, 2005

Associação Brasileira de Aquicultura – acessado em maio de 2005

<http://72.14.203.104/search?q=cache:RO3ZzUAph38J:www.pescar.com.br/abraaq/+aquicultura&hl=pt-BR&gl=br&ct=clnk&cd=5>

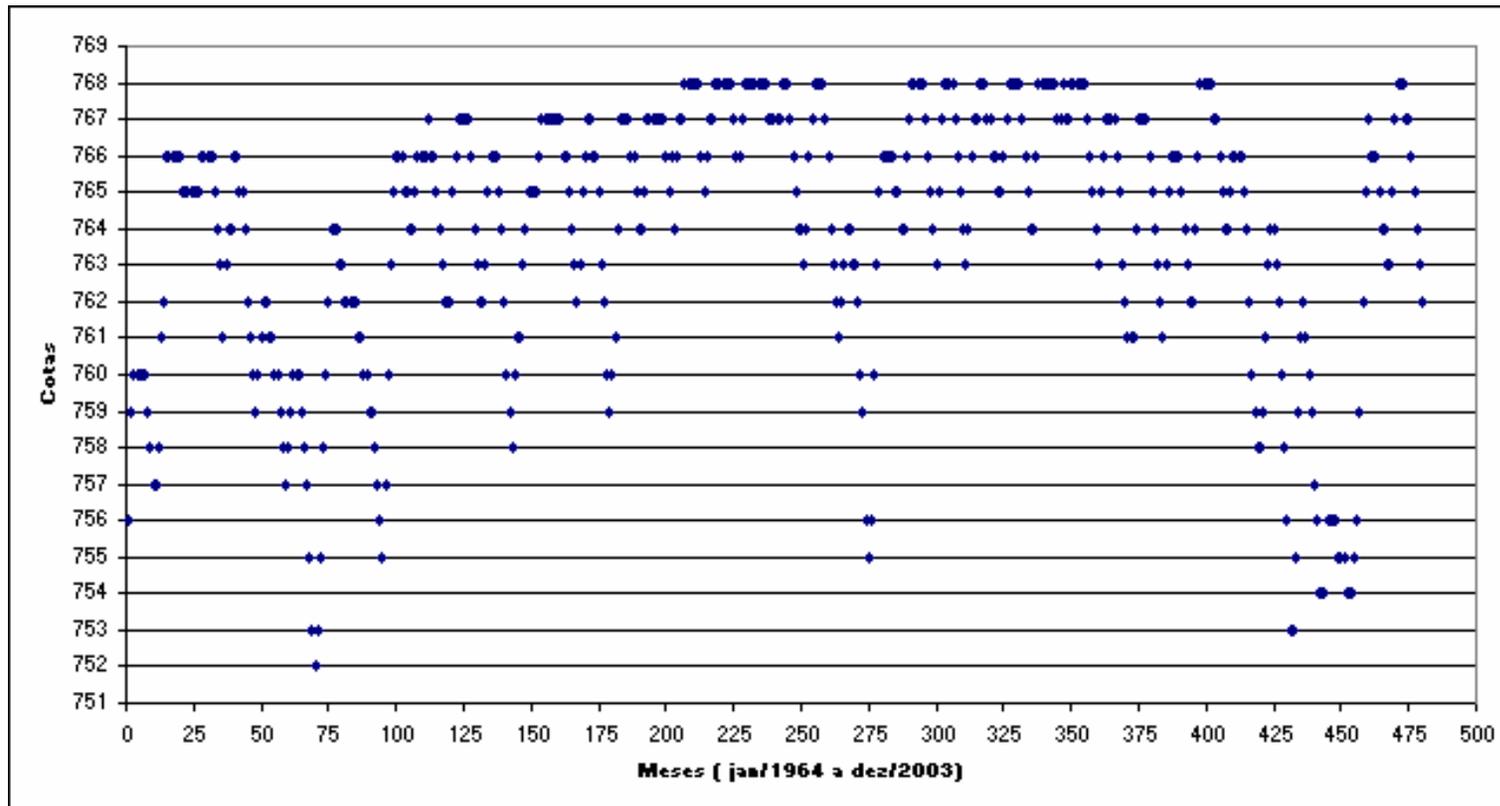
www.chesf.gov.br/irrigação/sobradinho acessado em novembro de 2004.

www.chesf.gov.br/tucuruí/navegacao – acessado em outubro de 2004

Manual sobre água na indústria – FIESP/CIESP (2002)

www.comciencia.br/reportagens/cidades/cid09.htm+%22era+do+reaproveitamento+e+reciclagem+da+%C3%A1gua%22&hl=pt-BR&gl=br&ct=clnk&cd=1 – histórico esgoto- qualidade das águas

ANEXO



Cota média – Série histórica 1964 a 2003.- mês a mês durante 40 anos