



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

Uma Análise da Evolução da Capacidade de Armazenamento dos Reservatórios de Hidrelétricas no Brasil

Gisela Freitas Beranger de Souza

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil com Ênfase em Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Heloisa Teixeira Firmo

Rio de Janeiro

Março de 2015

Uma Análise da Evolução da Capacidade de Armazenamento dos Reservatórios de Hidrelétricas no Brasil

Gisela Freitas Beranger de Souza

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinado por:

Prof.^a Heloisa Teixeira Firmo, D.Sc.

Prof.^o Jorge Henrique Alves Prodanoff, D. Sc.

Prof.^a Kátia Monte Chiari Dantas, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MARÇO DE 2015

Souza, Gisela Freitas Beranger de

Uma Análise da Evolução da Capacidade de Armazenamento dos Reservatórios de Usinas Hidrelétricas no Brasil / Gisela Freitas Beranger de Souza. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2015.

xv, 86 p.:il.; 29,7 cm.

Orientadora: Heloisa Teixeira Firmo

Projeto de Graduação UFRJ / POLI / Engenharia Civil, 2015.

Referências Bibliográficas: p. 62 – 71.

1. Introdução 2. Aspectos Negativos 3. Aspectos Positivos 4. A Geração da Hidreletricidade 5. O Sistema Energético Brasileiro 6. Considerações Finais

I. Firmo, Heloisa Teixeira; II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Uma Análise da Evolução da Capacidade de Armazenamento dos Reservatórios de Usinas Hidrelétricas no Brasil

“Tudo que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado.”

(Roberto Shinyashiki)

Dedico este trabalho aos meus pais, Zelma e João Evangelista, meus melhores amigos, que sempre me deram força e apoio. Muito mais do que isso, que acreditam em mim, até mesmo mais do que eu fui capaz.

Agradecimentos – Gisela Freitas Beranger de Souza

Meus sinceros e cordiais agradecimentos,

Primeiramente, a Deus, por me devolver a força e coragem quando pareciam faltar. Por me guiar pela luz e me devolvê-la quando me via na escuridão.

Aos meus pais, pela paciência e compreensão quando estive ausente para estudar ou quando transformei a sala de casa em sala de estudos. Pela força, confiança, apoio e palavras ditas nas horas apropriadas. Pelos abraços acolhedores e por me parabenizar e festejar cada pequena vitória, ao longo dos períodos.

À minha orientadora da monografia, professora Heloisa Teixeira Firmo. Pelo apoio, pela ajuda e orientação na elaboração do trabalho. Não esquecendo todos os ensinamentos e conhecimentos transmitidos durante nas aulas ministradas por ela.

Ao meu orientador acadêmico, professor Paulo Renato Junqueira Diniz Barbosa. Por todo auxílio, conversas e conselhos quando precisei. Pela preocupação comigo quando minha mãe esteve doente. Por tudo que ensinou em sala de aula. E, por toda paciência que teve comigo.

À professora Kátia Monte Chiari Dantas, por aceitar o convite para compor a banca avaliadora da defesa deste trabalho, sendo muito importante e indispensável para a finalização do meu curso.

Ao professor Jorge Henrique Alves Prodanoff, por também aceitar fazer parte da banca e pelo que ensinou em suas aulas. Não esquecendo as conversas e dicas sobre possibilidades para o pós-faculdade.

À professora Elaine Garrido Vasquez, atual Vice Diretora da Escola Politécnica da UFRJ. Pelas rápidas respostas dos inúmeros *e-mails* que enviei angustiada. Por ser uma verdadeira “mãe” pros alunos, disposta a ajudar e conversar.

Ao engenheiro Luiz Guilherme Ferreira Guilhon, responsável pela gerência de Gerência de Recursos Hídricos e Meteorologia do ONS, por me receber sem eu ter marcado hora, e pela ajuda com dados e informações indispensáveis para a realização deste trabalho.

Aos professores, funcionários e à coordenação da Engenharia Civil, pelo empenho e dedicação na difícil tarefa de ajudar na formação de profissionais.

Aos funcionários da *xerox* do Bloco D. Sempre prontos para ajudar e com habilidade de manter a calma diante de alunos desesperados e com pressa.

Por fim, mas, não menos importante, aos colegas e companheiros de faculdade que tornaram a caminhada menos árdua ou complicada. Pelas horas de estudo e execução de trabalhos em grupo. Pelo desespero compartilhado e dúvidas sanadas. Pelas palavras de consolo e ajuda para compreender algum assunto.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica /UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Uma Análise da Evolução da Capacidade de Armazenamento dos Reservatórios de Usinas Hidrelétricas no Brasil

Gisela Freitas Beranger de Souza

Março / 2015

Orientadora: Heloisa Teixeira Firmo

Curso: Engenharia Civil

O Brasil é um país em que os recursos hídricos desempenham papel fundamental na geração de energia elétrica. O aproveitamento destes recursos com tal finalidade envolve diversos aspectos que devem ser analisados. A construção de reservatórios e suas correspondentes influências no meio ambiente constitui-se em um dos itens desta análise. Ao longo deste trabalho, procura-se aprofundar a discussão sobre estas questões, apresentando os vários fatores envolvidos na construção de usinas hidrelétricas, suas características e sua contribuição para o atendimento à demanda por energia elétrica.

Palavras - chave: Usina Hidrelétrica, Hidreletricidade, Meio Ambiente, Reservatórios, Energia, Recursos Hídricos.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Civil Engineer.

An Analysis about Storage Capacity of Evolution Hydroelectric Reservoirs in Brazil

Gisela Freitas Beranger de Souza

March / 2015

Advisor: Heloisa Teixeira Firmo

Course: Civil Engineering

Brazil is a country in which the water resources play an important role in the generation of electrical energy. The use of these resources with this purpose involves several aspects that must be analyzed. The construction of reservoirs and their corresponding influence on the environment is constituted in one of the items in this analysis.

Throughout this work, demand is to deepen the discussion on these issues, presenting the various factors involved in the construction of hydroelectric plants, their characteristics and their contribution to meeting the demand for electricity.

.

Keywords: Hydroelectric Power Station, Hydropower, Environment, Reservoirs, Energy, Water Resources.

ÍNDICE

1. Introdução	1
1.1. Apresentação do tema	1
1.2. Objetivo	3
1.3. Justificativa	3
1.4. Metodologia	5
1.5. Estrutura do Trabalho	6
2. Aspectos Negativos	7
2.1 Ambiental	8
2.1.1. Faunístico	12
2.1.2. Florístico	14
2.1.3. Geo-hídrico	15
2.1.4. Climático	18
2.2. Social	20
2.3. Econômico	22
3. Aspectos positivos	24
3.1. Atenuação das cheias	25
3.2. Regularização das vazões	30
3.1.1. Regularização à montante	31
3.1.2. Regularização à Jusante	33
3.3. Desnível Artificial	34
3.4. Transporte Aquaviário	35
3.5. Recreação e Lazer	38
3.6. Pesca	39
3.7. Aquicultura	40

4. A Geração da Hidreletricidade	42
4.1. Grupo Turbina-Gerador	42
4.1.1. Turbinas	42
4.1.1.1. Francis.....	43
4.1.1.2. Pelton	44
4.1.1.3. Kaplan	45
4.1.2. Geradores	46
4.2. Fatores Climáticos.....	48
4.3. Altura de Queda	49
5. O Sistema Energético Brasileiro	51
5.1 Análise dos Dados do Sistema	52
6. Considerações Finais	61
7. Referências Bibliográficas	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico da Matriz Elétrica Brasileira.....	1
Figura 2 – Potencial Hidrelétrico Brasileiro em 2014.....	2
Figura 3 – Perfil de Usina com Reservatório.....	4
Figura 4 – Usina Hidrelétrica de Itaipu – A Represa e o Reservatório.....	7
Figura 5 – A Cidade de Tucuruí – O Antes e o Depois da Hidrelétrica.....	12
Figura 6 – Vestígio Arqueológico – Detalhe de Ponta de Projétil.....	17
Figura 7 – Gráfico da Curva de Permanência de Vazões.....	27
Figura 8 – Demonstrativo Simplificado dos Volumes de um Reservatório.....	28
Figura 9 – Gráfico Ilustrativo de Vazões no Rio.....	29
Figura 10 – Gráfico Ilustrativo do Efeito de Regularização das Vazões.....	31
Figura 11 – Usinas em Cascata.....	32
Figura 12 – Calha Natural de Cheia do Rio – Preservada e Ocupada.....	34
Figura 13 – Eclusa Número 2 da UHE Tucuruí.....	37
Figura 14 – Turbina Francis.....	44
Figura 15 – Turbina Pelton.....	45
Figura 16 – Turbina Kaplan.....	46
Figura 17 – Esquema Turbina-Gerador.....	47
Figura 18 – Gráfico da Contribuição da Energia Hidrelétrica à Demanda.....	52
Figura 19 – Gráfico da Porcentagem de Armazenamento por Região.....	59
Figura 20 – Gráfico da Evolução da Potência Instalada no Brasil.....	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Áreas Alagadas dos Aproveitamentos Hidrelétricos do Brasil.....	8
Tabela 1 – Dados de Geração e Demanda do SIN.....	53
Tabela 2 – Razão entre Geração e Demanda do SIN.....	55
Tabela 3 – Novas Usinas Hidrelétricas no período 2000-2015.....	57

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários

BIG – Banco de Informações de Gerações

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CEPA – Centro de Estudos e Pesquisa Aplicada

CERPCH – Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral

CGH – Centrais Geradoras Hidrelétricas

CMSE – Comitê de Monitoramento do Sistema Elétrico

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPEL – Companhia Paranaense de Energia Elétrica

EIA – Estudo Prévio de Impacto Ambiental

EP – Energia Potencial

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

GEE – Gases de Efeito Estufa

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IEF – Instituto Estadual de Florestas

K – Kilo (multiplicador de unidade = $*10^3$)

M – Mega (multiplicador de unidade = $*10^6$)

MAE – Mercado Atacadista de Energia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

MPA – Ministério de Pesca e Aquicultura

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

ONU – Organização das Nações Unidas

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PIB – Produto Interno Bruto

PNRH – Plano nacional de Recursos Hídricos

Q_{95} – Vazão garantida em 95% do tempo

RAS – Relatório Ambiental Simplificado

RGP – Registro Geral de Atividade Pesqueira

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

rpm – Rotação por Minuto (unidade de velocidade)

SEB – Sistema Elétrico Brasileiro

SIGEL – Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico

SIN – Sistema Interligado Nacional

SIPOT – Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro

SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SRHU – Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano

TAR – Tarifa Atualizada de Referência

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

UHE – Usina Hidrelétrica

USP – Universidade de São Paulo

V – Volts (unidade de tensão elétrica)

W – Watts (unidade de potência)

1. Introdução

1.1 Apresentação do tema

O crescimento da população urbana e, conseqüentemente, das cidades elevam, significativamente, a demanda por energia elétrica. Além disto, simultaneamente, o desenvolvimento tecnológico produz cada vez mais aparelhos que funcionam por meio dela.

Com isso, para suprir tal necessidade, é preciso ampliar a geração de energia que culminará em sua maior oferta. Entre as possíveis formas de atingir este objetivo, podemos citar a energia hidráulica, a eólica, o solar, a nuclear e a térmica.

A primeira é a fonte mais utilizada no Brasil, atualmente, conforme gráfico abaixo. Ela se destaca pela sua maturidade tecnológica e a competitividade de custos.

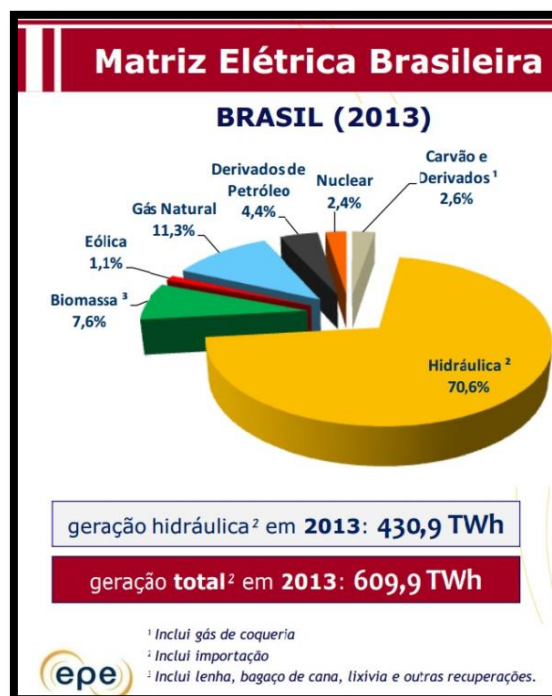


Figura 1 – Gráfico da Matriz Elétrica Brasileira
Fonte: (Empresa de Pesquisa Energética) [1]

Vale ressaltar que a energia hidrelétrica é produzida a partir do princípio da hidráulica, onde a Energia Potencial da massa de água em queda unida à aceleração da gravidade ($EP=m*g*h$) transforma-se em Energia Cinética que movimenta as turbinas.

Geograficamente falando, o Brasil é um país rico em rios, alguns deles com grandes desníveis e, principalmente, elevadas vazões. Eles materializam uma das soluções mais econômicas para girar as turbinas com uso do aproveitamento da força das águas. Rios, córregos e nascentes alimentam uma usina através do fornecimento da água que a movimenta. A figura 2 permite o conhecimento do potencial hidrelétrico brasileiro.



Figura 2 – Potencial Hídrelétrico Brasileiro em 2014

Fonte: (Mapa SIPOT – Eletrobrás) [2]

Quanto à regularização de vazões, existem dois tipos de UHE (Usina Hidrelétrica), são eles: fio d'água (mais próxima da superfície, utilizam turbinas que aproveitam a velocidade do rio para produção de energia e não formam reservatórios

destinados a estocar água, são mais dependentes do fluxo do rio) ou de acumulação, com reservatório de regularização.

Por definição, um reservatório é uma construção formada pelo barramento artificial de um vale natural ou pela formação artificial de lagos, não associados a uma bacia de drenagem natural e com vazões defluentes sujeitas a controle. A barragem construída funciona como uma barreira, podendo reter ou represar grandes volumes d'água.

1.2 Objetivo

Este estudo tem por objetivo fazer uma análise da evolução da capacidade de armazenamento dos reservatórios de usinas hidrelétricas e mostrar os aspectos adversos e os benéficos devido à construção do reservatório.

1.3 Justificativa

A motivação deste trabalho é o atual cenário brasileiro, onde se aliam a escassez hídrica e a falta de investimento no setor elétrico, resultando em um atendimento insuficiente à demanda, quer seja por energia, quer seja por água.

Os níveis mais baixos dos reservatórios têm consequências como: os prejuízos à economia (a falta de água diminui a oferta de energia e impede que seja mantido o ritmo de produção das fábricas, por exemplo); ao estado de saúde humana (pessoas recorrem a fontes não seguras e contraem doenças); à agropecuária (a produção agrícola e a dessedentação dos animais ficam prejudicadas), entre outros.

As usinas com reservatórios constituem-se em um meio de guardar água, a qual poderá ser utilizada em períodos de estiagem. No entanto, tal artifício pode resultar em consequências negativas ao meio ambiente. As consequências sobre o

meio ambiente, sejam estas positivas ou negativas, são definidas como impacto ambiental pelo Art. 1º da resolução 01/1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Nele considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por alguma forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas, que direta ou indiretamente afetam a sociedade, e/ou a fauna, e/ou a flora.

Na figura 3 é mostrado o perfil típico de uma UHE com reservatório.

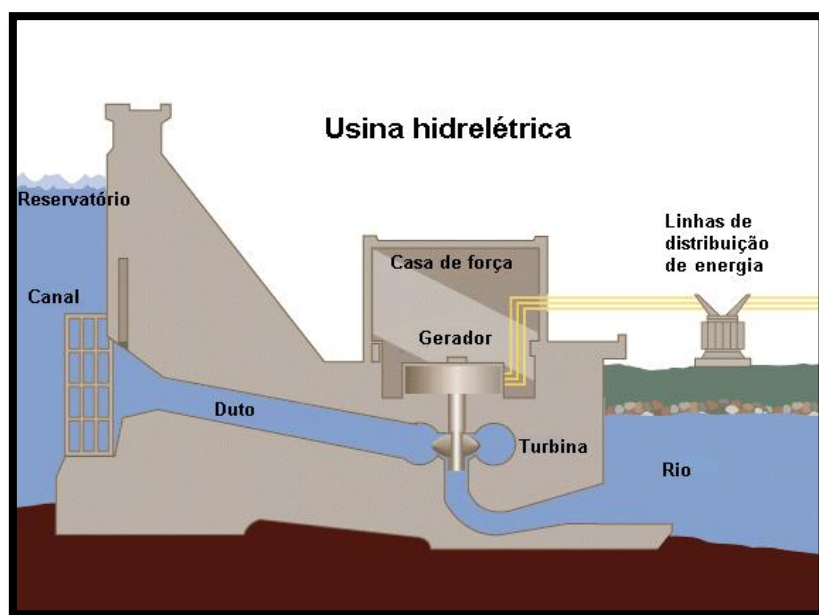


Figura 3 – Perfil de Usina com Reservatório

Fonte: Site (“Cidade de Tucuruí”) [3]

A potência instalada de uma usina depende da vazão do rio e da altura de queda. A equação que traduz isto é:

$$P = 9,81 \cdot H_L \cdot Q \cdot \eta$$

- P – Potência;
- H_L – queda líquida;
- Q – vazão turbinada e;
- η – rendimento do hidrogerador.

A potência instalada é função das variáveis citadas. Esclarecendo que a queda líquida é definida por ser a diferença entre a cota do nível do reservatório e a do canal de fuga. Com o objetivo de maximizar a potência, a barragem deve garantir o maior valor possível de queda líquida e o reservatório a maior vazão assegurada ou garantida. O desnível pode ser natural ou artificial. O último é criado quando há ausência de verticalização do caimento aquático para que ocorra aumento da velocidade e menor dependência do conjunto gerador.

1.4 Metodologia

A metodologia aplicada neste trabalho foi:

1) A revisão bibliográfica, inclusive por meio digital, com a finalidade de aprofundar os conhecimentos adquiridos em sala de aula e agregar novas informações.

2) A obtenção de dados de geração, demanda e armazenamento de energia elétrica no site do ONS.

3) Visita à ONS e entrevista com o engenheiro Luiz Guilherme Ferreira Guilhon, responsável pela Gerência de Recursos Hídricos e Meteorologia do ONS.

As principais fontes consultadas foram livros impressos e digitais, teses e sites de fontes confiáveis e de referência no assunto em discussão. Todas estarão devidamente referenciadas no último capítulo que abrange a bibliografia utilizada para a concretização da proposta.

1.5 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está dividido em seis (6) capítulos mais a Bibliografia no sétimo, como forma de melhor organizar as ideias apresentadas em seu desenvolvimento. As abordagens são:

- Capítulo 1: Desenvolvimento da proposta do trabalho, com apresentação ao leitor: justificativa, objetivo e metodologia empregada;

- Capítulo 2: Apresentação das possíveis consequências negativas que podem ser originados pela construção de reservatórios destinados às hidrelétricas. Este capítulo foi dividido em três subitens. São eles: Ambiental, Social e Econômico;

- Capítulo 3: Apresentação das consequências positivas que podem surgir pós-construção do reservatório. Foram eleitas as seguintes para serem comentadas: Atenuação das Cheias, Regularização de Vazões, Desnível Artificial, Transporte Hidroviário, Recreação e Lazer, Pesca e Aquicultura;

- Capítulo 4: Apresentação dos principais fatores inerentes à geração de energia hidrelétrica;

- Capítulo 5: Análise da evolução da contribuição dos recursos hídricos no atendimento à demanda nacional de energia elétrica.

- Capítulo 6: Considerações finais

2. Aspectos Negativos

Um rio não é simplesmente um curso d'água na natureza. É um rico ecossistema com múltiplas funções, moldado no decorrer dos séculos, com ritmos próprios de decomposição e recomposição.

A construção de um reservatório acarreta mudanças no curso fluvial, vide figura ao final desta introdução. Sejam elas positivas ou negativas, são passíveis de julgamentos por técnicos que estudam os EIA/RIMA, e concedem ou não o licenciamento da obra. Em caso de erros ou conivência com crimes ambientais, tais profissionais respondem judicial ou criminalmente pelo ato e podem ser co-responsabilizados.

Conforme prevê o parágrafo 3º do artigo 255, da Lei 9.605/98 da Constituição Federal Brasileira de 1988, qualquer atividade que degrade o meio ambiente sujeitará seus infratores, pessoas físicas ou jurídicas, à obrigação de reparar o dano e às sanções penais, sem prejudicar as demais (civis e administrativas). Esta norma consagra a responsabilidade penal da pessoa jurídica em casos de crimes ambientais. Entretanto, não exclui o ônus da pessoa física, independente da participação.



Figura 4 – Usina Hidrelétrica de Itaipu – A Represa e o Reservatório.

Fonte: (Itaipu Binacional) [4]

2.1 Ambiental

A biosfera está sujeita a um processo contínuo de modificações naturais sobre as quais o homem não possui controle. Sendo elas de grande magnitude, ocorrem de maneira lenta, permitindo assim a adaptação dos seres vivos.

Por outro lado, contrastando com o tipo mencionado, existem as mudanças artificiais, as quais são bruscas e afetam todos que estão em volta. Algumas irreversíveis e permanentes, como no caso dos alagamentos para a construção de reservatórios, em que é criado um sistema de águas paradas (lêntico) onde previamente eram rápidas (lóticas). Outras, restauráveis e renováveis em função da capacidade de resiliência da natureza e das ações antrópicas benéficas.

A listagem com os alagamentos provenientes da construção de reservatórios encontra-se na tabela 1. Observa-se significativa diferença na relação entre a área alagada e a potência nominal (km^2/MW) para usinas fio d'água e de acumulação. Enquanto que as primeiras possuem razão de alagamento na faixa de 0,001 até 0,874 km^2/MW , nas outras tal razão varia de 0,001 até 10,129 km^2/MW . Isto é, a usina fio d'água, de maneira geral, exige menor área alagada para mesma geração de Megawatt se comparada à de acumulação. Entretanto, há que se observar que, em períodos de estiagem e seca, os reservatórios das usinas de acumulação assumem papel fundamental, garantem geração de energia a partir da água neles armazenada o que desonera o sistema reduzindo a participação de usinas termelétricas.

**Tabela 1 – Áreas Alagadas dos Aproveitamentos Hidrelétricos do Brasil
(Elaboração própria a partir de dados do ONS e fornecidos pelo L.G.F. Guilhon)**

DATA	ESTADO	APROVEITAMENTO	R/FA	P. NOMINAL TOTAL(MW)	ÁREA ALAGADA MÁXIMA (km^2)	ÁREA ALAGADA MÍNIMA (km^2)	Razão Á. Alagada Máx. / Pot. Nominal (km^2/MW)
01/mar/24	RJ/MG	Ilha dos Pombos	FA	187,10	4,00	4,00	0,021
01/abr/26	SP	Henry Borden	FA	889,00	1,00	1,00	0,001
01/jan/40	RJ	Fontes	FA	132,00	1,00	1,00	0,008
01/ago/51	MG	Sá Carvalho	FA	78,00	0,46	0,46	0,006
01/abr/52	SP	Caconde (Graminha)	R	80,40	30,73	6,32	0,382
01/abr/53	RJ	Nilo Peçanha	FA	380,00	1,00	1,00	0,003
15/jan/55	AL/BA	Paulo Afonso I	FA	1.417,40	5,00	5,00	0,004

Tabela 1 – Áreas Alagadas dos Aproveitamentos Hidrelétricos do Brasil
(continuação)

DATA	ESTADO	APROVEITAMENTO	R/FA	P. NOMINAL TOTAL(MW)	ÁREA ALAGADA MÁXIMA (km ²)	ÁREA ALAGADA MÍNIMA (km ²)	Razão Á. Alagada Máx. / Pot. Nominal (km ² /MW)
01/fev/55	MG	Itutinga	FA	52,00	1,60	1,60	0,031
28/fev/56	MG	Salto Grande	FA	102,00	5,80	5,80	0,057
01/abr/56	MG	M. de Moraes	FA	478,00	263,13	144,60	0,550
01/fev/58	SP/PR	Lucas N. Garcez (Salto Grande)	FA	73,60	11,59	11,59	0,157
31/jan/59	GO/MG	Cachoeira Dourada	FA	658,00	69,00	69,00	0,105
01/mar/60	MG	Camargos	R	46,00	73,38	23,88	1,595
24/out/61	AL/BA	Paulo Afonso II	FA	1.417,40	5,00	5,00	0,004
01/fev/62	MG	Três Marias	R	396,00	1.063,70	368,62	2,686
01/mar/62	SP	A. A. Laydner (Jurumirim)	R	97,80	450,01	323,80	4,601
01/mar/62	RS	Jacuí	FA	180,00	4,80	4,80	0,027
01/abr/62	RJ	Pereira Passos	FA	100,00	1,10	1,10	0,011
01/fev/63	SP	Barra Bonita	R	140,00	310,15	124,86	2,215
01/mar/63	MG	Furnas	R	1.312,00	1.442,09	530,09	1,099
01/jan/67	SP	Álvaro Souza Lima (Bariri)	FA	144,00	62,55	62,55	0,434
01/jan/69	SP/MG	Estreito (L. C. Barreto)	FA	1.104,00	46,53	46,53	0,042
01/fev/69	SP	Ibitinga	FA	131,40	114,82	114,82	0,874
01/fev/69	SP/MS	Jupiá	FA	1.551,20	327,00	327,00	0,211
01/abr/69	RJ	Funil	R	222,00	39,53	15,87	0,178
01/abr/70	SP/PR	Chavantes	R	414,00	400,08	294,97	0,966
01/abr/70	PR	G. P. Souza	R	260,00	12,79	2,50	0,049
02/out/70	PI/MA	Boa Esperança	R	237,40	365,88	269,54	1,541
01/jan/71	MG/SP	Jaguara	FA	424,00	33,90	33,90	0,080
21/out/71	AL/BA	Paulo Afonso III	FA	1.417,40	5,00	5,00	0,004
01/fev/72	SP	Jaguari	R	27,60	55,48	26,81	2,010
01/jan/73	RS	Passo Fundo	R	226,00	150,27	51,33	0,665
01/mar/73	SP/MS	Ilha Solteira/Três Irmãos	R	3.444,00	1.196,06	633,72	0,347
01/mar/73	SP/MG	Porto Colômbia	FA	328,00	143,90	143,90	0,439
17/mar/73	RS	Passo Real	R	158,00	224,73	42,69	1,422
21/set/73	ES/MG	Mascarenhas	R	198,00	3,90	3,90	0,020
01/mar/74	MG/SP	Volta Grande	FA	380,00	201,60	201,60	0,531
01/mar/75	SP	Promissão	R	264,00	530,08	459,16	2,008
01/abr/75	MG/SP	Marimbondo	R	1.488,00	438,47	117,79	0,295
01/abr/75	PR	Salto Osório	FA	1.078,00	56,00	56,00	0,052
01/fev/77	SP/PR	Capivara	R	640,00	575,25	318,79	0,899
15/abr/77	AL/BA	Moxotó	FA	400,00	91,00	91,00	0,228
01/fev/78	RS	Itaúba	FA	500,00	17,00	17,00	0,034
01/fev/78	SP	Paraibuna	R	85,00	176,68	98,55	2,079
01/fev/78	MG/GO	São Simão	R	1.710,00	665,11	407,71	0,389
01/mar/78	SP/MG	Água Vermelha	R	1.396,20	643,61	399,53	0,461
01/dez/79	AL/BA	Paulo Afonso IV	FA	2.462,40	117,00	117,00	0,048
01/jan/80	SP	Armando S. Oliveira	FA	32,00	2,70	2,70	0,084
01/jan/80	SP	Euclides da Cunha	FA	108,80	1,07	1,07	0,010
01/jan/80	PR	Salto Santiago	R	1.420,00	208,24	122,91	0,147
01/fev/80	GO/MG	Itumbiara	R	2.280,00	797,10	272,82	0,350
01/abr/80	PR	G. B. Munhoz (Foz do Areia)	R	1.676,00	141,91	55,89	0,085
06/mai/80	AL/BA	Paulo Afonso IV ¹	FA	-	-	-	-

¹ A UHE Paulo Afonso IV foi toda considerada em 01/dez/79.

Tabela 1 – Áreas Alagadas dos Aproveitamentos Hidrelétricos do Brasil
(continuação)

DATA	ESTADO	APROVEITAMENTO	R/FA	P. NOMINAL TOTAL(MW)	ÁREA ALAGADA MÁXIMA (km ²)	ÁREA ALAGADA MÍNIMA (km ²)	Razão A. Alagada Máx. / Pot. Nominal (km ² /MW)
01/mar/82	MG/GO	Emborcação	R	1.192,00	477,70	150,05	0,401
03/mar/82	BA	Sobradinho	R	1.050,00	4.196,47	1.143,20	3,997
01/abr/82	SP	Nova Avanhandava	FA	347,40	212,00	212,00	0,610
30/abr/84	PA	Tucuruí	R	8.370,00	3.023,90	761,42	0,361
10/nov/84	PA	Curuá-Una	R	30,00	78,00	18,00	2,600
01/mar/85	PR/Paraguai	Itaipu (50 Hz)	FA	14.000,00	1.350,00	1.350,00	0,096
01/jan/87	SP/PR	Rosana	FA	372,00	217,66	217,66	0,585
13/jun/88	PE/BA	Itaparica	R	1.500,00	816,78	610,99	0,545
01/mar/92	PR	Segredo	R	1.260,00	80,58	73,62	0,064
01/abr/92	SP/PR	Taquaruçu	FA	554,00	74,58	74,58	0,135
07/dez/94	MG	Nova Ponte	R	510,00	442,43	125,12	0,868
16/dez/94	AL/SE	Xingó	FA	3.162,00	60,00	60,00	0,019
30/abr/97	GO	Corumbá I	R	375,00	64,22	23,33	0,171
02/nov/97	MG	Guilman-Amorim	FA	140,00	1,00	1,00	0,007
17/abr/98	GO	Serra da Mesa	R	1.275,00	1.782,85	454,28	1,398
29/mai/98	MG	Miranda	R	408,00	50,55	46,19	0,124
15/set/98	MG	Sobragi	FA	60,00	0,11	0,11	0,002
01/jan/99	MG/SP	Igarapava	FA	210,00	52,00	52,00	0,248
23/jan/99	SP/MS	Porto Primavera	R	1.540,00	2.139,67	1.914,21	1,389
18/fev/99	PR	Salto Caxias	FA	1.240,00	141,43	141,43	0,114
09/mai/99	SP/PR	Canoas I	FA	82,50	29,11	29,11	0,353
15/mai/99	SP/PR	Canoas II	FA	72,00	23,52	23,52	0,327
06/jun/99	SP	Santa Branca	R	56,00	27,26	10,84	0,487
30/dez/99	ES/RJ	Rosal	FA	55,00	1,28	1,28	0,023
01/jul/00	SC/RS	Itá	FA	1.450,00	141,18	141,18	0,097
02/nov/00	MT	Manso	R	210,00	382,34	268,85	1,821
05/fev/01	RS	Dona Francisca	FA	125,00	18,90	18,90	0,151
04/set/01	MG	Porto Estrela	R	112,00	4,20	3,10	0,037
01/dez/01	TO	Lajeado	FA	902,50	626,00	626,00	0,694
16/fev/02	RS/SC	Machadinho	R	1.140,00	78,92	62,04	0,069
20/fev/02	BA/MG	Santa Clara MG	FA	60,00	7,60	7,60	0,127
22/mai/02	GO	Cana Brava	R	450,00	138,70	138,70	0,308
12/set/02	SP	Piraju	FA	80,00	12,75	12,75	0,159
24/out/02	MT	Itiquira I	FA	60,80	2,10	2,10	0,035
22/dez/02	MT	Itiquira II	FA	96,60	0,10	0,10	0,001
23/jan/03	MG	Funil Grande	FA	180,00	37,71	37,71	0,209
05/fev/03	BA	Itapebi	FA	450,00	61,58	61,58	0,137
08/abr/03	MT	Guaporé	FA	120,00	4,10	4,10	0,034
06/jun/03	MT	Jauru	R	118,00	2,16	2,08	0,018
23/dez/03	SC/RS	Quebra Queixo	R	120,00	5,18	4,16	0,043
09/abr/04	GO/MG	Queimado	R	105,00	64,05	16,15	0,610
07/set/04	MG	Candongá	FA	140,10	2,72	2,72	0,019
16/dez/04	BA	Pedra do Cavalo	R	160,00	125,04	95,01	0,781
29/dez/04	RS	Monte Claro	R	130,00	1,31	1,23	0,010
19/jul/05	MT/MS	Ponte de Pedra	FA	176,10	19,10	19,10	0,108
30/jul/05	MG/ES	Aimorés	R	330,00	32,60	29,97	0,099
31/jul/05	PR	Santa Clara PR	R	120,00	20,13	10,76	0,168
01/nov/05	SC/RS	Barra Grande	R	698,40	89,86	57,12	0,129
07/dez/05	SP/PR	Ourinhos	FA	4.401,00	4,33	4,33	0,001
30/mar/06	MG	Capim Branco I	R	240,00	31,07	30,42	0,129
08/abr/06	GO	Corumbá IV	R	127,00	165,69	137,12	1,305
23/jun/06	PR	Fundão	FA	120,00	2,18	2,18	0,018
27/jun/06	TO	Peixe Angical	R	498,90	293,97	235,86	0,589
01/jul/06	MG	Picada	R	50,00	1,47	1,37	0,029

**Tabela 1 – Áreas Alagadas dos Aproveitamentos Hidrelétricos do Brasil
(continuação)**

DATA	ESTADO	APROVEITAMENTO	R/FA ²	P. NOMINAL TOTAL(MW)	ÁREA ALAGADA MÁXIMA (km ²)	ÁREA ALAGADA MÍNIMA (km ²)	Razão Á. Alagada Máx. / Pot. Nominal (km ² /MW)
20/jul/06	MG	Irapé	R	360,00	137,07	59,90	0,381
07/set/06	GO	Espora	R	32,10	30,45	14,78	0,949
03/fev/07	SC	Campos Novos	R	879,90	32,00	30,80	0,036
09/mar/07	MG	Capim Branco II	R	210,00	54,49	54,48	0,259
04/mar/08	RS	Castro Alves	R	129,90	4,11	3,98	0,032
25/dez/08	RS	14 de Julho	R	100,00	4,96	4,62	0,050
06/ago/09	TO	São Salvador	FA	243,20	104,00	104,00	0,428
01/set/09	RS	Monjolinho	FA	74,00	5,36	5,36	0,072
09/set/09	MG	Baguari	R	140,00	14,16	12,46	0,101
24/out/09	GO	Corumbá III	R	95,60	72,39	58,19	0,757
01/nov/09	RO	Samuel	R	216,50	595,77	145,57	2,752
11/dez/09	SC	Salto Pilão	R	191,80	0,15	0,13	0,001
03/mar/10	MG	Retiro Baixo	R	82,00	22,78	15,15	0,278
25/mai/10	GO	Salto	FA	116,00	60,24	60,24	0,519
19/jun/10	GO	Barra dos Coqueiros	R	90,00	27,62	24,97	0,307
06/jul/10	GO	Salto do Rio	FA	93,00	36,55	36,55	0,393
13/jul/10	GO	Serra do Facão	R	212,60	214,05	92,07	1,007
24/jul/10	GO	Caçu	R	65,00	16,18	14,56	0,249
05/ago/10	GO	Foz do Rio Claro	FA	68,40	7,69	7,69	0,112
14/out/10	RS/SC	Foz do Chapecó	R	855,20	80,44	77,98	0,094
29/mar/11	RS	São José	FA	51,00	23,46	23,46	0,460
31/mar/11	RO	Rondon II	R	73,50	73,98	47,22	1,007
29/abr/11	TO/MA	Estreito TOC	FA	1.087,20	590,00	590,00	0,543
20/ago/11	MT	Dardanelos	FA	261,00	0,24	0,24	0,001
24/mar/12	RS	Passo São João	FA	77,00	20,60	20,60	0,268
30/mar/12	RO	Santo Antonio	FA	3.151,20	271,26	271,26	0,086
01/abr/12	TO	Peixe Angical ³	R		-	-	-
23/nov/12	PR	Mauá	R	350,10	83,85	65,31	0,240
01/jun/13	MG/RJ	Simplício	FA	101,90	11,36	11,36	0,111
01/jul/13	GO/MG	Batalha	R	52,60	138,13	49,72	2,626
01/set/13	AM	Balbina	R	250,00	2.532,34	1.612,28	10,129
01/out/13	AP	Coaracy Nunes	R	78,00	23,05	7,45	0,295
01/jan/14	RO	Jirau	R	3.750,00	309,46	309,46	0,083
01/nov/14	SC	Garibaldi	FA	174,90	26,74	26,74	0,153
01/nov/14	AP	Sto Antonio do Jari	R	369,90	31,70	26,01	0,086

Os elementos potencialmente causadores de alterações ambientais negativas ocorrem nas etapas planejadas de construção, enchimento do reservatório, ativação/desativação do canteiro de obras e operação do empreendimento. Deve-se frisar que a gestão ambiental deve ser considerada desde o início do projeto.

² Legenda: FA= UHE à fio d'água; R = UHE de acumulação. Critério de classificação fornecido pelo engenheiro L. G. F. Guilhon: se a subtração entra a cota máxima e a mínima do reservatório for igual a zero, a usina é à fio d'água, caso contrário, é de acumulação.

³ A UHE Peixe Angical teve toda sua área alagada considerada em 27/jun/06.

As transformações aqui detalhadas tratam da fauna, flora, águas fluviais e pluviais, solo e clima. Elas podem ser percebidas, em parte, na figura 5, pela perceptível alteração paisagística.



Figura 5 – Cidade de Tucuruí – O Antes e o Depois da Hidrelétrica

Fonte: (Site “Cidade de Tucuruí”) [5]

2.1.1 Faunístico

Os animais em estudo podem ser divididos em alguns subgrupos, tais como, aves, peixes, anfíbios terrestres, répteis terrestres, répteis aquáticos, mamíferos aquáticos e mamíferos terrestres.

A formação da represa para criar o reservatório implica no alagamento forçado da área. Esta ação faz com que muitas espécies que usavam ali como refúgio, muitas vezes, da ação predatória do homem, percam seu *habitat* natural. A situação mais crítica é a das espécies endêmicas, ou seja, aquelas que vivem apenas na referida localidade.

Em relação aos peixes, um problema mais específico é o período da piracema, ou seja, da desova. A situação é caracterizada pelo movimento deles, em cardumes, rio acima, para o acasalamento e reprodução. Nos dias que antecedem o fenômeno, são perceptíveis os sinais que a natureza emite. Os dias são mais quentes, as chuvas mais regulares e, finalizando, a água fica mais oxigenada e acaba por induzir o agrupamento dos machos e das fêmeas. Com o represamento decorrente da

barragem, o ciclo dos peixes é alterado. Uma possível minimização do problema consiste em promover a implantação de estruturas que permitam o movimento dos peixes em direção à nascente do rio. Mas, dificilmente, o problema será sanado. As espécies de reofílicos, que necessitam de águas rápidas para sobrevivência, tornam-se raras devido à dificuldade de habitarem o meio, já que o nível de concentração de oxigênio cai acentuadamente [6].

Sobre as aves e os mamíferos, uma cabível solução de preservação, é capturá-los e colocá-los em quarentena. O cuidado deve ser redobrado quando diz respeito aos que estão ameaçados de entrar em extinção. Os procedimentos devem ser feitos de maneira adequada, com orientação de profissionais capacitados, com vasto conhecimento no assunto. Os animais resgatados devem ser mantidos em local seguro até serem encaminhados às instituições interessadas ou recolocados em áreas de refúgios como criadouros de animais silvestres para a reprodução em cativeiro. Mesmo com tal medida, há o risco da não adaptação ao novo local de moradia e da mortandade consequente da alta competição com os animais previamente existentes.

Restringindo o assunto ao universo das aves, o problema da abolição de um determinado tipo é quase uma possibilidade remota, exceto no caso de raças restritas ao local. Deve ser avaliada também a questão daquelas que são caracterizadas como migratórias, que precisam procurar outros lugares para realizarem sua parada e acabam tendo que mudar completamente sua rota [7].

Com a intenção de minimizar as consequências descritas e outras não nomeadas, os responsáveis pela implantação da UHE e pelo projeto incluem estruturas de monitoramento, entre outras, da ictiofauna e da hidrobiologia, além da parte física da usina com propósito de proteção da fauna [8].

2.1.2 Florístico

A inundação de áreas verdes, com vegetação e floresta nativa, é a alteração mais notória, a olho nu ou por pessoas leigas no assunto, dos empreendimentos de usinas hidrelétricas. Paisagens cênicas de rara beleza podem ser destruídas de uma hora para a outra. Inúmeras espécies acabam submersas e, conseqüentemente, morrem.

Um consenso, entre os cientistas, é que as áreas marginais aos corpos d'água, que podem ser várzeas ou matas ciliares, são insubstituíveis em razão da rica biodiversidade que abrigam. Sua contribuição é de suma importância. Os seguintes exemplos podem ser mencionados, a regularização hidrológica na atenuação das cheias, a estabilização das encostas no processo de erosão e o controle natural de pragas ou doenças.

Na parte florestal, muitas árvores de madeira de lei são cortadas e outras ficam embaixo d'água. O segundo caso favorece a proliferação de mosquitos causadores de doenças. Outra consequência da submersão delas é a liberação de gases poluentes, como o Metano que impacta no chamado "efeito estufa", uma vez que é capaz de reter calor na atmosfera. Afundadas e sem vida, iniciam processo de decomposição, criando assim, uma espécie de limbo no fundo. Isso pode comprometer, inclusive, o funcionamento das turbinas, obrigando a execução de limpezas sistemáticas a fim de evitar um prejuízo de perda maior, que seriam os danos das máquinas [9].

Com o intuito de identificar e conhecer a variedade dos vegetais, as empresas, responsáveis pela construção, têm investido em estudos das espécies que estão na área de influência do projeto. Instalam-se viveiros onde são desenvolvidos estudos, florísticos e da vegetação, objetivando propor estratégias de preservação. O viveiro é uma instalação agrônômica destinada ao cultivo, à germinação e ao desenvolvimento de todos os tipos de plantas e/ou árvores até poderem ser

transplantadas. Entre suas características, estão a rega e a quantidade de luz que incide. Ambos os quesitos são determinantes no desenvolvimento do plantio. As mudas ali produzidas podem ser utilizadas em áreas de reflorestamentos ou nas áreas utilizadas na recuperação de áreas de empréstimo.

A reposição e conservação da cobertura vegetal também são feitas sob os cabos condutores das linhas de transmissão. Esta não é uma ação tão comum, mas, reduz quantitativamente o montante de mata suprimida. Algumas empresas, como é o caso de Furnas, optam por realizar o resgate do Germoplasma (conjunto de materiais genéticos de uma espécie para uso imediato ou potencial uso futuro, sem descarte algum) [10].

2.1.3 Geo-hídrico

A análise das influências nos recursos hídricos deve ser feita de acordo com a fase do cronograma executivo em que o projeto se encontra (construção, enchimento ou operação). A investigação requer cautela e especialistas no assunto. A água é uma matéria prima insubstituível e necessária à sobrevivência dos homens. Pela lei 9.433 de 1997, instituída pelo PNRH (Plano Nacional de Recursos Hídricos), quando há escassez, usos prioritários são: “consumo humano” e saciedade da sede dos animais.

MAGALHÃES⁴ [11] afirma que a água é o Ouro Azul do século XXI. A carência desse recurso mineral, desde a antiguidade, origina guerras quando disputada entre dois ou mais povos, motivados pela ameaça ao próprio bem-estar.

Os fatores que serão relacionados, no presente item, possuem acentuada ligação com os posteriores, que estarão expostos no item 2.2. As ações provocadas pelos seres humanos e seus resultados podem modificar, mesmo que indiretamente, a

⁴ Paulo Canedo de Magalhães – Professor da COPPE/UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

composição e qualidade do meio aquático averiguado, que tem importante atuação no equilíbrio da natureza pela biodiversidade presente nele.

Os rios transportam abundante quantidade de sedimentos em seu leito, originários dos maciços rochosos, da camada de solo ao fundo e de suas áreas marginais. A construção de uma barragem interrompe abruptamente o processo. Além disto, impossibilita o fluxo natural de nutrientes que auxiliam na fertilização do solo, para o plantio de alimentos e altera a temperatura aquática.

A velocidade das águas no curso normal do rio é muito superior àquela que corre em um reservatório. Em adição a isto, é imposto um obstáculo ao seu escoamento, a barragem. Ocorre então, a deposição de fragmentos minerais na base que, ao não percorrerem o caminho da maré, causam o assoreamento do rio, ou seja, uma obstrução em consequência da diminuição da correnteza que diminui o volume útil do seu abastecimento. Para recuperar o abastecimento de sedimentos, advém um aumento do processo erosivo nas margens pelo rio. Isso pode aprofundar e alargar o leito do rio, além de elevar o nível do lençol freático, colocando em risco as obras de infraestrutura existentes e o abastecimento de água regional. Os danos decorrentes do processo da acumulação sedimentar são de difícil remediação, principalmente em regiões áridas e semiáridas [12].

Sobre a concepção do barramento, o mesmo pode constituir um expressivo empecilho à navegação fluvial. Com a finalidade de remediar as circunstâncias de interrupção do fluxo, um mecanismo de amplo emprego é a construção de estruturas que possibilitem as embarcações vencerem tal barreira. Elas são denominadas eclusas e funcionam como elevadores, permitindo a subida e a descida, para as embarcações avançarem em direção ao destino, cumprindo sua rota [13].

Agregado à complexidade do fluxo do rio, tem-se o revés do eventual e importante sítio arqueológico no âmbito que será inundado. Os vestígios, tais como fósseis, animais e cemitérios, que forem descobertos, devido às profundezas das escavações para dragagem, devem ser resgatados, higienizados e fotografados antes

de serem acondicionados e direcionados a um laboratório de pesquisas para possível levantamento de dados como datação, funcionalidade e matéria prima utilizada. Posteriormente, as peças poderão ser destinadas a museus ou universidades. Nas investigações podem ser localizados resíduos de épocas distintas. São os chamados multicomponenciais, nos quais há sobreposição [14].

A figura 6 permite a apreciação de uma destas relíquias, encontrada na construção da usina hidrelétrica de Mauá, localizada no rio Tabagi, entre os municípios de Telêmaco Borba e Ortigueira, no estado do Paraná.



Figura 6 – Vestígio Arqueológico – Detalhe de Ponta de Projétil

Fonte: (Copel) [14]

Continuando as reflexões a respeito da parte mineralógica, as condições geomorfológicas do Brasil não propiciam a formação de lagos profundos, sendo estes encontrados somente em reservatórios artificiais. Uma exemplificação disso seriam os construídos em cabeceiras de bacias, com grande inércia volumétrica, isto é, com alta relação entre volume de armazenamento e deflúvio médio anual e, também entre a área inundada e a de drenagem da bacia. Eles são capazes de alterar o regime hidrológico natural. Na localidade em questão, em geral, há carência de dados hidrométricos e o regime de estiagem é determinado pela geologia, o que dificulta a aplicação de técnicas convencionais da regionalização hidrológica.

Águas profundas apresentam estratificação térmica, baixo teor de oxigênio, metais e outros elementos dissolvidos. O conhecimento das jazidas é de grande valia

para subsidiar futuras decisões a respeito do fechamento das minas ou do pós-mineração [15].

2.1.4 Climático

A transformação climática causada pelos lagos sobre o microclima regional (aquele que afeta a bacia) é irreversível e fácil de ser percebida. Trata-se de um conjunto de mudanças físicas nos aspectos da região abrangida.

Durante determinada época do ano, na estação úmida, podem ocorrer precipitações elevadas e em outras a ausência delas, caracterizando o período de seca. Em hidrologia, é considerado como precipitação todo tipo de água proveniente do meio atmosférico, possíveis exemplificações são a neve, a chuva, a neblina, o granizo e a geada. A diferença seria, unicamente, o estado físico em que a água está materializada [16].

A presença do reservatório, no arranjo de geração de eletricidade, permite o armazenamento da água, que deve ser captada e reservada no período chuvoso, para posterior utilização, durante a estiagem. Tal medida visa evitar possíveis racionamentos consecutivos da flutuação do nível d'água.

O aumento da superfície de evaporação e a mais intensa incidência dos raios solares, junto aos fatores já narrados, como a diminuição da concentração da vegetação, as resultantes sobre o sistema aquático ou a estratificação térmica e a perda de qualidade da água com a profundidade, estão entre as alterações físicas que alteram o clima direta ou indiretamente ao redor dos reservatórios. O primeiro citado leva a perdas expressivas em volume de água e, conseqüentemente, de energia elétrica [17].

A primeira menção do parágrafo anterior está intensamente ligada ao fator climatológico. Em épocas com maior penetração de raios solares na atmosfera e com pouca nebulosidade, a vaporização das moléculas líquidas e a diminuição do nível

reservado são intensificados. Evidencia-se, por estes motivos, um possível *déficit* no aproveitamento sistêmico sob apuração.

Ademais, a devastação das florestas nas terras para a alagação, faz com que seja reduzido o fenômeno natural de transpiração das folhas. Sendo este, um processo biofísico que integra o metabolismo da planta. A transferência se dá pelos estômatos, passando pelos vasos condutores e, outras partes delas, além de obedecer a uma série de resistências do solo. Acrescida da evaporação, tem-se a evapotranspiração, imprescindível para o balanço hídrico climatológico [16]. Nele, é considerada a quantificação de água extraída e recolocada no solo. Este mecanismo permite a caracterização do clima do lugar sob vistoria e é de vasto emprego para fins agrônômicos, dada a interligação da agricultura com as condições climáticas. Dependendo delas, uma ou outra plantação será bem sucedida ou resultará em prejuízos para os agricultores.

A ocorrência de massas de ar quente e úmido aumenta o índice pluviométrico e a probabilidade de chover. Em contrapartida, no Brasil central, um acontecimento rotineiro é o “Veranico” traduzido por um período seco dentro da estação chuvosa que pode perdurar de uma a quatro semanas, com dias ensolarados. É comum que o mesmo ocorra no entre Outubro e Março (Primavera/Verão), na expansão da área de baixa pressão [18].

As altas temperaturas e a umidade do ar favorecem a multiplicação dos casos de algumas doenças como a dengue, a malária e a febre amarela. As três são transmitidas por picada de mosquitos que se proliferam ainda mais em regiões de matagal com as referidas condições favoráveis. Como exemplo disto, o caso do *Aedes Aegypti* (transmissor da Dengue). O aumento do contágio, repentinamente, com a chegada de pessoas ao local, faz com que fique pré-definida uma endemia.

2.2 Social

As alterações ambientais e sociais são intimamente interligadas, como citado no item 2.1.3.

Os locais escolhidos para a realização de empreendimentos de tamanho porte, considerando as características naturais obrigatórias, costumam ser afastados dos grandes centros urbanos. Geralmente, locais menos favorecidos e sem grande densidade populacional.

Luz elétrica, telecomunicações e residências estão entre os novos elementos em apreço do deslocamento forçado da população ribeirinha e a submersão de uma fração de terras com suas particularidades que tem seus laços comunitários dizimados, os quais foram construídos ao longo da história local. Todos são obrigados a recomeçar a vida do zero em outra parte do país. Nesses casos, famílias, moradores e donos de estabelecimentos afetados são reassentados e ressarcidos economicamente, mesmo que com valores irrisórios, mas, não emocionalmente. No grupo, não estão, necessariamente, somente aqueles que são proprietários com situação legalizada. Muitas companhias energéticas ou responsáveis pela obra, já consideram aqueles que apenas usufruíam da terra, sem ter sua propriedade, como os posseiros, arrendatários, meeiros, trabalhadores assalariados ou para uso indireto das áreas de alguma forma (acesso a escolas, hospitais, recreação...).

Os atingidos não são somente os que estão ligados ao território a ser alagado. É cabível mencionar e lembrar as populações a montante e a jusante da barragem. Ainda há aqueles deslocados por causa de outras partes do complexo, como por exemplo, a casa de máquinas e as linhas de transmissão. Todas as indenizações são acordadas com os proprietários [19].

Em oposição a isso, é vislumbrado o contato com novas tecnologias e um aumento súbito da população que incorpora trabalhadores das empreiteiras contratadas para a parte executiva, vindos de fora para dar vida ao que está no papel.

Os operários usineiros, muitas vezes, são vítimas de condições insalubres e o número de acidentes costuma ser alto. O outro lado da situação instaurada pela chegada deles é o aumento de gravidez em adolescentes, atração da prostituição e com isso as doenças sexualmente transmissíveis, aumento do consumo de álcool e drogas, crescimento da violência urbana, entre outros relatos [20]. É importante ressaltar que os fatores comentados no presente parágrafo não estão diretamente ligados ao reservatório, mas, sim ao seu período de construção.

Outra vertente do acréscimo vertiginoso do número de habitantes é o volume crescente de esgoto sanitário doméstico. Ele compõe uma fonte de nutrientes como Fósforo (P) e Nitrogênio (N). Os dois são os maiores responsáveis pelo incremento da produção de algas. O excesso deles causa a eutrofização do meio. De acordo com THOMAN & MUELLER [21], *“eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d’água”*. Incluem-se, no grupo botânico, as algas marinhas conhecidas taxonomicamente como *Algae*, são autotróficas (produzem, por fotossíntese, a energia necessária para o seu metabolismo), uni ou multicelulares. Para quem olha, a aparência é turva e possui baixíssimo nível de oxigênio dissolvido, provocando a morte de animais e vegetais. O estudo desses níveis é denominado Limnologia, que averigua as reações funcionais e produtividade das comunidades bióticas em relação aos parâmetros físicos, químicos e bióticos ambientais.

Complementando o entendimento da esfera social, outros contratemplos da interrupção do afluxo é o arruinamento da via de navegação e a perturbação às tribos indígenas. A última destacada é considerada como uma das principais vítimas. Perdem o território de caça e pesca e, dificilmente detêm documentos referentes à posse das terras. Eles são realocados e assentados em novas áreas, perdendo assim sua cultura, arranjo social e até sua identidade, devido à ligação espiritual estreita com sua terra natal. E, acabam forçados a ter contato e mixar sua cultura e costumes com

os da cidade. Como reparo, são mantidos programas de resgate cultural, proporcionando, a participação e conservação cultural de tribos, impedindo que sejam disseminadas [22].

2.3 Econômico

O desenvolvimento econômico contemporâneo requer maior disponibilidade de energia. Desde a Revolução Industrial no século XVIII, ocorrem significativas mudanças em virtude da forma exponencial de extração de recursos naturais para suprir as necessidades da vida moderna. Em sua maioria, as formas empregadas eram por combustão de combustíveis fósseis, que pode acarretar, por exemplo, doenças respiratórias graças à queima da lenha [23].

A chegada da hidreletricidade explicita uma evolução nos dias vindouros. Não apenas pelo maquinário, nem pela tecnologia embutida, mas pela maior oferta de empregos e pela urgente reestruturação e adaptação do seu entorno. Incluindo a necessidade de atividades comerciais para a sobrevivência tanto de quem compra quanto para quem vende e retira os lucros. Essa conjuntura minimiza as possíveis atividades de escambo, permutas ou troca de favores.

Tais fatos repercutem na estimulação da circulação monetária, no aumento do PIB e da renda per capita, que é a soma dos salários de toda a população dividida pelo número de habitantes. A primeira é um dos parâmetros para medir o IDH e classificar o país segundo seu desenvolvimento, enquadrando-o em “Desenvolvido”, “Em Desenvolvimento” ou “Subdesenvolvido”. A classificação é conferida pela ONU (Organização das Nações Unidas), baseada também na educação e na expectativa de vida no momento de nascimento do indivíduo. Este último permite a avaliação da longevidade refletindo as condições de saúde e salubridade efetivas.

A população ribeirinha moradora de habitações tipo cabanagem, de palafita ou outro material próprio para áreas alagadiças construídas sobre troncos, tem suas

principais atividades econômicas, a pesca e a agricultura, prejudicadas. Conforme o item 2.1.1, algumas espécies que eram pescadas, acabam eliminadas daquele recinto. A construção das escadas de peixes, uma forma de remediar a adversidade criada, deveria ajuda-los em seu percurso, mas, acabam sendo uma armadilha por levá-los para lugares empobrecidos e findam com a mortandade antes do período de procriação. Com relação à segunda prática, o alargamento do canal leva a perda de planícies aluviais, melhor dizendo, terreno produtivo [24].

Perante o enunciado no parágrafo anterior, é plausível notar uma relação de desequilíbrio hidrostático em função da nova porcentagem territorial inundada. Surgem novas e mais fortes pressões na superfície lateral e inferior, elas variam com a profundidade.

Ainda há a questão dos minérios nobres não explorados que podem estar localizados no subterrâneo desconhecido. A riqueza não revelada, ou não evidenciada, ficará perdida após a concretização e o funcionamento do reservatório que implica no fechamento das minas. A situação privará o local da receita que poderia ser obtida com a venda do material ou o subsídio da permissão à exploração subterrânea.

3. Aspectos Positivos

A água disponível para uso no planeta está mal distribuída, seja por fatores geográficos, climáticos ou sazonais. Muitas vezes, pouca quantidade precisa satisfazer usos diversos. Para melhorar o panorama de deficiência, do precioso e obrigatório líquido à vida humana, o homem tem lançado mão de artifícios que possibilitem a reserva para prover suas necessidades e o abastecimento para seu consumo.

Muito mais do que fazê-la, a estrutura física em estudo também funciona como forma preventiva de controle de cheias, de regulação das vazões dos rios e possibilitam a formação do desnível artificial para a geração da energia hidráulica. Outro adendo que pode ser atribuído é a contribuição na parte dos transportes, através da integração com as hidrovias, que é um dos exemplos dos múltiplos usos que agrega a aquicultura, a pesca e a recreação, entre outros.

Pela legislação brasileira, a gestão dos recursos hídricos deve assegurar e proporcionar o uso múltiplo das águas com igual acesso para todos os setores de usuários, independente de cor, credo, classe social ou outro parâmetro de diferenciação.

Ainda referente à gestão de Recursos Hídricos no Brasil, ela é executada com embasamento no PNRH [25]. O atual, do período 2012-2015, desmembra o país em doze oficinas regionais de priorização de suas ações, seu planejamento é feito em conjunto pelo MMA (Ministério do Meio Ambiente), pelo SRHU (Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano) e pela ANA (Agência Nacional das Águas).

Ponderando sobre temas de destaque na atualidade, temos a constante preocupação sobre o futuro do planeta. A temperatura média anual está subindo e uma das causas desse fenômeno é o efeito estufa. No que tange o reservatório, estudos comprovam que o mesmo absorve os gases responsáveis por ele, fazendo

com que atue como um sumidouro de carbono da atmosfera, um dos GEE (Gases de Efeito Estufa) [26].

Sobre a hidroenergia, CARVALHO [27], disse: *“Hoje estamos captando esse movimento em defesa dos reservatórios. O país está prejudicado pelo uso inadequado da sua matriz energética. O comitê está engajado na defesa de reservatórios para esclarecer a opinião pública sobre o assunto”*⁵.

3.1 Atenuação das cheias

O fenômeno chamado de “Cheia” corresponde ao aumento natural das vazões do rio decorrente da sazonalidade climática e hidrológica. Tal ocorrência faz com que a área excedente às margens seja encharcada. Caso tenham alguma ocupação urbana, o resultado pode ser uma inusitada situação de calamidade pública com perdas econômicas e até óbitos.

Nas usinas do SIN (Sistema Interligado Nacional), parte da capacidade dos reservatórios é destinada para o controle das cheias pelo uso do Volume de Espera, previsto em projeto e calculado como forma de prevenção, na primeira etapa dos estudos realizados pelo ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). No estudo, pressupõe-se que seja garantida a capacidade de controle sobre suas defluências, apesar de alguns vertedores não possuírem o dispositivo próprio para a funcionalidade. Eles são a principal estrutura de liberação e saída da água, quando o nível dela ultrapassa o recomendado. O volume alocado para a espera é definido a cada ano, sempre no início da estação chuvosa para assim, possibilitar melhor precisão.

⁵ Pronunciamento do professor Sr. Erton Carvalho, presidente do Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), em 05 de Julho de 2013 no seminário sobre a importância dos reservatórios para a regularização das vazões e o armazenamento de energia, realizado no Clube de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ.

Para melhor entendimento, um exemplo de estrutura de saída da água é o descarregador de fundo. Ele é, especialmente, usado para atender usos de água à jusante. Sua equação de funcionamento que determina sua vazão é semelhante à de um orifício. Sua equação é dada por:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

- A – Área da seção transversal do orifício;
- g – Aceleração da gravidade = 10 m/s²;
- h – Altura da água desde a superfície até o centro do orifício e;
- C – Coeficiente empírico, valor próximo a 0,6.

Em épocas de chuvas, é de praxe a intensificação do monitoramento do sistema por técnicos capacitados. O trabalho é desenvolvido com constante averiguação da previsão meteorológica divulgada por órgão competente e confiável. É rotineiro controlar o nível em que se encontra a água tanto no rio quanto no reservatório [28].

O acompanhamento é feito por responsáveis durante todos os momentos do dia, a fim de evitar problemas e danos. A partir da análise dos dados coletados, é possível realizar a tomada de decisões sobre atitudes a serem efetuadas na represa. Elas englobam, entre outras, a quantidade de água a ser retida ou liberada. Inevitavelmente, o que for decidido vai atingir, diretamente, a população do entorno e a usina. O ajustamento também é feito com base no Planejamento Energético existente, que reúne outras fontes para atender a demanda.

Algumas concessionárias do setor elétrico optam por usar o próprio aparelho de Radar Meteorológico, como ferramenta estratégica, para operar o sistema e monitorar as represas. Através dos dados emitidos por ele, juntamente com outros instrumentos de informações, como localizadores de tempestades e raios, imagens de satélites e estações terrenas à beira dos rios, é possível fazer uma previsão do tempo e ter melhor precisão sobre a previsão de chuvas.

Uma observação importante acerca dos radares é a importância que desempenham em PCH's (pequena central hidrelétrica), já que nelas o aumento do

nível d'água pode ser mais ligeiro devido ao reduzido tamanho do reservatório, se comparado com o da UHE. A situação exige controle superior e mais estreito para ter o aclaramento de qual é a alternativa mais apropriada frente ao impasse formado [28].

Apesar do controle ser benéfico à sobrevivência dos arredores, a imposição de um volume vazio nos reservatórios, para proteger o vale à jusante, é conflitante com o interesse da atividade lucrativa dos seus administradores, a geração de eletricidade para abastecer a população.

O dimensionamento do volume do reservatório deve atender a uma determinada Energia Assegurada, que é definida por ser aquela garantida pela usina com determinado risco de não atendimento. Na regulamentação vigente, a porcentagem de risco é de 5%, isto é, a garantia é de 95% de atendimento. Este conceito também pode ser ampliado para todo o sistema elétrico como sendo a máxima produção de energia mantida, de forma contínua pelo conjunto das usinas. A obtenção dos valores, como o Q_{95} demonstrado no gráfico da figura 7, é feita com base nos dados do BIG (Banco de Informações de Gerações) da ANEEL.

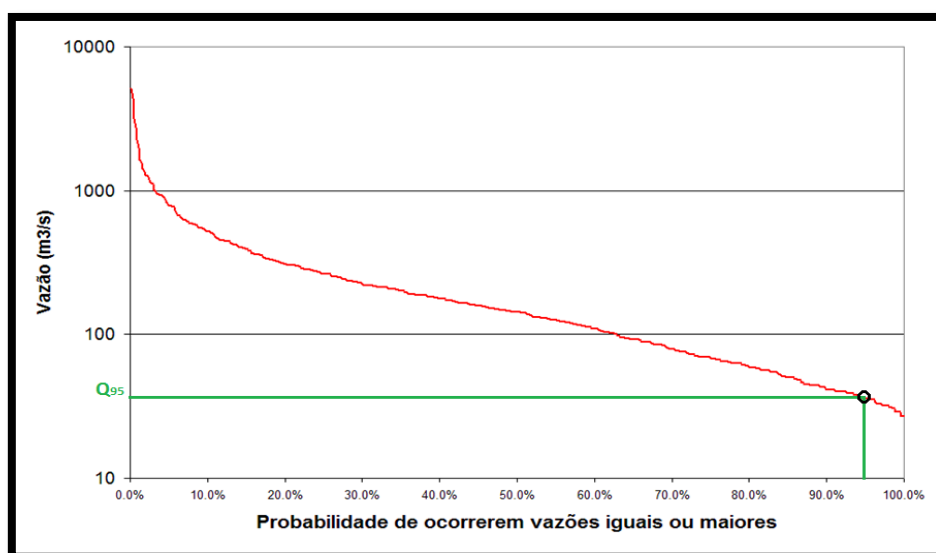


Figura 7 – Gráfico da Curva de Permanência de Vazões (adaptada)

Fonte: (UFAL) [29]

Na figura 8, pode ser visto o esquema típico da alocação dos volumes de um reservatório, frisando que suas quantificações variam, principalmente, com a demanda, a ocorrência de chuvas, os vertedores e a altura de queda.

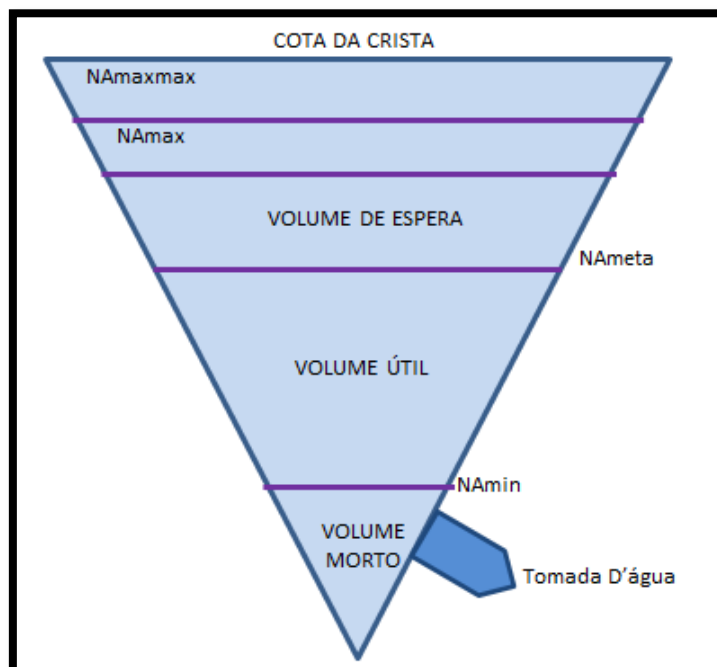


Figura 8 – Demonstrativo Simplificado dos Volumes de um Reservatório (Elaboração Própria)

Ainda em relação à figura 8, segue uma breve exposição do significado de cada fração diferenciada.

- Volume Morto: corresponde à parcela do volume total do reservatório inativa ou indisponível para fins de captação de água. Volume compreendido abaixo do nível d'água mínimo;
- $NA_{mín}$: Nível d'água mínimo operacional. Corresponde à cota mínima necessária para uma operação adequada do sistema. Define o limite superior do volume morto e o inferior do volume útil. Encontra-se acima da estrutura de tomada d'água, para evitar a formação de vórtices na entrada;
- Volume útil: compreendido entre o nível d'água mínimo operacional e o máximo operacional. Corresponde à operação do reservatório, ou seja, ao

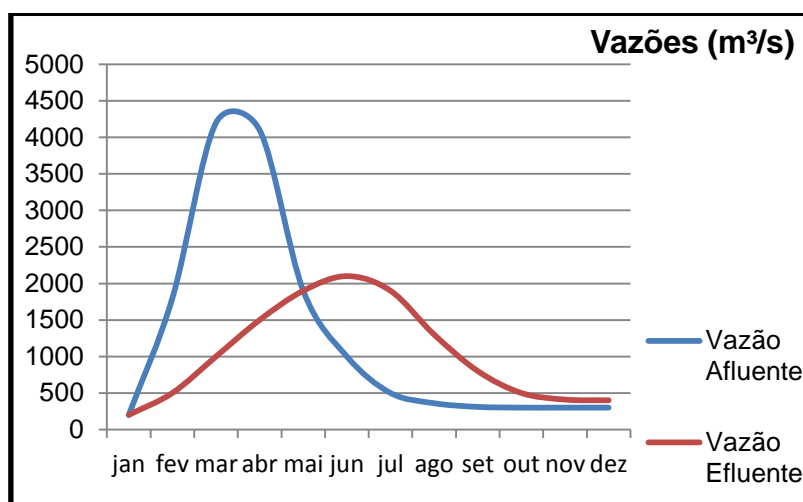
atendimento das diversas demandas de água. Deve considerar, portanto, as perdas por evaporação e por infiltração no solo, quando forem significativas;

- Volume de Espera (ou de controle para as cheias): parcela do volume útil destinada ao amortecimento de ondas de cheias, visando restringir as vazões à jusante. As restrições são, em geral, ditadas pelas condições existentes com a finalidade de evitar danos às estruturas presentes como pontes ou a capacidade da calha do canal à jusante. Seu contingente é variável de acordo com a época do ano;

- N_{Ameta} : cota superior do volume útil e inferior do volume de espera. Define a cota ótima para funcionamento do conjunto;

- $N_{Amáx}$: cota máxima permitida para se ter uma operação normal. Pode coincidir com a crista do extravasor ou a borda superior das comportas do vertedor;

- $N_{Amáxmáx}$: sobrelevação máxima do nível d'água, medida a partir do nível máximo operacional, disponível para a passagem de ondas de cheia. Ocorre simultaneamente à vazão máxima efluente. A seguir, figura explicativa.



**Figura 9 – Gráfico ilustrativo de Vazões no Rio (Afluente e Efluente)
(Elaboração Própria)**

- Cota da Crista: é definida por uma sobrelevação adicional ao “ $N_{Amáxmáx}$ ”, denominada de borda-livre (*free-board*), para impedir que as ondas

formadas pelo vento ultrapassem a crista da barragem. Ela também visa garantir uma segurança adicional a eventuais transbordamentos mediante condições excepcionais.

3.2 Regularização de Vazões

As obras hidráulicas, construídas em uma bacia hidrográfica, podem atuar como regularizadoras de vazões, diminuindo as máximas de escoamento e suas propagações. A interferência altera a vazão natural do rio, ou seja, a que ocorreria se não existissem as ações antrópicas presentes, como as próprias regularizações de vazões realizadas nos reservatórios, os desvios de água, as evaporações da superfície dele e os usos consuntivos (irrigação, criação animal e abastecimentos urbano, rural e industrial).

O intervalo entre as regularizações é escolhido de acordo com a capacidade do reservatório. Quando ele é pequeno, são feitas com frequência diária e nas bacias maiores, semanais. São elaboradas previsões de vazões máximas e mínimas pelo ONS para todos os aproveitamentos hidrelétricos do SIN, considerando as restrições hidráulicas particulares de cada aproveitamento. São elas: de usos múltiplos (vazões mínimas para abastecimento e para navegação fluvial, vazões máximas e nível máximo ou alocação de volume para controle de cheias), ambientais (vazões mínimas para preservação da ictiofauna, da piracema e de diluição de poluentes) e físicas (limitação de vertedouros, taxa de deplecionamento e enchimento de reservatórios). Entre parêntesis, são discriminados alguns exemplos [30].

O processo atual, para a maioria das bacias, usa modelos estocásticos, ou seja, aqueles que utilizam séries sintéticas de vazões determinadas a partir da série histórica de vazões totais e às últimas aflúências registradas, em detrimento dos métodos determinísticos que não trabalham com probabilidades, apenas com dados conhecidos tais como as observações fluviométricas ou pluviométricas disponíveis nas

respectivas estações, somado as precipitações ou quaisquer previsões meteorológicas [31].

A estipulação das vazões a serem liberadas, bem como seu aumento ou redução, é feita pelo ONS que detém a responsabilidade do controle de cheias. Ele determina o valor que cada barragem deve soltar e as restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos do SIN.

Na figura 10 é ilustrado o efeito de regularização das vazões em uma bacia.

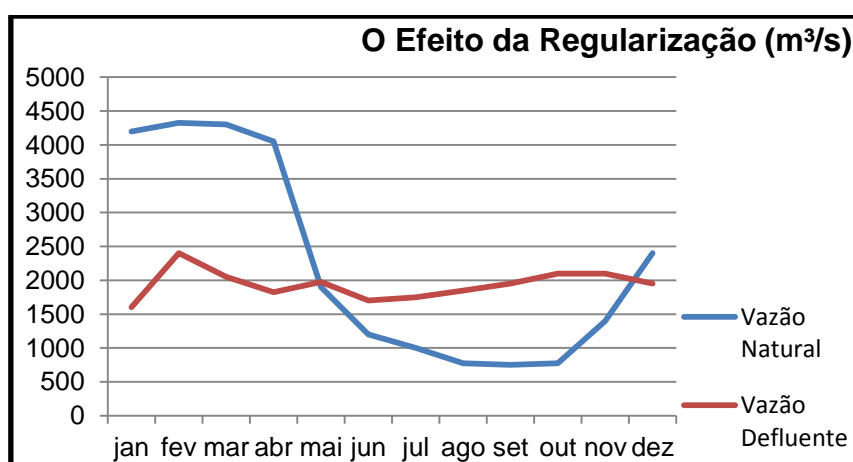


Figura 10 – Gráfico ilustrativo do Efeito da Regularização das vazões (Elaboração Própria)

Nos dois sub-subitens seguintes, são expostos dois tipos de regularizações usuais de serem praticados.

3.2.1 Regularização à Montante

A regularização do rio à montante da usina afeta a geração das usinas que possam existir à jusante, causando assim o chamado efeito Cascata, de cumulatividade com encadeações, conforme a figura 11.

O volume útil desempenha a função, aqui discutida, nas seções fluviométricas pré-estabelecidas. O excesso de água durante os períodos chuvosos é armazenado,

acumulando uma reserva que servirá para compensar as deficiências nos períodos de escassez. Uma comparação que pode ser feita é com a dinâmica de funcionamento de uma caixa d'água, sua vazão de entrada é variável no tempo (vazão afluyente do rio) e a de saída é, aproximadamente, constante (vazão turbinada).

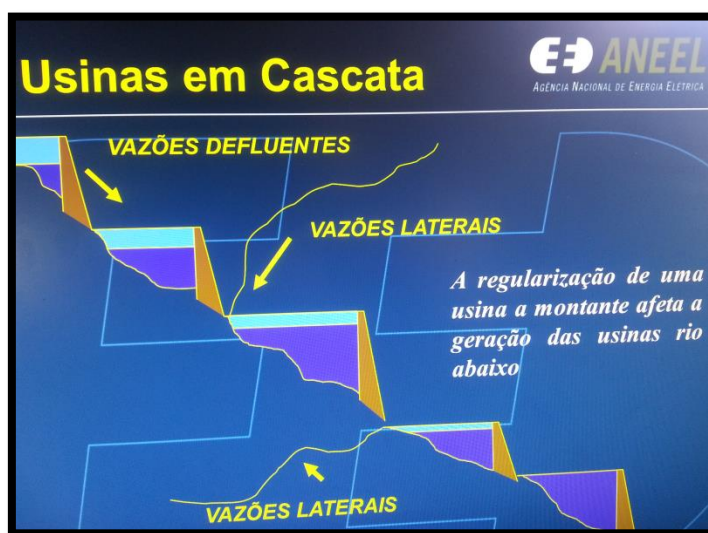


Figura 11 – Usinas em Cascata

Fonte: (ANEEL) [32]

Entre as possíveis restrições hidráulicas mencionadas, temos:

- Reservatório: Nível d'água máximo e mínimo;
- Vertedouro: Taxa de variação máxima de nível. A borda superior das comportas do vertedor, geralmente, coincide com o nível d'água máximo operacional do reservatório, o qual é o limite superior do volume útil. Ou seja, é a cota máxima para que o reservatório opere normalmente. Tal cota pode coincidir com a crista do extravasor.

3.2.2 Regularização à Jusante

O objetivo da regularização à jusante é reduzir as cheias que possam ocorrer à jusante da barragem, evitando efeitos desastrosos nas atividades ali praticadas. Como consequência do ajuste, ocorre a diminuição das áreas marginais abastecidas com sedimentos levados pelo rio. Tal falta causa a infertilização das terras e pode ter possíveis efeitos nas matas ciliares. A regularização da vazão à jusante unida com a consequente diminuição da calha de escoamento pode causar o incremento da erosão das margens do rio.

Sobre as restrições hidráulicas à jusante, temos:

- Casa de Força: a vazão turbinada e a taxa de variação máxima;
- Vertedouro: Nível d'água Jusante e taxa de variação máxima e
- Subestação: Vazão vertida e taxa de variação máxima mais a vazão defluente e a respectiva taxa de variação máxima.

Um exemplo de restrição de vazão à jusante é o aproveitamento hidrelétrico de Funil, na cidade de Barra Mansa/RJ. Com o passar dos anos e a falta de fiscalização pelo poder público, ocorreu a ocupação irregular da calha natural do rio, outrora não povoada e preservada [33].

A ocupação irregular e desordenada acarreta em consequências como o aparecimento de lixo em áreas marginais, bem como de rejeitos e dejetos orgânicos na área que até então era resguardada. Ambos alteram a dinâmica do curso do rio e geram obstáculos a ele, em conjunto com a poluição aquática e atmosférica. Com o cenário consubstanciado, é imposta uma restrição de vazão defluente máxima à montante, vinculado com a operação do reservatório.

A foto que demonstra o citado na Bacia do Rio Paraíba do Sul, à jusante do aproveitamento de Funil, pode ser examinada na figura 12.



Figura 12 – Calha Natural de Cheia do Rio - Preservada e Ocupada

Fonte: (Palestra Paulo Diniz) [33]

Ainda sobre a figura 12, o problema gerado após a construção do reservatório de Funil foi maior que o original, uma vez que a calha maior do leito do rio Paraíba do Sul passou a ser ocupada por moradores de Barra Mansa. Tal fato aconteceu devido à falsa sensação de segurança decorrente da diminuição das cheias à jusante após a construção do reservatório.

3.3 Desnível Artificial

Considerando o volume total de água do planeta, algo bem próximo da totalidade está nos oceanos. Já existem estudos a respeito das forças das Marés e pesquisas estão sendo, constantemente, realizadas e desenvolvidas. Porém, ainda não há uso comercial dela, só em escalas menores.

Pensando na água doce restante, para o aproveitamento hidrelétrico, um requisito é o acentuado desnível hidráulico e/ou grande vazão que possa ser utilizada. Estas são as características necessárias para o movimento das turbinas resultante da energia mecânica produzida.

A diferença de nível mencionada no parágrafo anterior pode ser natural (grandes cachoeiras, por exemplo) ou artificial, quando não existe uma significativa variância vertical concentrada. A última é criada por uma barragem, para captação e adução da água à turbina que posteriormente é condicionada ao gerador. Com isso, forma-se o reservatório pelo represamento artificial das águas. Este artifício aumenta, também, a energia potencial, permitindo que a água percorra o caminho por gravidade e não exige o uso de turbinas superpotentes, uma vez que a queda colabora na geração pelo aumento da velocidade das águas.

Os elevados desníveis permitem a geração de energia satisfatória, aquela que atinge os objetivos visados, pela operação com pouca quantidade de água.

A altura da barragem interfere diretamente na amplitude da área alagada, de acordo com as condições do relevo encontradas. Em áreas montanhosas e em cânions profundos é possível construir barragens muito altas com pouco alagamento. Por outro lado, nas regiões predominantemente de planícies, um desnível pequeno pode causar gigantescos alagamentos. Uma vez que está sendo retratado algo artificial, é possível impedir catástrofes, ou melhor colocando, não realizá-las, que é o caso da segunda hipótese.

Uma usina pode ser classificada pela sua altura de queda, podendo ela ser de baixa (até 15 metros), alta (superior a 150 metros) ou média (valores intermediários entre 16 e 150 metros) altura. Essa classificação é dada pelo CERPCH (Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétrica, da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI). Mas, não há um consenso formal sobre essas medidas.

3.4 Transportes Aquaviários

O transporte por hidrovias é utilizado para o deslocamento de pessoas e mercadorias. Para estarem aptas para a funcionalidade, muitas vezes precisam passar

por melhorias físicas, implantação de sinalização ou balizamento para permitir que as embarcações trafeguem com segurança.

Este modal é de incontestável importância para a logística do país. Através dele, é possível deslocar grandes quantidades de mercadoria por longas distâncias. Entre os produtos, estão minérios, cascalhos, areia, carvão, ferro, grãos e outros não perecíveis, resistentes ao longo tempo de viagem. A destinação deles pode ser para exportação ou para o mercado interno.

As características mais relevantes do transporte hidroviário de carga no Brasil são: a grande capacidade de carga, o baixo custo de execução e manutenção, baixa flexibilidade, transporte lento, influência pelas condições climáticas e baixo custo de implantação (quando se analisa a via de leito natural, mas pode ser elevado devido às modificações necessárias, como a necessidade de construção de infraestruturas especiais como eclusas, barragens, canais artificiais de transposição, dragagem, derrocamentos (dinamitação) de obstáculos naturais etc...) [34].

A construção do reservatório, ao longo de um rio, permite a concreta possibilidade de navegação do mesmo. Quando se tem um conjunto deles em curtas distâncias, pode-se criar um sistema integrado de navegação. O transporte eficiente contribui para a redução dos custos no setor produtivo, o que torna seus produtos mais competitivos no arranjo do mercado internacional globalizado [35].

A navegação interior, aquela por rios, lagos, lagoas, canais, bacias e estuários, em determinadas circunstâncias, só é viável após a realização de fundamentais remodelações, denominadas obras especiais.

Uma destas é denominada eclusa. Trata-se de um dispositivo utilizado nas barragens para vencer o desnível causado por ela mesma, possibilitando assim, o tráfego das embarcações após a transposição de nível da via antes não navegável.

No Brasil, existem 17 (dezesete) eclusas e o projeto da 18ª (décima oitava). A informação pode ser encontrada no site do Ministério dos Transportes.

A figura 13 mostra os esquemas de uma eclusa.

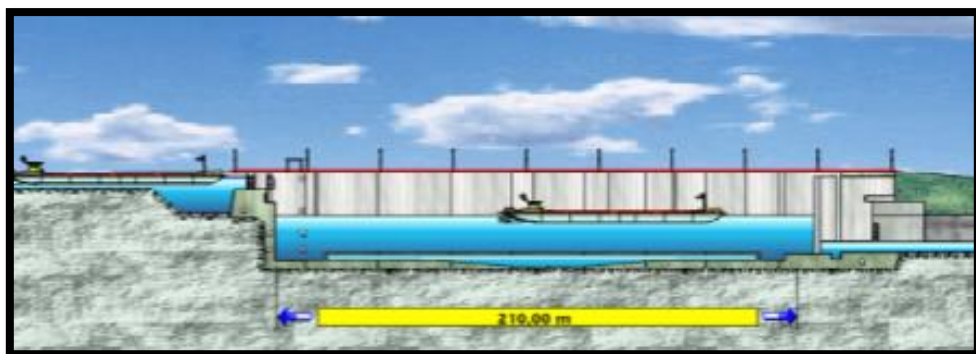
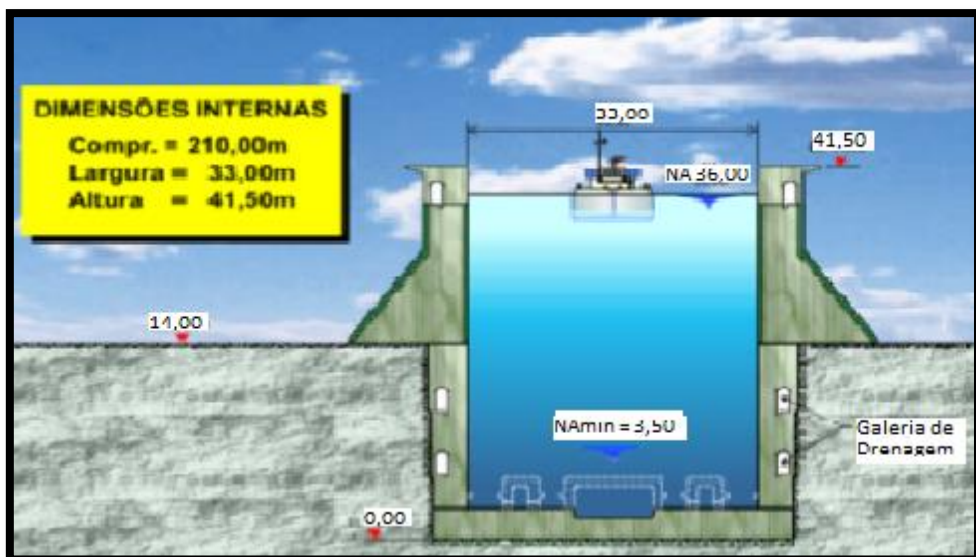
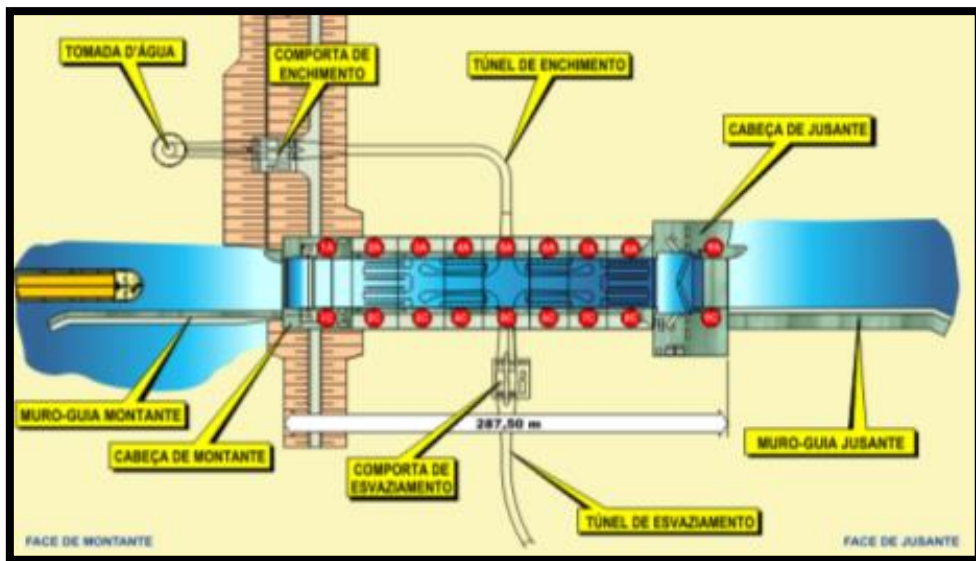


Figura 13 – Eclusa Número 2 da UHE Tucuruí
 Vista Superior, Frontal (Adaptada) e Lateral, respectivamente.
 Fonte: (Eletronorte) [36]

As hidrovias brasileiras são divididas em 8 (oito) regiões administrativas, segundo consta no site do Ministério dos Transportes. Conforme definido em [37], a elas compete “desenvolver as atividades de execução e acompanhamento de serviços, obras, estudos, exploração dos rios e portos fluviais e lacustres destinados exclusivamente à navegação Interior, bem como definir uma melhor logística para o setor para promover uma melhor infraestrutura para o transporte hidroviário”.

Em relação aos possíveis impedimentos, que podem prejudicar a navegação hidroviária, está a estiagem, que pode interditar alguns trechos navegáveis. Para ter continuidade do percurso, sem nenhuma interferência, é preciso manter o nível das águas do reservatório. Quando se tem a ocorrência da seca, o trecho torna-se inacessível e pode desconectar as partes da hidrovia, se não houver rotas alternativas. Com a interrupção forçada, todos que dependem do transporte, direta ou indiretamente, são prejudicados por terem que suspender suas atividades.

3.5 Recreação e Lazer

Os benefícios referentes ao setor de recreação são, geralmente, casuais ou secundários, decorrentes de outras funções de aproveitamentos. Para atender este uso, o projeto deve conter uma mínima infraestrutura com construções estruturais, sanitários, calçamentos e plantação de vegetação apropriada nas margens.

Um aspecto importante nos múltiplos usos dos reservatórios, independentemente do porte, que merece ser ressaltado é a utilização deles nos mais diversos segmentos da economia. No entanto, para cumprir tal meta é preciso dispor de um planejamento, a fim de satisfazer exigências de órgãos fiscalizadores. Ocorre que, a urgência do setor energético, em particular o elétrico, contrapõe a elaboração da proposta aludida.

Este uso implica em restrições decorrentes da possibilidade de uso da água. O enquadramento nos padrões é feito por classes que usam como parâmetro, por exemplo, a presença de coliformes termotolerantes e a ocorrência de efeitos tóxicos agudos ou crônicos, segundo a Resolução CONAMA 357 de 2005 [38]. Outra restrição a ser considerada é o nível máximo e mínimo do reservatório, como medida de segurança à vida. Os níveis não devem sofrer oscilações bruscas ou acentuadas.

É comum o uso para passeios de barcos e para a prática de esportes com contato primário, como esqui aquático, natação e mergulho conforme a Resolução CONAMA, número 274 de 2000 que dispõe sobre a balneabilidade (possíveis para as Classes 1 e 2, no caso exposto). Todos dependem, diretamente, do volume e do espelho d'água.

A viabilização de atividades que dependem de aluguéis, como barcos ou equipamentos esportivos, despertam o interesse de empresários do ramo ou interessados no negócio, o que atrai investidores, incrementando o desenvolvimento socioeconômico.

3.6 Pesca

A atividade pesqueira, em reservatórios, costuma ser de dois tipos, esportiva (amadora) ou artesanal.

A primeira é praticada como atividade de lazer, sem tirar proveitos monetários nem destinada para fins de subsistência. Utilizando apenas a vara de pescar, a linha de pesca, o anzol e a isca que pode ser natural ou artificial [39].

A segunda é definida como uma atividade exercida por produtores autônomos ou com relações de trabalho em parcerias, com uso de pequenas quantias de capital e meios produtivos simples, com tecnologia e metodologia de captura não mecanizadas. Ela configura-se na exploração de recursos pesqueiros com a utilização de tecnologia

simples para a captura, com a produção em baixa escala, sendo parte usada para subsistência [40].

Independente do tipo, os dois afetam diretamente a questão socioeconômica da região. Atraem turistas amantes da pesca que consomem e se hospedam em rede hoteleira próxima, que pode contar com resorts de luxo, ou induz as pessoas a comprarem sua casa de veraneio nas margens do reservatório, o que gera investimento para o local. Favorecem, ainda, a formação de colônia de pescadores que, atualmente, são denominadas e reconhecidas como organização livre de trabalhadores com os mesmos princípios de organização dos sindicatos urbanos e rurais.

Devido ao aparecimento e estabelecimento das colônias, o Ministério de Pesca e Aquicultura (MPA) junto com a Secretaria de Educação, promovem programas de alfabetização e inclusão social para os moradores, além de oferecerem cursos de capacitação técnica e organização dos produtores visando o fomento, manuseio, higiene e comercialização do pescado, de forma a propiciar a implantação de unidades produtivas ambiental e economicamente sustentáveis e o adensamento da cadeia produtiva do pescado.

O pescado é a proteína animal mais saudável e consumida no mundo, sendo recomendada pela OMS (Organização Mundial de Saúde). Os brasileiros ultrapassaram o consumo mínimo de pescado recomendado que é de 12 quilos por habitante ao ano. No Brasil, o consumo chegou a 14,50 quilos por habitante em um ano, de acordo com o levantamento realizado em 2013 [41].

3.7 Aquicultura

Por definição, Aquicultura é o cultivo de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais se dá total ou parcialmente em meio aquático. Ela pode ser tanto

continental (água doce) como marinha (água salgada), quando sua denominação é alterada para maricultura.

Para a prática legal, de acordo com a lei, é preciso ter registro e licença, no caso, o Registro Geral de Atividade Pesqueira (RGP), mantido e organizado pelo MPA. Ele é um instrumento do Governo Federal que visa a contribuir para a gestão e o desenvolvimento sustentável da atividade pesqueira, em atendimento ao disposto na Lei nº 11.959, de 26 de junho de 2009. O Aquicultor pode ainda ser registrado como pessoa física ou jurídica e precisa ter o devido licenciamento ambiental concedido por órgão ambiental competente.

A atividade abrange as seguintes especialidades [42]:

- Piscicultura (criação de peixes, em água doce e marinha);
- Malacocultura (produção de moluscos, como ostras, mexilhões, caramujos e vieiras). A criação de ostras é conhecida por ostreicultura e a criação de mexilhões, por mitilicultura;
- Carcinicultura (criação de camarão em viveiros);
- Algicultura (cultivo de macro ou microalgas);
- Ranicultura (criação de rãs);
- Criação de jacarés.

Um dos usos diretos para a aquicultura seria a produção de peixes em tanques-rede, ou seja, a criação confinada. Mesmo não tendo nenhuma medida específica em prol da piscicultura, muitos dos reservatórios, em consequência da eutrofização natural, têm aumentado consideravelmente a produção local de algumas espécies propícias à situação caracterizada.

Outra linha, bastante forte e que vem ganhando cada vez mais espaço é a ideia de difundir o desenvolvimento sustentável da agricultura e pesca. Para cumprir o objetivo, são estabelecidas ações voltadas às questões de normalização e uso dos recursos pesqueiros e cadastro de pescadores e piscicultores.

4. A Geração da Hidreletricidade

O objetivo deste capítulo é mostrar três fatores inerentes à geração da hidreletricidade. São eles: Grupo turbina/gerador, fatores climáticos e altura de queda. Esses fatores são interdependentes. A combinação deles determina o tipo de planta do projeto e a instalação. Relacionado aos dois últimos, os detalhes construtivos determinam, ainda, as perdas hidráulicas.

4.1 Grupo Turbina/Gerador

O grupo é localizado no interior da Casa de Forças, junto com outros equipamentos eletromecânicos, formando assim, a central de operações da usina. Eles são os responsáveis pela produção de energia elétrica.

A turbina atua pela transformação de energia hidráulica em mecânica, pelo giro de suas rodas, e o gerador continua o processo com a etapa da transformação para energia elétrica.

4.1.1 Turbinas

O conjunto das turbinas é composto pelo rotor mais a caixa espiral. São, atualmente, as formas mais eficientes de conversão de energia primária em secundária. A eficiência pode chegar a 99% nas turbinas hidráulicas mais modernas [43].

A água que movimenta as turbinas da hidrelétrica, pelo seu impulsionamento, e gera eletricidade, se renova sempre por meio do ciclo hidrológico, podendo ser reutilizada, uma vez que sua qualidade é preservada. Outro caminho possível a ser

percorrido pelas águas é através do vertedouro. Este último caminho, do ponto de vista energético, não é desejável, uma vez que a água vertida não gera energia. No entanto, o vertedouro constitui-se em uma estrutura fundamental para a segurança da UHE.

O vertedouro age sempre que os níveis do reservatório ultrapassam os limites recomendados. Uma das razões para a sua abertura é o excesso de vazão ou de chuva, a outra é a existência de água em quantidade acima daquela que é necessária para o armazenamento ou a geração de energia. Nos períodos chuvosos, o processo de abertura de vertedouros se propõe a evitar enchentes no entorno.

Nos subitens a seguir, serão descritos os três principais modelos de turbinas em uso, no Brasil, nas usinas de acumulação: Francis, Pelton e Kaplan [44]. A escolha do tipo a ser utilizado depende das condições de queda e vazão.

4.1.1.1 Francis

A turbina Francis foi desenvolvida pelo inglês James Bicheno Francis (1815-1892), a partir de modificações feitas na máquina centrípeta de Samuel Dowd (1804-1879). A motivação foi o estudo de uma turbina para o aproveitamento energético do desnível de um rio, em 1874, do qual ele foi encarregado. As modificações foram tão importantes que o equipamento reinventado acabou ganhando seu nome.

O resultado foi a criação de uma máquina, essencialmente centrípeta e de reação, que utiliza o tubo de sucção, proposto inicialmente por Jonval em 1843, para conduzir a água da saída do rotor até o poço. O tubo de sucção permite que a água escoe de forma contínua ao invés de ser descarregada livremente na atmosfera. O escoamento pode ser radial, quando lento e normal, ou misto, quando rápido. Com isso, há um ganho na energia cinética na saída do rotor e outro de desnível topográfico entre a saída do rotor e o nível da água no poço [45].

As maiorias dos projetos hidrelétricos brasileiros são de média queda. As turbinas mais utilizadas são do tipo Francis, com velocidades de rotação entre 500 e 750 rpm (rotações por minuto). No caso de velocidades mais baixas, pode-se usar um multiplicador de velocidade, a fim de reduzir os custos dos geradores.

Outra razão para que este seja o modelo mais utilizado no Brasil, é que tem a facilidade de se adaptar tanto em locais com baixa queda quanto nos de alta queda. O eixo pode ser horizontal ou vertical, uma vez que trabalha totalmente submersa [46].

Na figura 12, a ilustração da turbina Francis.

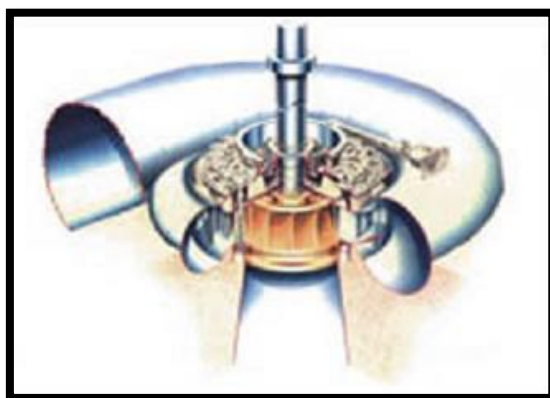


Figura 14 – Turbina Francis

Fonte: (Atlas de Energia Elétrica do Brasil) [46]

4.1.1.2 Pelton

A turbina Pelton foi criada pelo americano Allan Lester Pelton. Em 1878, ele iniciou experimentos com rodas d'água que o conduziram a invenção de um novo conceito para elas, com base no chamado "splitter". São de impulsão com acionamento por jatos livres de alta velocidade [47].

Como as outras turbinas, possui um distribuidor e um rotor. O distribuidor possui formato de bocal injetor, ele guia o fluxo de água proporcionando, assim, um jato cilíndrico que é jorrado sobre a pá do rotor. O Rotor tem certo número de pás com

formato de concha e são presas na periferia de um disco, o qual gira em volta de um eixo.

É um tipo de fácil fabricação, instalação e regulação. Pode ser de eixo vertical ou horizontal com até seis jatos d'água. Seu uso é mais apropriado em locais de alta queda, com duzentos a mil e quinhentos metros, costumeiramente em ribeiras de grandes declives, formados por rios rápidos ou cascatas. O uso deve ser conjunto com geradores de alta velocidade [46].

Na figura 13, a ilustração da turbina Pelton.

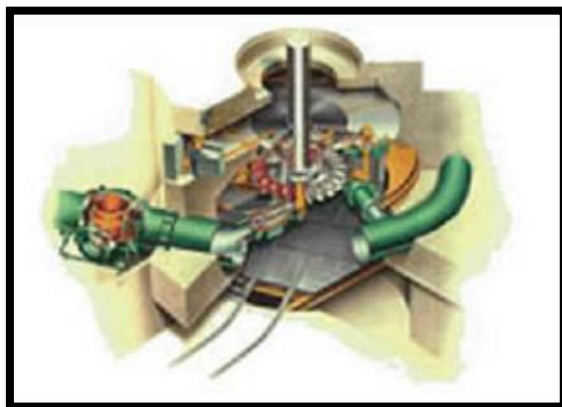


Figura 15 – Turbina Pelton

Fonte: (Atlas de Energia Elétrica do Brasil) [46]

4.1.1.3 Kaplan

A turbina Kaplan foi criada a partir das turbinas de hélice, pelo engenheiro austríaco Victor Kaplan (1876-1934), com a possibilidade de variar o passo das pás, tornando-as reguláveis. Surge então uma turbina de hélices com pás reguláveis. Seu eixo pode ser vertical ou horizontal. O registo da patente da turbina foi feito em 7 de Agosto de 1913 pelo próprio inventor [48].

Os principais componentes da turbina Kaplan são: o distribuidor, suas pás chamadas de diretrizes, o rotor, o tubo de sucção e a caixa espiral.

Sua operação é adequada para baixas alturas de queda, de dez até setenta metros e sua velocidade é baixa, entre 70 e 350 rpm. Em decorrência da baixa queda, a casa de força é integrada às obras de tomada d'água ou localizada a uma pequena distância dela [46].

Na figura 14, a ilustração da turbina Kaplan.

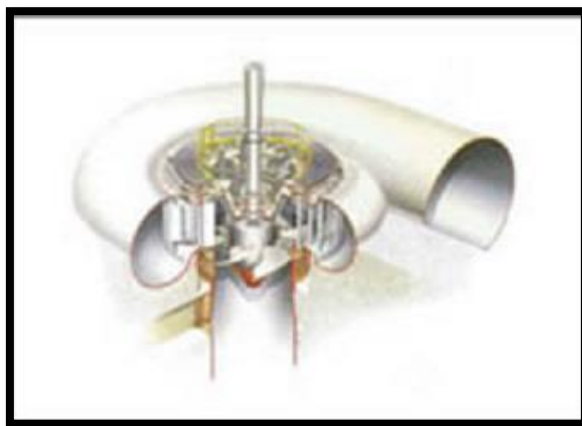


Figura 16 – Turbina Kaplan

Fonte: (Atlas de Energia Elétrica do Brasil) [46]

4.1.2 Geradores

O gerador é um dispositivo acoplado às turbinas. Ele é o responsável por transformar a energia mecânica (do movimento), disponível no eixo delas, em energia elétrica que será transmitida aos consumidores. Uma vez que estão unidos, possuem a mesma quantidade de voltas por período de tempo.

Ao estar conjugado com a(s) máquina(s) motriz(es) e respectivos equipamentos, compõem a unidade geradora que determina a potência instalada, traduzida como a capacidade bruta determinante do porte da central geradora para fins de outorga, regulação e fiscalização. Simplificando, é o somatório das potências elétricas ativas nominais das unidades geradoras principais da central. A ANEEL adota três classificações para abordar o assunto: Centrais Geradoras Hidrelétricas (com até

1 MW de potência instalada), Pequenas Centrais Hidrelétricas (entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada) e Usina Hidrelétrica de Energia (UHE, com mais de 30 MW).

O funcionamento do gerador baseia-se nas leis da indução eletromagnética, consistindo em uma espira que fica imersa num campo magnético e gira em torno de um eixo perpendicular às linhas desse campo. O eixo pode ser vertical ou horizontal, de acordo com a caracterização fornecida pela referida especificação da turbina acoplada [49].

Relacionando o gerador e os custos embutidos, nas quedas de baixa altura, quando são utilizadas turbinas Kaplan ou Hélice de velocidade reduzida, é possível minimizá-los através da inserção de multiplicadores de velocidades, bem como nas medianas com turbinas Francis quando a rotação é inferior a 500 rpm. Nos caimentos tidos como altos é aconselhável o uso de geradores mais rápidos, cujas dimensões e preços unitários são sensivelmente mais baixos se confrontados com os mais lentos.

O estágio seguinte ao da geração é a distribuição aos consumidores. Próximos aos geradores são instalados os transformadores, equipamentos que acumulam e enviam a energia elétrica para os cabos das linhas de transmissão.

Na figura 15, a ilustração do esquema Turbina-Gerador.

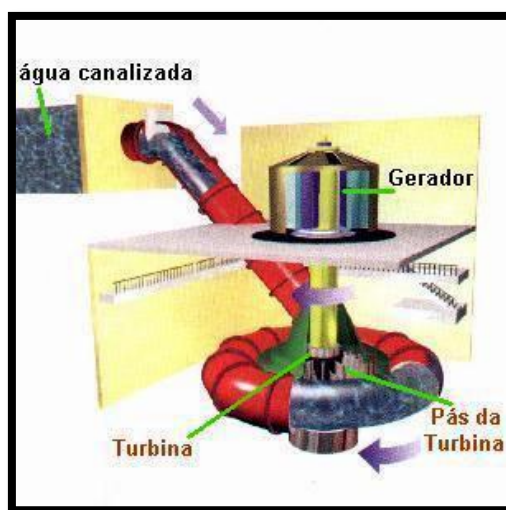


Figura 17 – Esquema Turbina-Gerador

Fonte: (CEPA – USP) [50]

4.2 Fatores Climáticos

A energia hidráulica é influenciada pela irradiação solar e pela energia potencial gravitacional. Esta última será analisada no item posterior. As duas provocam efeitos como a evaporação, condensação e precipitação da água sobre a superfície terrestre.

No contexto atual, considerando a escassez de energia, a avaliação de possíveis perdas no reservatório ganha significativa importância, seja nos estudos de planejamento das futuras hidrelétricas ou nos de operação das que estão em pleno funcionamento. Com tais estudos, podem ser obtidos dados relativos à evaporação. Eles são utilizados de duas formas principais: nos estudos de simulação de operação de reservatórios e nos de obtenção das séries de vazões naturais nos locais de aproveitamentos hidrelétricos.

A intensidade e quantificação da incidência de raios solares, acrescentadas aos fatores de pressão, temperatura e umidade do ar, faz com que aumente a evaporação e, conseqüentemente, as perdas. Outro fenômeno que pode ocorrer é o aumento da formação de ondas de ventos devido à extensa região superficial alagada.

A massa líquida após evaporar, quando ainda está em estado de vapor, ao atingir a atmosfera por ação da gravidade arrefece, isto é, o vapor transforma-se em gotas de água, formando as nuvens. Esta seqüência de eventos é denominada de condensação.

Após o descrito anteriormente, quando as nuvens passam por zonas frias a condensação aumenta originando a precipitação. Com isto, a água retorna em forma de chuva, neve, granizo ou nevoeiro.

É necessário um equilíbrio entre os fenômenos acima, os quais formam o ciclo da água. A ausência de chuvas e/ou o excesso de radiação solar, repercutem na seca do reservatório.

As informações mencionadas podem ser obtidas a partir da Rede Hidrometeorológica. Os dados podem ser pesquisados no portal Hidroweb [51] (aplicativo da ANA disponibilizado ao público no site da Agência) e no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH. São disponibilizadas informações sobre cotas, vazões, chuvas, evaporação, perfil do rio, qualidade da água e sedimentos de todos os postos que estão sob controle da ANA.

4.3 Altura de Queda

Como dito no parágrafo inicial do item anterior, a energia hidráulica provém, entre outros fatores, da energia potencial gravitacional. A equação seguinte permite encontrar seu valor.

$$EP = m \cdot g \cdot h$$

- m – massa da água (kg);
- g – Aceleração da gravidade = 9,81 m/s²;
- h – Altura de queda da água desde o ponto inicial até a cota final (m);
- EP – Energia Potencial Gravitacional (W).

No entanto, tal abordagem é pouco realista, uma vez que não é possível o aproveitamento integral do volume de água. Isto porque ocorre inacessibilidade devido à reevaporação e às perdas provenientes de fricção e turbulência da água nos dutos e canais de direcionamento até a casa de forças [44].

A conclusão à primeira vista que poderia ser admitida é que, se apenas for pensado na energia potencial para obtenção da elétrica advinda da hidráulica, quanto maior a altura de queda, maior será a produção. Contudo, não se pode admitir a premissa como possível fonte de comparação entre aproveitamentos, pelas razões expostas no parágrafo anterior e pelo rendimento do sistema turbo-gerador.

Outra consideração a ser feita é que a altura de queda a ser adotada seria a “altura de queda útil”, a qual é traduzida por ser a distância vertical entre o nível d’água de montante e o de jusante, menos as perdas de carga que ocorrem ao longo do circuito de adução. Ou seja, é a altura de queda bruta com as perdas subtraídas.

5. O Sistema Energético Brasileiro

A fim de descrever, sucintamente, o funcionamento do Sistema Interligado Nacional é indispensável situá-lo no Setor Elétrico Brasileiro (SEB), comandado pelo ONS, o qual é fiscalizado e regulado pela ANEEL, o modelo do SEB é ditado pelo governo federal. O atual está em vigor desde 2004.

Dentre as importantes modificações implementadas, estão a criação da EPE (Empresa de Planejamento Energético), uma entidade responsável por planejar o sistema a longo prazo; do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) que avalia ininterruptamente a segurança do suprimento de eletricidade e da Câmara de Comercialização da Energia Elétrica (CCEE) responsável pela comercialização da eletricidade do Sistema Interligado [52].

O SIN no Brasil é um sistema de gerenciamento de transmissão com características e tamanho únicos no âmbito mundial. É um sistema de grandioso porte, com predominância de hidrelétricas. Segundo dados do site do ONS, meramente 1,7% da energia demandada no país está à parte dele, sendo proveniente, principalmente, de regiões amazônicas isoladas [53].

O ONS tem ativa atuação no SIN, de estudos e administração de serviços de transmissões, as principais realizações são: Ampliações e Reforços na Rede Básica, Avaliação das Condições Futuras da Operação, Avaliação de Curto Prazo da Operação, Avaliação de Resultados da Operação, Análise da Carga de Energia e de Demanda, Indicadores de Desempenho do SIN, Histórico da Operação, Integração de Novas Instalações ao SIN e Administração dos Serviços de Transmissão.

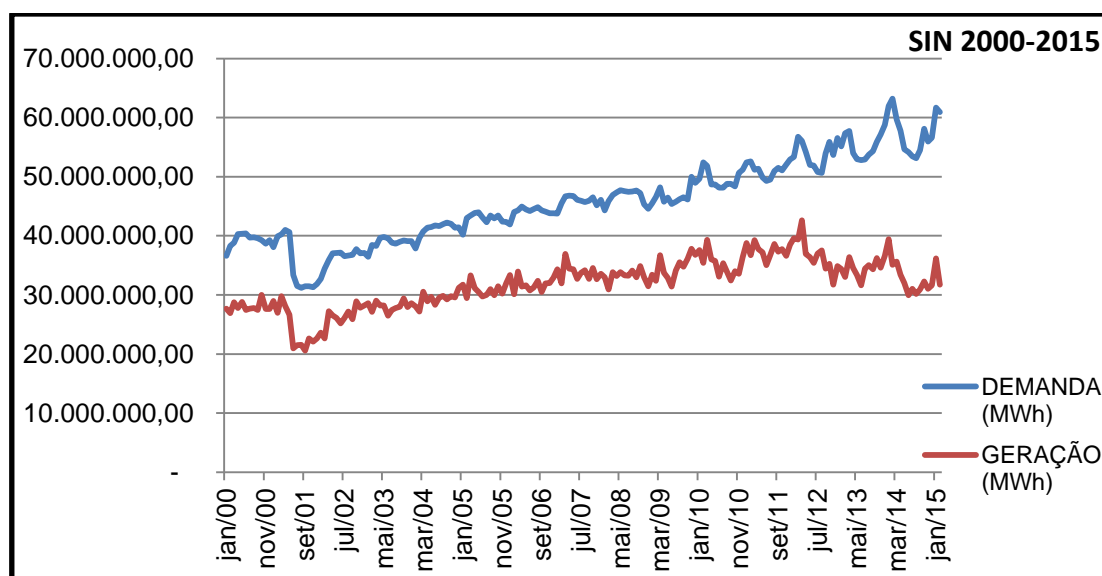
A primordial atividade do sistema é garantir o abastecimento em todas as regiões continentais brasileiras. Para o atendimento são feitos acompanhamentos e controles de geração e solicitação cujos intervalos podem ser diários, semanais ou

mensais. Entre os indicadores de desempenho, existem os de Confiabilidade da Rede Básica (Evolução do Número de Perturbações e do Impacto sobre o Atendimento às Cargas do SIN e Indicador de Robustez do SIN) e os de Continuidade dos Pontos de Controle da Rede Básica [54].

5.1 Análise dos Dados do Sistema

A análise apresentada neste item tem como universo um período de 15 (quinze) anos, compreendido entre Janeiro de 2000 e Fevereiro de 2015. Ela é baseada em dados retirados do site do ONS⁶.

A evolução da contribuição da energia hidráulica, no atendimento à demanda, pode ser visualizada no gráfico da figura 16, gerado a partir dos dados da tabela 2.



**Figura 18 – Gráfico da Contribuição da Energia Hidrelétrica à Demanda
(Elaboração própria a partir de dados do ONS)**

⁶ Sem prejuízo da análise, os dados de geração de energia hidrelétrica incluem PCH (Pequena Central Hidrelétrica) e CGH (Central Geradora Hidrelétrica).

Dois períodos no gráfico merecem uma análise mais detalhada. O primeiro, o período entre Junho de 2001 e Fevereiro de 2012 em que se observa uma redução tanto da geração quanto da demanda.

Naquela época, a insuficiência de investimentos em geração e transmissão, aliada às condições hidrológicas desfavoráveis, acarretou um progressivo esvaziamento dos reservatórios do SIN, resultando em uma queda da oferta de energia elétrica [55]. A fim de contornar o problema foi necessário agir sobre a demanda, reduzindo-a por meio de um racionamento de energia.

O segundo período é a partir de Setembro de 2012 até os dias atuais, onde se observa um crescimento da demanda e uma progressiva redução da oferta.

**Tabela 2 – Dados de Geração e Demanda do SIN
(Elaboração própria a partir de dados do ONS)**

	DEMANDA (MWh)	GERAÇÃO (MWh)		DEMANDA (MWh)	GERAÇÃO (MWh)
jan/00	36.618.787,20	27.686.530	jul/02	36.547.430,16	26.105.920
fev/00	38.312.280,00	26.895.520	ago/02	36.682.555,44	27.187.480
mar/00	38.822.068,80	28.778.220	set/02	36.751.234,08	25.885.650
abr/00	40.275.398,40	27.799.260	out/02	37.763.148,48	28.891.490
mai/00	40.362.967,20	28.801.300	nov/02	37.063.565,28	27.840.910
jun/00	40.425.240,00	27.431.420	dez/02	37.094.850,48	28.231.460
jul/00	39.691.507,20	27.666.120	jan/03	36.464.087,28	28.590.910
ago/00	39.758.690,40	27.797.480	fev/03	38.453.721,84	27.110.430
set/00	39.565.176,00	27.472.330	mar/03	38.275.838,88	29.006.190
out/00	39.258.796,80	30.024.990	abr/03	39.655.839,84	28.230.600
nov/00	38.676.393,60	27.623.700	mai/03	39.814.869,84	28.213.150
dez/00	39.257.160,00	27.609.890	jun/03	39.585.851,76	26.501.870
jan/01	38.049.499,20	28.958.030	jul/03	38.858.673,60	27.437.710
fev/01	39.924.081,60	26.951.540	ago/03	38.648.448,96	27.770.110
mar/01	40.226.071,20	29.806.370	set/03	38.996.291,28	28.005.110
abr/01	40.993.730,40	28.106.540	out/03	39.200.973,12	29.419.700
mai/01	40.617.415,20	26.621.610	nov/03	39.101.768,16	27.940.410
jun/01	33.365.424,00	20.971.500	dez/03	39.077.186,40	28.595.980
jul/01	31.530.422,40	21.513.030	jan/04	37.864.005,12	28.059.220
ago/01	31.172.112,00	21.552.230	fev/04	39.622.374,72	27.187.270
set/01	31.481.839,20	20.593.100	mar/04	40.721.151,12	30.522.110
out/01	31.477.747,20	22.624.230	abr/04	41.380.766,64	28.928.530
nov/01	31.288.920,00	22.068.420	mai/04	41.493.542,16	29.672.390
dez/01	31.828.840,80	22.618.860	jun/04	41.744.471,04	28.346.450
jan/02	32.692.758,72	23.620.650	jul/04	41.661.656,40	29.567.350
fev/02	34.469.572,08	22.652.480	ago/04	42.000.734,40	29.862.880
mar/02	35.880.627,60	27.222.450	set/04	42.255.524,64	29.256.390
abr/02	37.063.773,60	26.525.770	out/04	42.041.304,72	29.799.540
mai/02	37.083.601,20	26.095.540	nov/04	41.381.175,84	29.564.450
jun/02	37.150.300,80	25.161.040	dez/04	41.433.553,44	31.200.160

Tabela 2 – Dados de Geração e Demanda do SIN (continuação)

	DEMANDA (MWh)	GERAÇÃO (MWh)		DEMANDA (MWh)	GERAÇÃO (MWh)
jan/05	40.167.801,12	31.747.160	jul/09	5.764.682,48	34.111.570
fev/05	42.981.408,24	29.437.530	ago/09	46.175.415,12	35.524.830
mar/05	43.439.392,32	33.283.100	set/09	46.526.955,12	34.795.020
abr/05	43.889.423,04	31.113.790	out/09	46.151.458,32	36.134.940
mai/05	43.972.646,88	30.490.400	nov/09	50.016.888,00	37.787.060
jun/05	43.124.397,60	29.708.970	dez/09	48.988.680,00	36.772.330
jul/05	42.285.202,80	29.978.420	jan/10	49.674.246,24	37.586.520
ago/05	43.417.853,52	30.963.430	fev/10	52.435.736,16	35.431.870
set/05	42.942.363,12	29.940.070	mar/10	51.838.430,64	39.299.170
out/05	43.463.602,08	31.443.100	abr/10	48.715.520,40	36.035.140
nov/05	42.392.562,00	30.223.590	mai/10	48.693.512,88	35.750.910
dez/05	42.367.206,48	31.936.260	jun/10	48.164.342,88	33.115.370
jan/06	41.938.885,68	33.354.780	jul/10	48.150.668,16	35.346.340
fev/06	44.007.242,88	30.092.170	ago/10	48.790.121,28	33.902.320
mar/06	44.287.388,64	33.953.960	set/10	48.785.582,88	32.438.160
abr/06	44.929.758,24	31.432.720	out/10	48.364.106,88	34.026.460
mai/06	44.482.740,72	31.604.880	nov/10	50.654.198,40	33.564.240
jun/06	44.202.743,76	30.740.800	dez/10	51.204.535,20	36.396.890
jul/06	44.537.238,72	31.273.780	jan/11	52.423.036,08	38.783.350
ago/06	44.851.705,20	32.382.070	fev/11	52.571.999,76	36.723.850
set/06	44.310.936,24	30.504.690	mar/11	51.172.528,32	39.244.110
out/06	44.098.814,40	31.966.120	abr/11	51.331.216,08	37.769.830
nov/06	43.833.533,76	31.999.110	mai/11	49.858.773,12	37.202.260
dez/06	43.817.530,32	32.927.800	jun/11	49.303.540,80	35.042.430
jan/07	43.760.621,76	34.351.600	jul/11	49.501.162,08	36.725.960
fev/07	45.493.784,64	31.954.830	ago/11	50.995.270,32	38.616.900
mar/07	46.685.270,88	36.912.040	set/11	51.527.676,72	37.317.560
abr/07	46.793.552,64	34.440.190	out/11	51.087.437,04	37.728.170
mai/07	46.717.992,00	34.320.100	nov/11	52.048.573,44	36.600.480
jun/07	46.084.215,60	32.728.500	dez/11	52.924.655,76	38.481.930
jul/07	45.936.100,08	33.722.590	jan/12	53.345.558,88	39.616.980
ago/07	45.699.589,92	34.171.180	fev/12	56.738.838,72	39.370.010
set/07	45.905.782,08	32.710.200	mar/12	56.053.235,28	42.602.800
out/07	46.525.816,80	34.538.620	abr/12	54.225.182,64	36.919.920
nov/07	45.189.079,44	32.681.840	mai/12	52.012.132,32	36.385.380
dez/07	46.098.381,36	33.552.640	jun/12	51.896.001,36	35.423.470
jan/08	44.327.899,44	32.988.070	jul/12	50.800.989,60	36.991.890
fev/08	45.885.723,84	30.905.820	ago/12	50.642.911,92	37.551.630
mar/08	46.901.492,16	33.831.580	set/12	53.958.123,84	34.462.660
abr/08	47.349.432,24	33.205.310	out/12	55.892.293,20	35.255.340
mai/08	47.731.320,00	33.842.810	nov/12	53.672.740,32	31.737.660
jun/08	47.531.742,00	33.278.720	dez/12	56.565.323,04	34.860.460
jul/08	47.434.895,52	33.237.580	jan/13	55.149.491,04	34.408.810
ago/08	47.506.632,00	34.105.760	fev/13	57.379.288,80	33.022.890
set/08	47.654.896,32	32.954.130	mar/13	57.737.881,92	36.412.600
out/08	47.249.141,04	34.885.610	abr/13	54.021.088,56	34.525.510
nov/08	45.335.573,04	32.992.080	mai/13	52.980.046,56	33.369.570
dez/08	44.551.337,52	31.474.210	jun/13	52.833.977,04	31.602.130
jan/09	45.481.530,96	33.428.930	jul/13	52.917.305,04	34.428.640
fev/09	46.584.949,92	32.374.190	ago/13	53.746.671,60	35.021.170
mar/09	48.218.878,08	36.724.730	set/13	54.305.259,36	34.353.720
abr/09	45.763.626,00	33.722.800	out/13	55.905.290,88	36.205.480
mai/09	46.448.292,00	32.879.180	nov/13	57.169.584,96	34.608.900
jun/09	45.410.330,16	31.430.610	dez/13	58.763.285,04	36.596.200

Tabela 2 – Dados de Geração e Demanda do SIN (continuação)

	DEMANDA (MWh)	GERAÇÃO (MWh)		DEMANDA (MWh)	GERAÇÃO (MWh)
jan/14	61.972.581,12	39.436.140	ago/14	53.134.151,28	30.183.220
fev/14	63.209.295,12	35.097.820	set/14	54.471.223,44	30.924.080
mar/14	59.673.933,60	35.612.530	out/14	58.109.346,24	32.289.640
abr/14	57.821.842,32	33.418.300	nov/14	55.966.321,20	31.024.200
mai/14	54.633.631,20	31.996.380	dez/14	56.618.124,72	31.604.140
jun/14	54.156.682,56	29.947.310	jan/15	61.717.151,04	36.165.220
jul/14	53.453.840,64	31.051.200	fev/15	60.912.678,72	31.750.960

A tabela 3 foi obtida a partir dos valores da tabela 2 e permite melhor visualização dos fatos. Nela é possível visualizar os valores dos percentuais entre a geração e a demanda do SIN. Observa-se que, historicamente, os recursos hídricos contribuíam com percentuais que variavam em torno de 70% da demanda por energia elétrica. A partir de Abril de 2001 quando esta média histórica tendia a cair, a ação de redução da demanda, reaproximou o percentual dos 70%.

**Tabela 3 – Razão entre Geração e Demanda do SIN
(Elaboração própria a partir de dados do ONS)**

	Razão Geração / Demanda (%)		Razão Geração / Demanda (%)		Razão Geração / Demanda (%)		Razão Geração / Demanda (%)
jan/00	75,61	abr/02	71,57	jul/04	70,97	out/06	72,49
fev/00	70,20	mai/02	70,37	ago/04	71,10	nov/06	73,00
mar/00	74,13	jun/02	67,73	set/04	69,24	dez/06	75,15
abr/00	69,02	jul/02	71,43	out/04	70,88	jan/07	78,50
mai/00	71,36	ago/02	74,12	nov/04	71,44	fev/07	70,24
jun/00	67,86	set/02	70,43	dez/04	75,30	mar/07	79,07
jul/00	69,70	out/02	76,51	jan/05	79,04	abr/07	73,60
ago/00	69,92	nov/02	75,12	fev/05	68,49	mai/07	73,46
set/00	69,44	dez/02	76,11	mar/05	76,62	jun/07	71,02
out/00	76,48	jan/03	78,41	abr/05	70,89	jul/07	73,41
nov/00	71,42	fev/03	70,50	mai/05	69,34	ago/07	74,77
dez/00	70,33	mar/03	75,78	jun/05	68,89	set/07	71,26
jan/01	76,11	abr/03	71,19	jul/05	70,90	out/07	74,24
fev/01	67,51	mai/03	70,86	ago/05	71,31	nov/07	72,32
mar/01	74,10	jun/03	66,95	set/05	69,72	dez/07	72,78
abr/01	68,56	jul/03	70,61	out/05	72,34	jan/08	74,42
mai/01	65,54	ago/03	71,85	nov/05	71,29	fev/08	67,35
jun/01	62,85	set/03	71,81	dez/05	75,38	mar/08	72,13
jul/01	68,23	out/03	75,05	jan/06	79,53	abr/08	70,13
ago/01	69,14	nov/03	71,46	fev/06	68,38	mai/08	70,90
set/01	65,41	dez/03	73,18	mar/06	76,67	jun/08	70,01
out/01	71,87	jan/04	74,11	abr/06	69,96	jul/08	70,07
nov/01	70,53	fev/04	68,62	mai/06	71,05	ago/08	71,79
dez/01	71,06	mar/04	74,95	jun/06	69,55	set/08	69,15
jan/02	72,25	abr/04	69,91	jul/06	70,22	out/08	73,83
fev/02	65,72	mai/04	71,51	ago/06	72,20	nov/08	72,77
mar/02	75,87	jun/04	67,90	set/06	68,84	dez/08	70,65

Tabela 3 – Razão entre Geração e Demanda do SIN (continuação)

	Razão Geração / Demanda (%)		Razão Geração / Demanda (%)		Razão Geração / Demanda (%)		Razão Geração / Demanda
jan/09	73,50	ago/10	69,49	mar/12	76,00	out/13	64,76
fev/09	69,49	set/10	66,49	abr/12	68,09	nov/13	60,54
mar/09	76,16	out/10	70,35	mai/12	69,96	dez/13	62,28
abr/09	73,69	nov/10	66,26	jun/12	68,26	jan/14	63,63
mai/09	70,79	dez/10	71,08	jul/12	72,82	fev/14	55,53
jun/09	69,21	jan/11	73,98	ago/12	74,15	mar/14	59,68
jul/09	74,54	fev/11	69,85	set/12	63,87	abr/14	57,80
ago/09	76,93	mar/11	76,69	out/12	63,08	mai/14	58,57
set/09	74,78	abr/11	73,58	nov/12	59,13	jun/14	55,30
out/09	78,30	mai/11	74,62	dez/12	61,63	jul/14	58,09
nov/09	75,55	jun/11	71,07	jan/13	62,39	ago/14	56,81
dez/09	75,06	jul/11	74,19	fev/13	57,55	set/14	56,77
jan/10	75,67	ago/11	75,73	mar/13	63,07	out/14	55,57
fev/10	67,57	set/11	72,42	abr/13	63,91	nov/14	55,43
mar/10	75,81	out/11	73,85	mai/13	62,99	dez/14	55,82
abr/10	73,97	nov/11	70,32	jun/13	59,81	jan/15	58,60
mai/10	73,42	dez/11	72,71	jul/13	65,06	fev/15	52,13
jun/10	68,75	jan/12	74,26	ago/13	65,16		
jul/10	73,41	fev/12	69,39	set/13	63,26		

Focando a análise no segundo período, ao comparar as demandas de Setembro de 2012 com Fevereiro de 2015, pelas informações da tabela 3, verifica-se um crescimento de 12%, enquanto que a contribuição dos recursos hídricos decresce 18%. A diferença entre este período e o anterior é que o Brasil dispõe de, praticamente, o dobro de usinas térmicas que podem complementar o atendimento à demanda [56].

Vale ressaltar que neste segundo período, o parque gerador de hidrelétricas teve um incremento total de 8 novas usinas, com acréscimo na capacidade de geração totalizando 5.127,40 MW, conforme demonstra a tabela 4.

Tabela 4 – Novas Usinas Hidrelétricas no Período 2000-2015
(Elaboração própria a partir de dados do ONS e cedidos pelo L. G. F. Guilhon)

DATA	ESTADO	APROVEITAMENTO	RIO	R/FA	TIPO DE TURBINA	POTÊNCIA NOMINAL TOTAL (MW)
01/jul/00	SC/RS	Itá	Uruguai	FA	Francis	1.450,00
02/nov/00	MT	Manso	Manso	R	Francis	210,00
05/fev/01	RS	Dona Francisca	Jacuí	FA	Francis	125,00
04/set/01	MG	Porto Estrela	St Antônio	R	Kaplan/Propeller	112,00
01/dez/01	TO	Lajeado	Tocantins	FA	Kaplan/Propeller	902,50
16/fev/02	RS/SC	Machadinho	Uruguai	R	Francis	1.140,00
20/fev/02	BA/MG	Santa Clara MG	Mucuri	FA	Francis	60,00
22/mai/02	GO	Cana Brava	Tocantins	R	Francis	450,00
12/set/02	SP	Piraju	Paranapanema	FA	Kaplan/Propeller	80,00
24/out/02	MT	Itiquira I	Itiquira	FA	Francis	60,80
22/dez/02	MT	Itiquira II	Itiquira	FA	Francis	96,60
23/jan/03	MG	Funil Grande	Grande	FA	Kaplan/Propeller	180,00
05/fev/03	BA	Itapebi	Jequitinhonha	FA	Francis	450,00
08/abr/03	MT	Guaporé	Guaporé	FA	Francis	120,00
06/jun/03	MT	Jauru	Jauru	R	Francis	118,00
23/dez/03	SC/RS	Quebra Queixo	Chapécó	R	Francis	120,00
09/abr/04	GO/MG	Queimado	Preto	R	Francis	105,00
07/set/04	MG	Candonga	Doce	FA	Kaplan/Propeller	140,10
16/dez/04	BA	Pedra do Cavalo	Paraguaçu	R	Francis	160,00
29/dez/04	RS	Monte Claro	Taquari-Antas	R	Kaplan/Propeller	130,00
19/jul/05	MT/MS	Ponte de Pedra	Corrente	FA	Francis	176,10
30/jul/05	MG/ES	Aimorés	Doce	R	Kaplan/Propeller	330,00
31/jul/05	PR	Santa Clara PR	Jordão	R	Francis	120,00
01/nov/05	SC/RS	Barra Grande	Pelotas	R	Francis	698,40
07/dez/05	SP/PR	Ourinhos	Paranapanema	FA	Kaplan/Propeller	4.401,00
30/mar/06	MG	Capim Branco I	Araguari	R	Francis	240,00
08/abr/06	GO	Corumbá IV	Corumbá	R	Francis	127,00
23/jun/06	PR	Fundão	Jordão	FA	Francis	120,00
27/jun/06	TO	Peixe Angical	Tocantins	R	Kaplan/Propeller	498,90
01/jul/06	MG	Picada	Peixe	R	Francis	50,00
20/jul/06	MG	Irapé	Jequitinhonha	R	Francis	360,00
07/set/06	GO	Espora	Corrente	R	Kaplan/Propeller	32,10
03/fev/07	SC	Campos Novos	Canoas	R	Francis	879,90
09/mar/07	MG	Capim Branco II	Araguari	R	Francis	210,00
04/mar/08	RS	Castro Alves	Taquari-Antas	R	Kaplan/Propeller	129,90
25/dez/08	RS	14 de Julho	Taquari-Antas	R	Kaplan/Propeller	100,00
06/ago/09	TO	São Salvador	Tocantins	FA	Kaplan/Propeller	243,20
01/set/09	RS	Monjolinho	Passo Fundo	FA	Francis	74,00
09/set/09	MG	Baguari	Doce	R	Kaplan/Propeller	140,00
24/out/09	GO	Corumbá III	Corumbá	R	Francis	95,60
01/nov/09	RO	Samuel	Jamari	R	Kaplan/Propeller	216,50
11/dez/09	SC	Salto Pilão	Itajaí	R	Francis	191,80
03/mar/10	MG	Retiro Baixo	Paraopeba	R	Kaplan/Propeller	82,00
25/mai/10	GO	Salto	Verde	FA	Francis	116,00
19/jun/10	GO	Barra dos Coqueiros	Claro	R	Kaplan/Propeller	90,00
06/jul/10	GO	Salto do Rio Verdinho	Verde	FA	Francis	93,00
13/jul/10	GO	Serra do Facão	São Marcos	R	Francis	212,60

Tabela 4 – Novas Usinas Hidrelétricas no Período 2000-2015 (continuação)

DATA	ESTADO	APROVEITAMENTO	RIO	R/FA ⁷	TIPO DE TURBINA	POTÊNCIA NOMINAL TOTAL (MW)
24/jul/10	GO	Caçu	Claro	R	Kaplan/Propeller	65,00
05/ago/10	GO	Foz do Rio Claro	Claro	FA	Kaplan/Propeller	68,40
14/out/10	RS/SC	Foz do Chapecó	Uruguai	R	Francis	855,20
29/mar/11	RS	São José	Ijuí	FA	Kaplan/Propeller	51,00
31/mar/11	RO	Rondon II	Comemoração	R	Francis	73,50
29/abr/11	TO/MA	Estreito TOC	Tocantins	FA	Kaplan/Propeller	1.087,20
20/ago/11	MT	Dardanelos	Aripuana	FA	Francis	261,00
24/mar/12	RS	Passo São João	Ijuí	FA	Kaplan/Propeller	77,00
30/mar/12	RO	Santo Antonio	Madeira	FA	Kaplan/Propeller	3.151,20
01/abr/12	TO	Peixe Angical ⁸	Tocantins	R	-	-
23/nov/12	PR	Mauá	Tibagi	R	Francis	350,10
01/jun/13	MG/RJ	Simplicio	Paraíba do Sul	FA	Francis	101,90
01/jul/13	GO/MG	Batalha	São Marcos	R	Kaplan/Propeller	52,60
01/set/13	AM	Balbina	Uatumã	R	Kaplan/Propeller	250,00
01/out/13	AP	Coaracy Nunes	Araguari	R	Kaplan/Propeller	78,00
01/jan/14	RO	Jirau	Madeira	R	Kaplan/Propeller	3.750,00
01/nov/14	SC	Garibaldi	Canoas	FA	Francis	174,90
01/nov/14	AP	Sto Antonio do Jari	Jari	R	Kaplan/Propeller	369,90

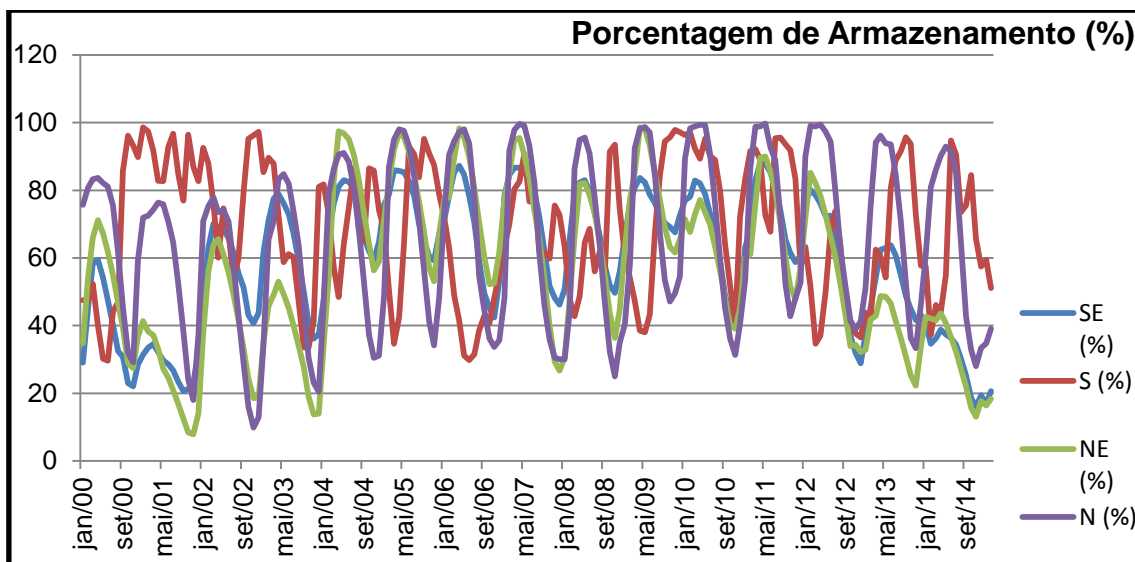
Apesar da ampliação demonstrada, conforme dito anteriormente, não foi possível manter a média da contribuição histórica. Muito menos, aumentá-la.

A principal causa que levou a esta situação foi o baixo volume de chuvas sobre os reservatórios. A diminuição da precipitação agravou-se no mês de Janeiro de 2015. Com isso, os reservatórios atingiram o menor volume em 85 anos. Segundo o ONS, a chuva registrada em Janeiro de 2015 equivale a 38,04% da média para o mês, conforme demonstram índices desde 1931.

A evolução do índice pluviométrico ao longo dos 15 anos considerados é mostrada no gráfico da figura 19, por meio do percentual de energia armazenada em relação à capacidade dos reservatórios, a partir de dados retirados do site do ONS.

⁷ Legenda: FA= UHE à fio d'água; R = UHE de acumulação. Critério de classificação fornecido pelo engenheiro L. G. F. Guilhon: se a subtração entra a cota máxima e a mínima do reservatório for igual a zero, a usina é à fio d'água, caso contrário, é de acumulação.

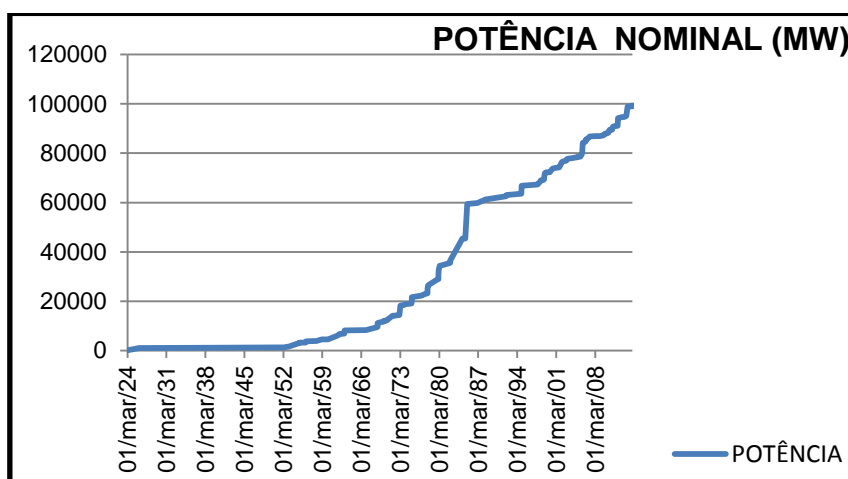
⁸ A UHE Peixe Angical teve sua potência toda considerada em 27/Jun/06.



**Figura 19 – Gráfico da Porcentagem de Armazenamento por região
(Elaboração própria a partir de dados do ONS)**

A apresentação dos valores por região permite observar, adicionalmente, as regiões potencialmente receptoras e doadoras no âmbito do SIN.

A situação configurada ocorre a despeito do aumento na potência nominal instalada, conforme informação proveniente da tabela 4 e demonstração no gráfico da figura 20.



**Figura 20 – Gráfico de Evolução da Potência Instalada no Brasil
(Elaboração própria a partir de dados do ONS)**

A partir do gráfico da figura 20, é possível complementar a caracterização de um cenário em que, apesar do aumento da potência, há uma queda no

armazenamento. Também contribui para esta situação a tendência ao uso de usinas fio d'água, já que tem sido cada vez mais difícil compensar os aspectos ambientais negativos da construção da UHE de acumulação com os benefícios decorrentes de sua implantação. Pelo exposto na tabela 4, para os últimos 15 anos, o acréscimo total da potência nominal é de 27.054,90 MW, dentre os quais, aproximadamente 51% (13.860,90 MW) são decorrentes do sistema a fio d'água.

Face à problemática, a solução tem sido cada vez mais a utilização de usinas termelétricas. No entanto, elas são caracterizadas como uma fonte extremamente prejudicial ao meio ambiente e os custos são mais elevados [57]. A confirmação disto são os reajustes para o consumidor, com aumento médio de 23,4% em todo o território nacional, a partir de Março de 2015 [58].

Outra questão a ser analisada diante do histórico da demanda e da geração é a situação econômica do país. Com os problemas que estão sendo enfrentados, a demanda tende a frear, ou reduzir a taxa de crescimento, uma vez que o poder aquisitivo da população não está em ascensão. Se o cenário fosse de crescimento, como vinha acontecendo, a situação tenderia a se agravar muito mais.

Tratando, exclusivamente, da questão do atendimento à demanda, outras fontes poderiam ser incentivadas, como a energia solar. O incentivo deveria contemplar a desoneração de impostos como PIS, COFINS e ICMS, com a finalidade de facilitar a implementação com a diminuição do custo. O Brasil é um país com intensa insolação e a energia solar é um tipo de energia consumida no próprio local onde é gerada, o que evita investimentos em linhas de transmissão.

Mas, diante de tudo o que foi descrito, não se pode esquecer que o reservatório da hidrelétrica também desempenha múltiplas funcionalidades, entre elas a importante função de reservar água para abastecimento. Por isso, o desenvolvimento de técnicas de mitigação dos efeitos negativos sobre o meio ambiente não pode ser desprezado.

6. Considerações Finais

Diante do exposto nas páginas anteriores, é oportuna e convidativa uma reflexão centrada na geração de energia tendo a água como matéria prima. Trata-se de uma fonte renovável, reutilizável, que não gera poluentes, indispensável à sobrevivência dos seres vivos e de amplos recursos, já que, aproximadamente, três quartos da superfície do Planeta Terra são compostos de água. Mesmo que nem toda ela esteja disponível para uso.

Existe o viés do denominado ecologicamente correto e a corrente de ambientalistas que critica hidrelétricas, entre outros motivos, devido à emissão dos gases de efeito estufa (GEE), decorrente de milhares de árvores que ficam submersas, mas, estudos comprovam que os reservatórios também absorvem os GEE da atmosfera [26].

Por outro lado, a presença de uma hidrelétrica, numa região isolada, pode significar desenvolvimento, aumento do número de empregos, visibilidade perante o país e até o mundo, apesar de primeiramente modificar a situação original daqueles que ali habitavam.

É de incontestável importância pensar no desenvolvimento e no suprimento de necessidades básicas, como a água e a energia. E, não menos importante, contrabalancear os efeitos que serão sentidos e vivenciados para saciar a ambição pelo bem estar, conforto e inovação tecnológica.

7. Referências Bibliográficas

[1] BEN – Balanço Energético Nacional, Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf>, Acesso em 10 de Janeiro de 2015.

[2] Eletrobrás, Mapa SIPOT – Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro, Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMIS21D128D3PTBRIE.htm>>, Acesso em 10 de Janeiro de 2015.

[3] Ilustração do Perfil da Usina com Reservatório, Disponível em: <http://cidadedetucuruui.com/inicio/usina_hidreletrica_tucuruui/oper%C3%87%C3%83oemanuten%C3%87%C3%83o/oper%C3%87%C3%83oemanuten%C3%87%C3%83o.htm>, Acesso em 12 de Janeiro de 2015.

[4] Itaipu Binacional, Disponível em: <<http://www.itaipu.gov.br/energia-capa>>, Acesso em 12 de Janeiro de 2015.

[5] Cidade de Tucuruí, Disponível em: <http://cidadedetucuruui.com/INICIO/A_CIDADE/HIST%C3%93RIA/AHISTORIA.htm>, Acesso em 12 de Janeiro de 2015.

[6] Instituto Estadual de Florestas, Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/pesca/piracema>>, Acesso em 12 de Janeiro de 2015.

[7] Companhia Energética de São Paulo, Disponível em: <[http://www.cesp.com.br/portalCesp/biblio.nsf/V03.01/manejo_fauna/\\$file/manejo_fauna.pdf](http://www.cesp.com.br/portalCesp/biblio.nsf/V03.01/manejo_fauna/$file/manejo_fauna.pdf)>, Acesso em 12 de Janeiro de 2015.

[8] Monitoramento Limnológico e da Pesca Profissional, Disponível em: <<http://www.furnas.com.br/frmMAAcoesMonitoramentoLimnologico.aspx>>, Acesso em 12 de Janeiro de 2015.

[9] VECCHIA, R., Impactos Provocados por Usinas Hidrelétricas, Abril 2012, Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/impactos-provocados-por-usinas-hidreletricas/62812/>>, Acesso em 12 de Janeiro de 2015.

[10] Flora, Disponível em: <<http://www.furnas.com.br/frmMAAcoesFlora.aspx>>, Acesso em 12 de Janeiro de 2015.

[11] MAGALHÃES, P. C., “A Água no Brasil, os Instrumentos de Gestão e o Setor Mineral”, In: Fernandes, F. R. C., Matos, G. M. M. de, Castilhos, G. C., *et. al.* (eds), **Tendências Tecnológicas Brasil 2015 – Geociências e Tecnologia Mineral**, 1 ed., Capítulo 1, Rio de Janeiro, Brasil, CETEM/MCT, 2007, Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/ten_tecno_brasil.pdf>, Acesso em 13 de Janeiro.

[12] CARVALHO, N. DE O. SANTOS, P. M. C. DOS, LIMA, J. E. F. W., *et al*, **Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios**, 2 ed., ANEEL, Brasília, 2000, Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia_ava_port.pdf>, Acesso em 13 de Janeiro de 2015.

[13] ANA – Agência Nacional das Águas, **Diretrizes para estudos de arranjos de obras de transposição de desnível para a navegação**, Julho de 2012, Disponível em: [<arquivos.ana.gov.br/institucional/sof/ManualdeDRDH-DiretrizesParaEstudosDeArranjosDeObrasDeTransposicaoDeDesnivel.pdf>](http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sof/ManualdeDRDH-DiretrizesParaEstudosDeArranjosDeObrasDeTransposicaoDeDesnivel.pdf), Acesso em 13 de Janeiro de 2015.

[14] CRUZ, A. S. L. DA, “Vestígios Arqueológicos são resgatados na usina Mauá”, **Revista Copel Informações**, n. 299, Jul./Ago. 2012, Disponível em: [<http://www.copel.com/ci/_edicoes/299/vestigios_arqueologicos_sao_resgatados_na_usina_maua.jsp>](http://www.copel.com/ci/_edicoes/299/vestigios_arqueologicos_sao_resgatados_na_usina_maua.jsp), Acesso em 13 de Janeiro de 2015.

[15] SÁNCHEZ, L. E., “Mineração e Meio Ambiente”, In: Fernandes, F. R. C., Matos, G. M. M. de, Castilhos, *et. al.* (eds), **Tendências Tecnológicas Brasil 2015 – Geociências e Tecnologia Mineral**, 1 ed., Capítulo 6, Rio de Janeiro, Brasil, CETEM/MCT, 2007, Disponível em: [<http://www.cprm.gov.br/publique/media/ten_tecno_brasil.pdf>](http://www.cprm.gov.br/publique/media/ten_tecno_brasil.pdf), Acesso em 13 de Janeiro.

[16] TUCCI, C. E. M., **Hidrologia: ciência e aplicação**, 4 ed., Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH, 2009.

[17] DIAS, N. L. DA C., **Estimativa Climatológica de Evaporação em Lagos**, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1986, Disponível em: [<http://http://www.coc.ufrj.br/index.php/dissertacoes-de-mestrado/86-1986/529-nelson-luis-da-costa-dias>](http://http://www.coc.ufrj.br/index.php/dissertacoes-de-mestrado/86-1986/529-nelson-luis-da-costa-dias), Acesso em 14 de Janeiro.

[18] MARCUZZO, F. F. N., CARDOSO, M. R. D, Faria, T. G., “Chuvas no Cerrado da Região Centro Oeste do Brasil”, **Ateliê Geográfico**, v.6, n.2, p.112–130, Ago. 2012,

Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Art_Cerrado_Marcuzzo.pdf>, Acesso em 14 de Janeiro de 2015.

[19] Companhia Energética Rio das Antas, Disponível em: <http://www.ceran.com.br/session/viewPage/pageld/77/language/pt_BR/>, Acesso em 14 de Janeiro de 2015.

[20] MENDONÇA, L., “O Legado das Hidrelétricas”, **Portal O Setor Elétrico**, n. 68, Set. 2011, Disponível em: <<http://www.osetoelettrico.com.br/web/a-revista/edicoes/714-o-legado-das-hidreletricas.html>>, Acesso em 14 de Janeiro de 2015.

[21] THOMANN, R. V., MUELLER, J. A., **Principles of Surface Water Quality Modeling and Control**, Harper Collins Publishers, 1987.

[22] Programas Indígenas, Disponível em: <<http://www.eln.gov.br/opencms/opencms/pilares/meioAmbiente/programasIndigenas>>, Acesso em 14 de Janeiro de 2015.

[23] CASTRO, N. J. DE, DANTAS, G. DE A., TIMPON, R. R., “A Construção de centrais Hidrelétricas e o Desenvolvimento Sustentável”, **Revista Economia e Energia**, ano 15, n. 81, Abr./Jun. 2011, Disponível em: <ecen.com/eee81/eee81p/hidreletricas_des_sustentavel.htm>, Acesso em 15 de Janeiro de 2015.

[24] MANYARI, W. V., **Impactos Ambientais à Jusante de Hidrelétricas**, Tese de D. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007, Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/wlmanyari2.pdf>>, Acesso em 15 de Janeiro de 2015.

[25] MMA, SRHU, ANA, **Plano Nacional de Recursos Hídricos – Prioridades 2012-2015**, Brasília, Dez. 2011, Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao16032012065259.pdf>, Acesso em 15 de Janeiro de 2015.

[26] FROELICH, S., **Projeto BALCAR - Emissões de Gases de Efeito Estufa em Reservatórios de Centrais Hidrelétricas**, 1 ed., Rio de Janeiro, 2014.

[27] Barreiras Ambientais e Matriz Energética, Disponível em: <<http://www.portalclubedeengenharia.org.br/info/barreiras-ambientais-e-matriz-energetica>>, Acesso em 17 de Fevereiro de 2015.

[28] Companhia Energética de Minas Gerais, Disponível em: <http://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/cemig_monitora_reservatorios_em_todo_o_estado.aspx>, Acesso em 15 de Janeiro de 2015.

[29] FRAGOSO JR., C. R., NEVES, M. G. F. P DAS, Regularização de Vazões, Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCMQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.ctec.ufal.br%2Fprofessor%2Fmgn%2FAula12RegularizacaoDeVazoes.ppt&ei=GVUCVYHmNe_bsAS93IDQCw&usg=AFQjCNGacffxRx92AoWHq6IHoSAGNeKR9Q&bvm=bv.88198703,d.cWc>, Acesso em 15 de Janeiro de 2014.

[30] ARTEIRO, F., “Gestão de Recursos Hídricos no Sistema Interligado Nacional – O Desafio de Conciliar os Aspectos do Meio Ambiente e de Uso Múltiplo da Água e a Segurança do Atendimento Eletroenergético”, In: *Rio+20*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13–22 Junho 2012, Disponível em: <http://www.ons.org.br/download/Responsabilidade_Social/Gest%C3%A3o%20de%20Recursos%20H%C3%ADdricos%20no%20Sistema%20Interligado%20Nacional%20-%20Rio+20.pdf>, Acesso em 15 de Janeiro de 2015.

[31] ONS – NT 139-2008 R1, **Metodologia para a Previsão de Vazões uma Semana à Frente na Bacia do Alto/Médio Rio Grande**, Maio 2009, Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/NT%20139-2008%20R1.pdf>, Acesso em 15 de Janeiro de 2015.

[32] SILVEIRA, C. A. C., Coeficiente de Repasse do Ganho de Energia por Regularização de Montante - Compensação Financeira, Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Farquivos%2Fppt%2FGanhoEnergia.pps&ei=PJcCVdmsPIerNv-Fg9gH&usg=AFQjCNHzvRQAXvHGuaF_IOPHT56k7SAjog&bvm=bv.88198703,d.eXY> Acesso em 15 de Janeiro de 2015.

[33] OLIVEIRA, P. D., DE, Planejamento e Operação de Controle de Cheias, Palestra ministrada no curso de Aproveitamentos Hidrelétricos, 2012, DRHIMA/UFRJ.

[34] Transporte Hidroviário no Brasil, Disponível em: <<http://www2.transportes.gov.br/bit/04-hidro/hidro.html>>, Acesso em 17 de Janeiro 2015.

[35] Agência Nacional de Transportes Aquaviários, **Transportes de cargas nas Hidrovias Brasileiras 2010 – Hidrovia Paraná-Tietê**, Brasília, 2011 Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/EstatisticaNavInterior/HidroviaParanaTiete.pdf>>, Acesso em 17 de Janeiro de 2015.

[36] Eclusas de Tucuruí, Disponível em: <http://www.eln.gov.br/opencms/opencms/pilares/geracao/estados/tucuruui/eclusas/ficha_tecnica/eclusa2>, Acesso em 17 de Janeiro de 2015.

[37] Administrações Hidroviárias, Disponível em: <<http://www2.transportes.gov.br/bit/04-hidro/adm-hidro.html>>, Acesso em 17 de Janeiro de 2015.

[38] Secretaria de Obras, Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/seobras/exibeconteudo?article-id=200367>>, Acesso em 18 de Janeiro de 2015.

[39] Ministério da Pesca e Aquicultura, Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/pesca/amadora>>, Acesso em 18 de Janeiro de 2015.

[40] Pesca Artesanal, Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/pesca/artesanal>>, Acesso em 18 de Janeiro de 2015.

[41] Semana do Peixe populariza consumo de pescado no país, Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/ultimas-noticias/382-semana-do-peixe-populariza-consumo-de-pescado-no-pais>>, Acesso em 18 de Janeiro de 2015.

[42] Aquicultura, Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/aquicultura>>, Acesso em 18 de Janeiro de 2015.

[43] Turbinas, Disponível em: <<http://www.alterima.com.br/index.asp?InCdSecao=34>>, Acesso em 20 de Janeiro de 2015.

[44] ANEEL, “Energia Hidráulica”, In: Conceição, A. C. da (ed), **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 3 ed., Capítulo 3, Brasília, Brasil, TDA Comunicação, 2008, Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap3.pdf>, Acesso em 20 de Janeiro de 2015.

[45] Turbina Francis, Disponível em: <http://www.hacker.ind.br/produtos_turbinas_francis_historia.php>, Acesso em 20 de Janeiro de 2015.

[46] ANEEL, “Energia Hidráulica”, **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 2 ed., Capítulo 4, Brasília, 2005, Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/04-Energia_Hidraulica%282%29.pdf>, Acesso em 20 de Janeiro de 2015.

[47] Turbina Kaplan, Disponível em:
<http://www.hacker.ind.br/produtos_turbinas_kaplan_historia.php>, Acesso em 20 de Janeiro.

[48] Turbina Pelton, Disponível em:
<http://www.hacker.ind.br/produtos_turbinas_pelton_historia.php>, Acesso em 20 de Janeiro de 2015.

[49] MEDEIROS, D. DE M., CERPCH - UNIFEI, **A Utilização de Bombas Operando como Turbinas e Geradores de Indução na Geração de Energia Elétrica**, Tese de M. Sc., Universidade Federal de Itajubá, MG, 2004, Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/dissertacoes/utilizacao-bombas-operando-como-turbinas-e-geradores-de-inducao.pdf>>, Acesso em 20 de Janeiro de 2015.

[50] Gerador, Disponível em:
<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo2B/Hidraulica/gerador.htm>,
Acesso em 20 de Janeiro de 2015.

[51] Sistema de Informações Hidrológicas, Disponível em:
<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrologicas/redehidro.aspx>>,
Acesso em 22 de Janeiro de 2015.

[52] O Setor Elétrico, Disponível em:
<http://www.ons.org.br/institucional/modelo_setorial.aspx>, Acesso em 24 de Janeiro de 2015.

[53] O que é o SIN - Sistema Interligado Nacional, Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx>, Acesso em 24 de Janeiro de 2015.

[54] Atuação do ONS sobre o SIN, Disponível em: <<http://www.ons.org.br/atuacao/index.aspx>>, Acesso em 24 de Janeiro de 2015.

[55] O racionamento de 2001, Disponível em: <http://www.eletrobras.com.br/Em_Biblioteca_40anos/interno_96-02.asp?id=6&descricao=Blecaute%20na%20cidade%20do%20Rio%20de%20Janeiro,%20durante%20a%20vig%EAncia%20do%20programa%20de%20racionamento,%20em%20virtude%20de%20falha%20na%20rede%20de%20440%20kV%20da%20Comp%20anhia%20de%20Transmiss%EA3o%20de%20Energia%20EI%E9trica%20Paulista%20%28CTEEP%29.%20RJ,%2021%20de%20janeiro%20de%202002%20Acervo%20O%20Globo.%20Fot%F3grafo:%20Simone%20Marinho>, Acesso em 13 de Março de 2015.

[56] G1 Economia, Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2013/01/reservatorios-voltam-baixar-e-nivel-fica-abaixo-do-pre-acionamento.html>>, Acesso em 13 de Março de 2015.

[57] Termelétricas, Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/termeletrica/usina_termeletrica.html>, Acesso em 16 de Março de 2015.

[58] Economia, Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/02/contas-de-luz-sobem-em-media-234-no-pais-partir-de-segunda.html>>, Acesso em 16 de Março de 2015.