

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA DE ENERGIA**

**PROJEÇÃO DO CRESCIMENTO DO MERCADO**  
**BRASILEIRO PARA AS PEQUENAS CENTRAIS**  
**HIDRELÉTRICAS (PCH's)**

**Camila Candido Santos Pizzol**

**ITAJUBÁ**  
**Agosto de 2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA DE ENERGIA**

Camila Candido Santos Pizzol

**PROJEÇÃO DO CRESCIMENTO DO MERCADO**  
**BRASILEIRO PARA AS PEQUENAS CENTRAIS**  
**HIDRELÉTRICAS (PCH's)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia de Energia.

Área de Concentração: Planejamento e Gestão de Sistemas Energéticos

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho  
Co-orientador (a): Prof. Dra. Regina Mambeli Barros

Agosto de 2011

Itajubá – MG

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –  
Bibliotecária Cristiane Carpinteiro- CRB\_6/1702

P695p

Pizzol, Camila Candido Santos

Projeção do crescimento do mercado brasileiro para as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) / por Camila Candido Santos Pizzol.-- Itajubá (MG) : [s.n.], 2011.

138 p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho.

Coorientadora : Profa. Dra. Regina Mambeli Barros.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Pequenas centrais hidrelétricas. 2. Capacidade instalada. 3. Produto interno bruto . 4. Projeções. I. Tiago Filho, Geraldo Lúcio, orient. II. Barros, Regina Mambeli, coorient. III. Universidade Federal de Itajubá. IV. Título.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho primeiramente aos meus pais: Herval e Simone, que sempre me apoiaram e me incentivaram mostrando que os estudos, o respeito às pessoas, dedicação no que se faz, honestidade e todos os bons valores devem sempre ser prioridade nos caminhos da vida.

De forma muito especial, também dedico este trabalho a três pessoas muito importantes para mim e que estiveram ao meu lado torcendo por minha vitória, que são minhas irmãs Emanuela e Mariana e o meu querido companheiro e amigo Avenaldo. Obrigada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar força, sabedoria e entendimento em todas minhas realizações, guiando sempre o meu caminho.

À minha família e aos meus amigos, pois sempre me apoiaram e nunca me deixaram desistir.

Ao Professor. Dr. Tiago, que desde que fui adotada por Itajubá, me acompanhou na graduação como meu professor, como coordenador do curso de Engenharia Hídrica e diretor do Instituto de Recursos Naturais; e com sua simplicidade, seus ensinamentos, orientações e cobranças, me fez crescer como pessoa e profissional.

À co-orientadora Professora Dra Regina, que trouxe o tema tão importante para mim e ajudou-me principalmente na reta final com correções muito importantes. Sempre estive com sorriso no rosto gentilmente a ajudar.

Ao grupo de trabalho maravilhoso do CERPCH, no qual tenho prazer em dividir as dificuldades e vitórias todos os dias.

A todos aqueles que contribuíram de alguma maneira para o meu trabalho e que torceram por mim.

Obrigada por tudo!

## RESUMO

Pizzol, Camila C. S. (2011). **PROJEÇÃO DO CRESCIMENTO DO MERCADO BRASILEIRO PARA AS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCH's)** Itajubá, 2011. 138p. Dissertação- Universidade Federal de Itajubá.

A energia sempre foi relacionada ao crescimento econômico de um país. Muitos países vêm tentando tornar sua matriz elétrica mais limpa utilizando fontes alternativas de energia como a hídrica, biomassa, solar e eólica. O Brasil desde 1950 vem investindo e realizando muitos estudos baseados na energia hidráulica devido à grande riqueza de recursos hídricos existentes no país. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica- ANEEL (2011) a matriz de geração elétrica brasileira é composta por aproximadamente 73% de energias renováveis, sendo, 66% vindas da geração por fonte hídrica, 6,83% de biomassa e 0,90% de energia eólica. O presente estudo projeta os dados de capacidade instalada exclusivamente das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) usando três metodologias. A primeira delas utiliza o método de projeção de crescimento logístico, a segunda, o método da taxa decrescente de crescimento e a terceira, relaciona a capacidade instalada com o Produto Interno Bruto (PIB), proposta por Tiago Filho, Barros e Silva (2011). Foi possível refletir como o governo brasileiro tem feito suas previsões e como têm tratado dessa questão.

Através do estudo realizado observou-se que o crescimento projetado pelo governo indicou aproximação com a curva da taxa decrescente de crescimento com potência de saturação de 25.000 MW mostrando uma visão não tão otimista.

Com a previsão do crescimento da demanda de energia no país e da capacidade instalada ao sistema haverá necessidade de novas instalações e investimentos futuros. Com os valores do acréscimo da capacidade Instalada, pôde-se verificar a quantidade anual de empregos que serão gerados, assim como os impostos, que por sua vez serão revertidos em benefícios à sociedade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pequenas Centrais Hidrelétricas, Capacidade Instalada, Produto Interno Bruto e projeções.

## ABSTRACT

Pizzol, Camila C. S. (2011). **PROJECTION OF GROWTH MARKET FOR BRAZILIAN SMALL HYDRO POWER (SHP)**, Itajubá, 2011. 138p. Dissertação-Universidade Federal de Itajubá.

The energy has always been related to economic growth of a country. Many countries are trying to make their energy matrix using cleaner alternative energy sources such as hydro, biomass, solar and wind. Brazil has been investing since 1950 and conducting many studies based on hydropower because of the wealth of water resources in the country. According to the National Electric Energy, ANEEL (2011) the Brazilian electricity generation matrix is composed of approximately 73 percent of renewable energy, with 66 percent coming from power generation by hydro, 6.83 percent by biomass and 0.90 percent by wind energy. This study projects the data capacity exclusively for Small Hydro Power (SHP) using three methodologies. The first method uses the projection of logistic growth, the second, the method of decreasing rate of growth and the third relates to capacity with the Gross Domestic Product (GDP), proposed by James Son, Barros e Silva (2011). It was possible to reflect how the Brazilian government has made their predictions and how they have dealt with this question.

Through the study it was observed that the projected growth indicated the government closer to the curve of the decreasing rate of growth with saturation power of 25,000 MW by showing a vision not so optimistic.

With the forecast growth in energy demand in the country and installed capacity of the system will need new facilities and future investments. With the values of the increase in installed capacity, it could be seen the annual amount of jobs that will be generated, as well as taxes, which in turn will reverse benefits to society.

**KEYWORDS:** Small Hydro Power, installed capacity, Gross Domestic Product and projections.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Evolução da Intensidade Energética (com base na oferta interna de energia).....	25
Figura 2- Arranjo com geração no pé da barragem.....	26
Figura 3- Crescimento da demanda mundial por energia primária entre 1971 e 2008, em milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep). ....	29
Figura 4- Funcionamento da usina hidrelétrica.....	32
Figura 5- Mapa eólico brasileiro .....	36
Figura 6- Empreendimentos em Operação.....	41
Figura 7- Empreendimentos em construção.....	41
Figura 8- Empreendimentos outorgados .....	42
Figura 9- Evolução da geração de energia elétrica no Brasil a partir da biomassa, PCHs e eólicas.....	42
Figura 10- Matriz de geração elétrica brasileira.....	43
Figura 11- Evolução do numero de empreendimentos em operação de 2001 a 2010.....	48
Figura 12- Potência Instalada para Usinas Hidrelétricas e Termoelétricas.....	49
Figura 13- Evolução da potência para fontes geradoras.....	50
Figura 14- Porcentagem da participação das energias Hidrelétrica e Térmica na Matriz.....	51
Figura 15- Participação das fontes de energia na Matriz Energética .....	51
Figura 16- Diagrama Simplificado dos Estudos e Projetos a serem Desenvolvidos para a definição de um aproveitamento hidroelétrico.....	70
Figura 17- Crescimento Populacional Brasileiro .....	80
Figura 18- Projeção de Crescimento Populacional .....	80
Figura 19- Evolução do PIB brasileiro.....	83
Figura 20- Evolução da capacidade instalada até 2019.....	86
Figura 21- Previsão de crescimento logístico da Potência instalada.....	87
Figura 22- Evolução da capacidade instalada para o cenário de $P_{\text{saturação}}$ de 10.000 MW.....	88
Figura 23- Evolução da capacidade instalada para o cenário de $P_{\text{saturação}}$ de 15.000 MW.....	88
Figura 24- Evolução da capacidade instalada para o cenário de $P_{\text{saturação}}$ de 20.000 MW.....	89
Figura 25- Evolução da capacidade instalada para o cenário de $P_{\text{saturação}}$ de 25.000 MW.....	89
Figura 26- Representação da previsão do PDE 2019.....	90
Figura 27- Representação do crescimento do PIB e potencias pelo método do crescimento logístico.....	90
Figura 28- Relação do PIB com a Potência entre os anos de 2004 a 2010.....	91
Figura 29- Lançamento do ponto previsto pela PricewaterhouseCoopers (2010).....	92

Figura 30- Representação da potência relacionada ao PIB ao longo do tempo .....	92
Figura 31- Curvas de taxa decrescente de crescimento, PDE e Matriz Energética 2030.....	94
Figura 32- Acréscimo de potência anual para a curva decrescente de crescimento para saturação de 25.000 MW.....	95
Figura 33- Investimento anual para implantação e impostos .....	96
Figura 34- Curva de geração de postos de trabalho relacionados com a implantação de PCHs100	
Figura 35- Energia firme acrescida ao sistema para a curva de taxa decrescente de crescimento de energia com saturação de 25.000 MW. ....	100

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Contribuições históricas e prognósticos da utilização de energia renovável. ....	31
Tabela 2- Matriz de Geração: Empreendimentos em operação, construção e outorgados.....	40
Tabela 3- Matriz de geração elétrica brasileira .....	44
Tabela 4- Situação das PCH's na ANEEL .....	45
Tabela 5- Evolução do número de empreendimentos energéticos brasileiros.....	48
Tabela 6- Potência Instalada com empreendimentos em operação (MW):.....	49
Tabela 7- Porcentagem das fontes de energia para a geração Brasileira.....	50
Tabela 8- Condições para registro de projetos básicos de PCH junto à ANEEL de acordo com a nova Resolução 343, comparada com a antiga Resolução 395/98.....	54
Tabela 9- Demonstrativo do resultado contábil .....	61
Tabela 10- Fluxo de caixa do investimento.....	61
Tabela 11- Usos e Fontes .....	62
Tabela 12- Resultado final dos leilões de energias renováveis .....	63
Tabela 13- Impostos para a fase de construção de uma usina.....	64
Tabela 14- Mão de obra para etapas dos estudos .....	72
Tabela 15- Empregos gerados com o aumento da demanda de R\$ 1 milhão.....	73
Tabela 16- Dados de população do IBGE.....	79
Tabela 17- Comparativo entre as projeções de população (habitantes) .....	81
Tabela 18- PIB brasileiro .....	82
Tabela 19- PIB, segundo FMI, em dólares americanos .....	83
Tabela 20- Capacidade Instalada Acumulada de geração de energia em PCH's .....	84
Tabela 21- Evolução da Capacidade Instalada.....	85
Tabela 22- Expansão da oferta de energia no período 2015 a 2030.....	85
Tabela 23- Coeficientes de saturação a e b .....	86
Tabela 24- Variação de Potência de Saturação .....	93

## LISTA DE ABREVIATURAS

AAI- Avaliação Ambiental Integrada

ACR- Ambiente de Contratação Regulada

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica

BNDES- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CFURH- Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos

CH<sub>4</sub>- Metano

CDE- Conta de Desenvolvimento Energético

CGEE- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CGH- Central Geradora Hidrelétrica

CO<sub>2</sub>- Dióxido de Carbono

COPPE/UFRJ- Coordenação de Pós Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro

COP- Conferência das Partes das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas

CCEE- Câmara de Comércio de Energia Elétrica

EA- Energia Assegurada

EOL- Central Geradora Eolétrica

EPE- Empresa de Pesquisa Energética

EREC- Conselho Europeu de Energia Renovável

FGV- Fundação Getúlio Vargas

FMI- Fundo Monetário Internacional

GM- Geração Média

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LP- Licença Provisória ou Prévia

LI- Licença de Instalação

LO- Licença de Operação

MRE- Mercado de Relocação de Energia

MRA- Mecanismo de Redução de Energia Assegurada

MME- Ministério de Minas e Energia

NO<sub>2</sub>- Dióxido Nitroso

OIE- Oferta Interna de Energia

PDE- Plano Decenal de Expansão da Energia

PCH- Pequena Central Hidrelétrica

Proinfra- Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

PIB- Produto Interno Bruto

TIR- Taxa Interna de Retorno

TUSD- Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão e distribuição

SIN- Sistema Interligado Nacional

ONU- Organização das Nações Unidas

OMC- Organização Mundial do Comércio

Olade- Organização Latino-Americana de Energia

RDH- Reserva de Disponibilidade Hídrica

SOL- Central Geradora Solar Fotovoltaica

UHE- Usina Hidrelétrica de Energia

UTE- Usina Termelétrica de Energia

UTN- Usina Termonuclear

UNESCO- Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura

WWEA- World Wind Energy Association

## UNIDADES / VARIÁVEIS

W- watt

KW- quilowatt

GW- gigawatt

tep- tonelada equivalente de petróleo

Mtep- mega tonelada equivalente de petróleo

t- tonelada

MWh- megawatt-hora

GWh- gigawatt-hora

Km<sup>2</sup>- quilômetro quadrado

m- metro

R\$- reais

hab- habitantes

P- potencia elétrica

A- Área do reservatório

H<sub>b</sub>- Queda bruta

N- numero acumulado da tecnologia de energia renovável adotado para um período particular (ano n)

M- potencial máximo de utilização da tecnologia renovável no país

a, b, K<sub>a</sub>, K<sub>g</sub>, K<sub>d</sub>, K<sub>l</sub>, i, c- coeficientes

r, k- constantes

P<sub>0</sub> – população para o ano t<sub>0</sub>

P<sub>1</sub>- população para o ano t<sub>1</sub>

P<sub>2</sub>- população para o ano t<sub>2</sub>

P<sub>t</sub>- população estimada para o ano t

P<sub>s</sub>- população de saturação

P<sub>sat</sub>- potencia de saturação

PIB- Produto Interno Bruto

## SUMÁRIO

RESUMO .....	5
ABSTRACT .....	6
LISTA DE ABREVIATURAS .....	10
UNIDADES / VARIÁVEIS .....	12
<b>Capítulo 1 - Introdução</b> .....	14
1.1 - Justificativa .....	16
<b>Capítulo 2- Objetivos</b> .....	17
2.1- Gerais .....	17
2.2- Específicos .....	17
<b>Capítulo 3- Revisão Bibliográfica</b> .....	18
3.1- Fontes de Energia.....	28
3.1.1- Energias Não Renováveis .....	29
3.1.2- Energias Renováveis .....	30
3.2- Matriz de Geração Elétrica Brasileira.....	39
3.3- Evolução da Capacidade Instalada Brasileira .....	46
3.4- Conceituação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's).....	52
3.5- Principais Mudanças nos Marcos Regulatórios das PCH's Ocorridas em 2008/2009.....	53
3.5.1- Quanto aos Procedimentos no Registro e na Elaboração dos Estudos de Inventário .....	53
3.5.2- Mudanças quanto à Compensação da Energia Garantida das PCH's no Mercado de Relocação de Energia .....	55
3.5.3- Quanto à Autorização para Centrais Hidrelétricas até 50 MW .....	56
3.6- Mecanismos de Comercialização no Mercado Regulado .....	57
3.7- Viabilidade Econômica de uma PCH.....	60
3.8- A Inserção das Pequenas Centrais Hidrelétricas no Mercado.....	65
3.9- Mercado Nacional de Equipamentos Hidromecânicos .....	67
3.10- Análise da Geração de Empregos para Pequenas Centrais Hidrelétricas .....	69
<b>Capítulo 4- Materiais e Métodos</b> .....	74
4.1- Método da Projeção da Demanda de Energia .....	74
<b>Capítulo 5- Resultados e Discussões</b> .....	79
5.1- Projeção da Demanda de Energia .....	79
<b>Capítulo 6- Conclusões</b> .....	102
<b>Capítulo 7- Referências Bibliográficas</b> .....	105
ANEXO 1.....	115

## Capítulo 1 - Introdução

Nas próximas décadas existirão muitos obstáculos e oportunidades no setor energético. Sendo a energia fundamental para o crescimento da sociedade, trata-se de um mercado importante, que exige análise global para seu entendimento. Ernst & Young (2009)

O setor de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) vem se desenvolvendo rapidamente desde 1998. De lá até hoje as PCH's saíram de cerca de 850 MW em operação para 3.656 MW em 24 de setembro de 2011 (ANEEL, 2011). O início da geração elétrica independente no Brasil se deu no final do século XIX, mais precisamente no ano de 1883.

Entre o final do século XIX e o início do século XX, predominavam no Brasil as gerações térmicas, principalmente nas grandes metrópoles e capitais, sendo que a partir meados do século XX muitos estados passaram a adotar a matriz hidrelétrica como fonte predominante, especialmente Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina.

Após a 2ª Guerra Mundial, com o crescimento populacional, houve um processo de industrialização muito intenso. Na década de 40, com 41 milhões de habitantes, o consumo de energia era de 15 milhões de tep. Sessenta anos depois, em 2000, existiam 170 milhões de habitantes que consumiam quase 190 milhões de tep, ou seja, a população cresceu em média 2,15% ao ano e o consumo de energia cresceu 2,5%. Tolmasquim et al. (2007)

A partir da década de 1980, iniciou-se um processo longo na tentativa de reorganizar e incentivar a criação de Pequenas Centrais Hidrelétricas, sendo que o Governo Federal, por meio do Programa Nacional de Pequenas Centrais Hidrelétricas-PNPCH, (portaria do DNAEE nº. 109, de 24 de novembro de 1982), do Ministério de Minas e Energia (MME), promoveu estudos, cursos, subsídios técnicos e legais para o desenvolvimento do assunto.

Entretanto, os resultados alcançados não foram o esperado, muito em função da opção das companhias de geração pelas usinas de grande porte, aliada à grave crise econômica que perdurou entre 1984/1995, na qual as taxas financeiras eram proibitivas e a própria base regulatória não permitia que novos empreendedores pudessem vir a investir nessa forma de geração.

A partir do ano de 1998, o número de Autorizações para PCH's teve um impulso considerável, chegando ao seu ápice com a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), pela lei 10.438/02, e significou um

aumento expressível na oferta de energia para a matriz energética, além de também fomentar a multiplicação de investidores, desenvolvedores, projetistas, construtores e formadores de material eletromecânico para esse tipo específico de usina hidrelétrica.

Atualmente a sociedade é mais ambientalmente consciente. Isso faz com que os governos de todo o mundo invistam em fontes de energia renováveis e mais limpas significando alteração nos custos de produção de energia.

Considerando somente a Matriz Elétrica Brasileira (ANEEL 04/09/2011), verifica-se que as fontes renováveis de energia respondem por cerca de 73% desta produção, sendo aproximadamente 66%, referente ao grande potencial hidráulico brasileiro, o que possibilita ao país a produção de uma energia limpa e a baixo custo.

O crescimento da economia mundial teve um impacto importante no desempenho da economia brasileira nos últimos anos. No percurso até 2050, a projeção de expansão do PIB mundial mantém as boas expectativas brasileiras. Portanto, os efeitos de crises como a de 2009/2010, desencadeada no mercado imobiliário norte-americano e que ganhou dimensões mundiais, representam desvios passageiros que afetarão pouco as projeções de longo prazo.

No Brasil as PCH's foram incluídas no Mecanismo de Realocação de Energia (MRE) o que permite a comercialização de sua energia e o financiamento dos projetos com taxas mais atraentes de financiamento junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Na lista de desafios a serem superados estão os prazos de aprovação e estudos e registro junto à ANEEL; a baixa atratividade nas tarifas dos leilões de energia; e a rigidez e demora no processo de licenciamento ambiental.

## 1.1 Justificativa

Ao lado da hidroeletricidade, haverá na vindoura década um excedente superior a 2 milhões de barris diários de petróleo, duplicando a atual produção, como resultado das explorações do pré-sal. Mas apesar da euforia, extrair petróleo em grandes profundidades marítimas é missão complexa e de difícil consecução.

No Brasil, para as PCHs surgiram os incentivos tais como o desconto na tarifa de uso dos sistemas de transmissão e distribuição (TUSD), isenção do pagamento da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos (CFURH), isenção da aplicação de percentual da receita em programas de pesquisa e desenvolvimento, entre outros. Na esteira do aperfeiçoamento regulatório, a PCH foi incluída no Mecanismo de Realocação de Energia (MRE) o que permitiu a comercialização de sua energia e o financiamento dos projetos (Lenzi, 2010).

O Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia- PROINFA do governo brasileiro foi um dos maiores programas de incentivo e de inserção de energias renováveis, não apenas pela montante da potência a ser contratada na primeira fase do programa, 3.300 MW, mas, também pela diversidade de fontes energéticas e sua distribuição em diferentes regiões de um país continental como é o Brasil.

A primeira fase o programa teve como objetivo a garantir a compra, através de tarifas diferenciadas e atrativas, de energia elétrica oriunda de fontes renováveis, tais como: pequenas centrais hidrelétricas, eólica, e biomassa. O objetivo inicial era compra 1.100 MW de cada fonte. Entretanto, a energia a ser contratada ficou dividida entre as três fontes da seguinte forma: Eólica: 1.422,92.MW (54 centrais) , PCH 1.191,24.MW (63 centrais) e Biomassa 685,24.MW (27 centrais). Totalizando 3.299,40 MW de energia contratada e 144 centrais.

O atual trabalho deverá verificar o comportamento do crescimento da capacidade instalada das PCHs no Brasil, frente aos limites de potenciais disponíveis a esse tipo de aproveitamento.

## Capítulo 2- Objetivos

### 2.1- Gerais

O objetivo geral desse trabalho é mostrar o quão importante é o investimento do Governo em energias renováveis, já é uma fonte de energia renovável, com pequenos impactos ambientais, confiável e está geograficamente bem distribuída no Brasil.

### 2.2- Específicos

- Projetar a população brasileira até 2050
- Projetar PIB brasileiro até 2050
- Projetar a possível demanda de potencia instalada das Pequenas Centrais Hidrelétricas até o ano de 2050, assim como metodologia proposta em Tiago Filho, Barros e Silva (2008) e Barros et al. (2011);
- Mostrar a relação entre as PCH's e o PIB brasileiro, conforme proposta de Tiago Filho, Barros e Silva (2008) e Barros et al. (2011);
- Verificar a influência das PCH's sobre os impostos e empregos
- Entender a importância do investimento em PCH's no Brasil

## Capítulo 3- Revisão Bibliográfica

O Brasil possui atualmente, aproximadamente 70% da capacidade de geração de energia de forma hídrica desses, 3,17% são de PCH's (ANEEL em setembro de 2011). Segundo Carneiro (2010), os investimentos previstos para os próximos anos assegurarão a manutenção de uma matriz energética mais limpa, renovável e ecológica do que a média do universo. A economia global, ao contrário da brasileira, é fortemente dependente de fontes não renováveis e poluentes como petróleo, carvão e gás natural.

Para Chrisovalantis Malesios e Garyfallos Arabatzis (2010) as PCH's têm vantagens significativas como confiabilidade de geração sem variações e vida longa com baixos custos de operação e manutenção. Possuem emissões e impactos ambientais baixos, permitindo eletrificação em áreas remotas sendo uma geração de eletricidade eficiente e confiável.

Os autores estudaram o município de Ioannina na Grécia elaborando um questionário com itens sociais, econômicos, de desenvolvimento e meio ambiente. O objetivo era conhecer qual porcentagem da população estaria disposta a pagar mais impostos municipais que seriam para investimentos em construção de PCH's, ou quantos estariam dispostos a pagar valores mais altos de eletricidade gerada por PCH's nos primeiros 10 a 15 anos de operação.

A pesquisa concluiu que cidadãos jovens (≤30 anos) estão mais dispostos a pagar em relação aos mais velhos e ainda, os homens mais que as mulheres. O questionário também indicou que os de baixa escolaridade estão menos dispostos a pagar que os de escolaridade mais alta. Os autores (op. cit.) concluíram através do questionário realizado que embora a maioria seja favorável às fontes de energia renovável, uma minoria específica é fortemente contra a construção e operação de PCH's. O estudo mostrou que, características sócio econômicas, tais como sexo, idade, renda e educação têm ligações estreitas com o desenvolvimento das PCH's exigindo ajustes entre interesses de grupos sociais como agricultores, pescadores, consumidores de eletricidade, organizações ambientais e investidores privados.

Paish (2002) estudou as pequenas centrais hidrelétricas na Europa. Segundo ele, com positivas políticas ambientais agora a ser apoiada por tarifas favoráveis à eletricidade "verde", a indústria acredita que as pequenas centrais hidroelétricas terão um forte crescimento na Europa nos próximos 10 anos, após 20 anos de declínio. É

também a principal perspectiva para a evolução da exploração hídrica na Europa, onde as grandes barragens já foram exploradas e passaria a ser consideradas ambientais inaceitáveis.

Segundo o autor a tecnologia das pequenas centrais é extremamente robusta (sistemas podem durar 50 anos ou mais com pouca manutenção) e também é uma das tecnologias de energia disponíveis, menos agressivas ao meio ambiente. As represas de grandes usinas inundam áreas de terras férteis e necessitam deslocar muitos habitantes locais. Em muitos casos, o rápido assoreamento da represa, reduz sua produtividade e vida útil. Já para as PCH's, a barragem é bastante pequena, geralmente com reservatório também pequenos, em geral, pouca água é armazenada.

As hidrelétricas grandes e pequenas continuam a ser de longe a mais importante das "renováveis" para produção de energia elétrica em todo o mundo. Portanto, nas regiões montanhosas onde prevalecem pequenos rios e riachos, as PCH's tornam-se mais atraentes. No entanto, as cabeceiras tendem a ser em áreas de população de baixa densidade e muitas vezes não possuem linhas de transmissão, e podem anular as vantagens de baixo custo (Paish, 2002).

O autor (op. cit.) afirma que lamentavelmente, parece haver um número crescente de obstáculos institucionais e ambientais a serem enfrentados na obtenção de permissão para implementar novas PCH's dentro da Europa. Empreendedores têm de investir em análises detalhadas e caros hardwares para prevenir efeitos adversos sobre a pesca, conflitos percebidos com rio baseado interesses de lazer, e provar que não haverá impactos para o leito do rio, nas margens dos rios, flora e fauna, drenagem, ou a capacidade para retirar as águas das inundações.

Tasneem Abbasi e S. A. Abbsi (2010) discutem os impactos ambientais causados por Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) e dizem o quanto é difícil avaliar suas dimensões. A opinião de diversos autores sobre o assunto foi descrita em seu trabalho, inclusive da AIE (Agência Internacional de Energia), que cita inúmeros impactos negativos da instalação das PCH's como: ruído, poeira, inundação de terras que afetam a agricultura, sítios arqueológicos, o reservatório impacta a fauna e flora, todo ecossistema aquático principalmente os peixes. Diz também que, no trecho de vazão reduzida pode haver concentração de poluentes, alteração da beleza natural do local causando impacto visual. Pode causar ainda, danos por rompimento de barragens, mesmo sendo raros.

Após mostrar os impactos negativos citados pela AIE (Agência Internacional de Energia apud Tasneem Abbasi e S. A. Abbsi, 2010) citam outros autores que afirmam ser as PCH's energia limpa e verde. Seu desmatamento e os impactos sobre a fauna, flora e toda biodiversidade são mínimos.

Os autores questionam quais seriam as melhores práticas e planejamentos para que as PCH's tenham impactos pequenos e localizados e afirmam que as essas não são mais confiáveis que outras fontes de energia, pois seu armazenamento depende de grande lagos e que isso levaria a grandes impactos, já por exemplo, a biomassa, pode ser armazenada de forma fácil e barata. As PCH's comparadas às térmicas, podem ter investimentos de implantação menos vantajosos, pois ao serem implantadas em localidades montanhosas ou remotas, trazem incertezas de custo de logística.

De acordo com Tasneem Abbasi e S. A. Abbsi (2010) os problemas ambientais causados com a instalação das PCH's podem parecer pequenos quando comparadas às grandes hidrelétricas, porém, por kW instalado, os impactos têm a mesma proporção.

Para Nilton (2009), os impactos enfocam nas relações com unidades físicas, biológicas e sócio-econômicas, associadas principalmente à área em estudo. Os impactos da construção de uma PCH devem ser bem documentados e estão relacionados ao tamanho, volume, tempo de retenção do reservatório, localização geográfica e localização do rio. Os principais impactos detectados são: inundação de áreas agricultáveis; perda de vegetação e da fauna terrestres; interferência na migração dos peixes; mudanças hidrológicas a jusante da represa; alterações na fauna do rio; interferências no transporte de sedimentos; aumento da distribuição geográfica de doenças de veiculação hídrica; perdas de heranças históricas e culturais, alterações em atividades econômicas e usos tradicionais da terra; problemas de saúde pública, devido à deterioração ambiental; perda da biodiversidade, terrestre e aquática; e efeitos sociais por realocação;

Segundo o autor (op. cit.), nem todos os efeitos da construção de uma PCH são negativos. Devem-se considerar também muitos efeitos positivos como: produção de energia: hidroeletricidade; retenção de água regionalmente; aumento do potencial de água potável e de recursos hídricos reservados; criação de possibilidades de recreação e turismo; aumento do potencial de irrigação; aumento e melhoria da navegação e transporte; aumento da produção de peixes e da possibilidade de aquíicultura; regulação do fluxo e inundações; e aumento das possibilidades de trabalho para a população local.

De acordo com Bartle (2002), ainda existe no mundo um potencial hidroelétrico tecnicamente viável estimado em cerca de 15.000 TWh / ano, principalmente em países em que aumentos de fornecimentos de energia de fontes limpas e renováveis são mais urgentemente necessárias para o progresso do desenvolvimento social e econômico.

Os recursos hídricos segundo o autor (op. cit.) são amplamente distribuídos geograficamente, com potencial existente em cerca de 150 países, tem tecnologia avançada com mais de um século de experiência e faz parte de um esquema de uso múltiplo, podendo ajudar a subsidiar outras funções importantes, como a irrigação, abastecimento de água, melhorias na navegação e instalações de recreação.

Bartle (2002) cita a situação da utilização da energia hidrelétrica no mundo. A África continua a ser a área do mundo onde a hidrelétrica será capaz de desempenhar o maior papel no futuro do desenvolvimento econômico e social. Há atualmente cerca de 2.403 MW de nova capacidade hidrelétrica em construção em 18 países africanos, e nos últimos 2 anos a construção de usinas hidrelétricas em todo o continente aumentou em mais de 2.000 GWh / ano e está contribuindo com mais do que 50% da eletricidade em 25 países e mais de 80% em Angola, Benin, Burundi, Camarões, República Centro Africano, Congo, República Democrática do Congo, Etiópia, Guiné, Lesoto, Malawi, Moçambique, Namíbia, Ruanda, Tanzânia, Uganda e Zâmbia. No entanto, apenas cerca de 4% da hidroeletricidade tecnicamente viável nesta região tem sido desenvolvida, e os enormes esforços estão sendo feitos em todo o continente Africano a fim de criar um "ambiente favorável" para o investimento privado, o que é considerado como a única esperança para a evolução em grande escala.

Ghosh et al. (2002), elaboraram um panorama do país indiano. Para ele, o setor elétrico indiano é predominantemente baseado em combustíveis fósseis, com cerca de três quintos do país em capacidade de geração de energia dependente das vastas reservas de carvão. O gás natural cresceu muito rapidamente na última década devido a exigências de capital mais baixo, prazos mais curtos de construção, e uma maior eficiência. Para a energia nuclear, a capacidade instalada continua restrita a cerca de 3% do total. As energias renováveis (pequenas Hidrelétricas, eólica, biomassa e tecnologias solares) tem uma quota também de 3% na capacidade de geração total.

A futura trajetória de desenvolvimento econômico pode resultar em crescimento rápido e acelerado da procura de energia na Índia. A atual capacidade instalada de geração de energia hidrelétrica com até 25 MW de capacidade,

classificados como pequenas hidrelétricas, é 1.341 MW. O desenvolvimento de PCH's para geração descentralizada de energia pode levar a eletrificação rural e desenvolvimento local. Elevados custos de investimento para o desenvolvimento de pequenas centrais hidroelétricas tem impedido a sua implantação. Os custos de investimento são substancialmente elevados, devido à inacessibilidade do terreno e a falta de ligações de transporte adequado em locais onde o potencial existe. Locais com alto potencial têm baixa demanda, que implica a definição de redes de transmissão de alto custo. A Índia tem uma capacidade de energia eólica de 1.267 MW. Ocupa a quinta posição na instalação de energia eólica a seguir à Alemanha, E.U.A., Dinamarca e Espanha. A biomassa, constituída por combustíveis derivados da madeira, resíduos agrícolas e esterco animal, continua a dominar o fornecimento de energia nos setores rural e tradicional, tendo cerca de um terço da participação no consumo total de energia primária no país (Ghosh et al. 2002).

Os autores (op. cit.) utilizaram uma modelagem para avaliar o futuro papel das energias renováveis no setor elétrico indiano. A análise é efetuada ao longo de um período de 35 anos, entre 2000 e 2035. A metodologia utiliza uma base integrada de modelagem com representação das opções tecnológicas no fornecimento de energia e setores utilização final em termos dos custos, os insumos de combustível e características de emissão. A análise energética do sistema utiliza o *MARKAL*® (Market Allocation), que é um modelo de otimização de sistemas de energia. Os setores de utilização final de energia são amplamente classificados como indústrias, transportes, agricultura, residencial e comercial.

Para os autores (op. cit.) as projeções para o Produto Interno Bruto (PIB) assumiram taxa de crescimento de 5 % durante um período de 35 anos (2000-2035). A trajetória do PIB segue uma curva em S, com uma taxa de crescimento de 6 % no primeiro ano que satura a 4 % nos períodos posteriores. O método de regressão logística é utilizado para uso final projeções de demanda, mantendo a coerência global com as projeções macroeconômicas. O cenário prevê mudanças estruturais na economia com base na dinâmica atual e parecer sobre as trajetórias de crescimento futuro da diferentes setores da utilização final.

Nos resultados da análise, Ghosh et al. (2002) mostraram que a capacidade de geração de eletricidade quase triplica durante os 35 anos estudados (395 GW em 2035), e o carvão vai continuar sua dominância na capacidade com declínio de 60 % atuais para 50 % em 2035. O gás natural aumenta substancialmente 7% e representa um

quinto da capacidade total em 2035, devido à crescente competitividade. As grandes centrais hidroelétricas atingem 70 GW de capacidade, mantendo um quinto da capacidade total. A Nuclear tem uma capacidade de 5 % em 2035, acima dos 3% atuais.

A capacidade instalada gerada por fontes renováveis aumenta treze vezes ao longo de 2000-2035, alcançando 22 GW em 2035. Algumas Tecnologias de Energias Renováveis têm necessidades de investimento relativamente mais elevado em comparação com outras tecnologias. O programa de energia renovável, nos suas três décadas de existência, tem evoluído com a criação de uma base de produção e uma infra-estrutura de apoio, desenvolvimento, testes e implantação. Mas a demanda comercial para essas tecnologias ainda permanece baixo. Para Ghosh et al. (2002), a estratégia de energias renováveis deve constituir uma parte do setor da energia no quadro regular. A cooperação internacional e mecanismos de transferência de tecnologia através de instrumentos emergentes, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) precisa ser estabelecido. Energias renováveis precisam ganhar a confiança dos colaboradores, clientes, planejadores e financiadores fazendo com que sua posição seja competitiva em relação aos combustíveis convencionais (Ghosh et al. 2002).

Purohit e Kandpal (2005) efetuaram uma estimativa de projeção dos níveis de disseminação futura de tecnologias de energia renovável para bombeamento de água para irrigação, na Índia. Foram usados os modelos de difusão, visando à projeção da demanda por energia para bombeamento de água, utilizando o modelo Logístico.

Para Liming (2008), a energia é um componente essencial em qualquer economia em desenvolvimento, pois tem a função de erradicar a pobreza e melhorar a qualidade de vida. Ela contribui diretamente para satisfazer as necessidades básicas quanto as mais sofisticadas necessidades humanas. No entanto, muitas famílias, pequenas empresas e as comunidades nas áreas rurais da China e Índia não têm acesso às redes elétricas. O impacto que a falta de acesso à energia tem no desenvolvimento econômico e social nas vidas das pessoas é cada vez mais reconhecida pelo governo desses dois países.

Para o autor, a China tem criado um ambiente favorável para o financiamento das energias renováveis. É um dos 48 países do mundo que promulgaram leis para o desenvolvimento das energias renováveis. Não existe uma legislação nacional de energia renovável na Índia. No entanto, uma comissão de peritos constituída pela Comissão de Planejamento elaborou um relatório sobre a política energética

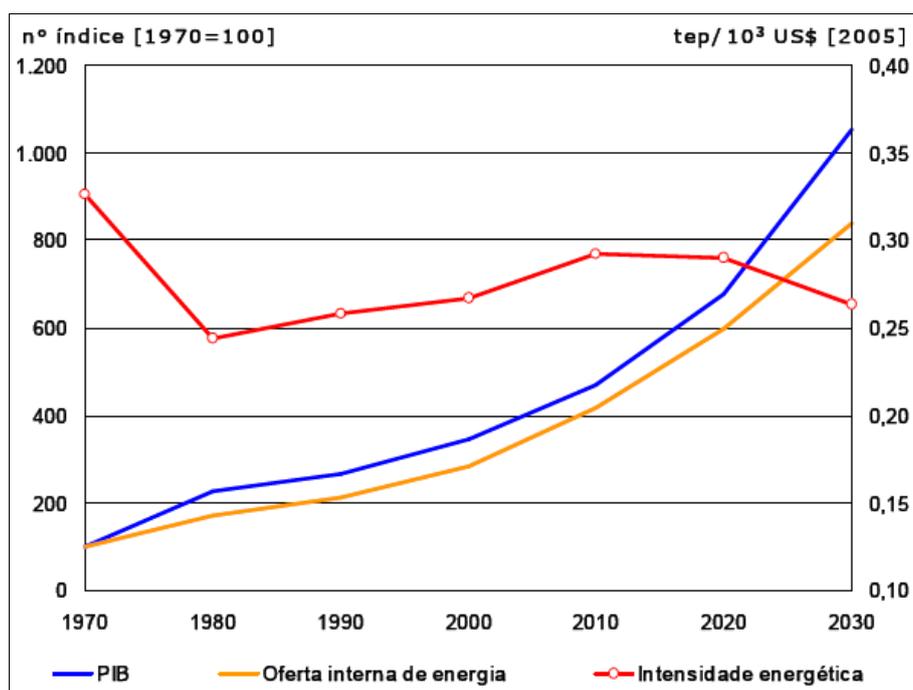
integrada que abranja todas as fontes de energia, incluindo fontes de energia renováveis. Este relatório destaca a necessidade de maximizar e desenvolver opções de abastecimento interno e diversificar as fontes de energia.

Liming (2008) também projetou que as energias renováveis podem ser responsáveis por cinco a seis por cento da matriz energética da Índia em 2031-32 e observou que a natureza distribuída das energias renováveis pode proporcionar muitos benefícios sócio-econômicos para o país, incluindo as suas áreas rurais, tribais e remotas.

A demanda para o financiamento das energias renováveis na China e Índia, segundo Liming (2008), ainda enfrenta severas restrições do lado da oferta, como o instrumentos de financiamento disponíveis.

De acordo com Tolmasquim et al. (2007), os estudos de cenários para os próximos anos mostram que o consumo de energia crescerá a taxas superiores as dos últimos 25 anos. Em duas décadas e meia a expansão da oferta energética poderá superar o dobro da atual capacidade instalada, em todos os segmentos, com destaque para petróleo e gás natural, geração de eletricidade e produção de etanol. São vários os desafios para planejadores, investidores e consumidores, como por exemplo, a capacitação de pessoal, o desenvolvimento de tecnologia, a aprovação de novos arcabouços legais, a mudança de hábitos de consumo, etc.. Mas também são muitas as oportunidades. Para investidores, os nichos de mercado e o potencial de crescimento são enormes, seja no fornecimento de equipamentos e insumos, no investimento em novos empreendimentos energéticos, ou no segmento de consultorias, seguros e financiamentos.

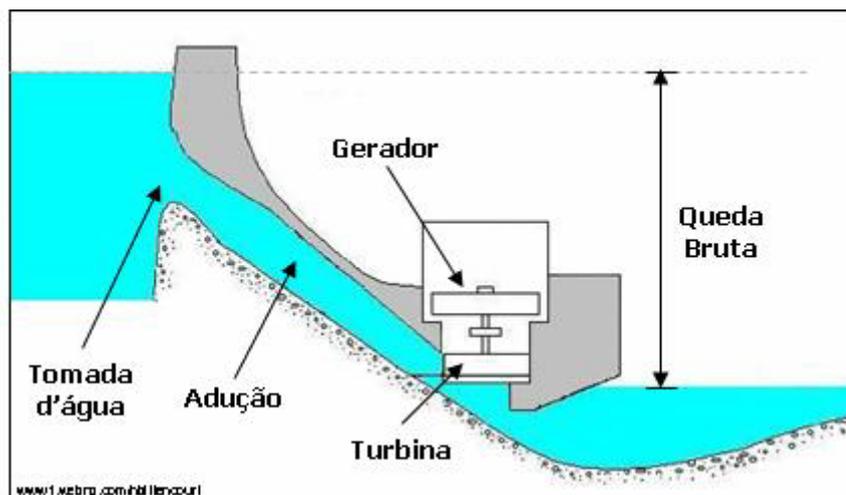
É de esperar, segundo os autores um grande aumento da demanda global de energia. Nessas condições, a estratégia de expansão da oferta de energia deve considerar, como diretriz, iniciativas na direção do uso mais eficiente da energia. Uma medida dinâmica dessa eficiência é dada pela evolução do conteúdo energético do PIB. Entre 1970 e 1980, houve uma redução drástica desse parâmetro, indicando que o produto nacional aumentou com menor uso relativo de energia (figura 1). Nesse período, o elemento chave dessa dinâmica foi a substituição de energéticos menos eficientes (lenha) por outros mais eficientes (derivados do petróleo e eletricidade). Já nos períodos subsequentes, houve aumento da intensidade energética, o que encontra respaldo no estágio de desenvolvimento econômico do país, em especial de sua indústria.



**Figura 1-** Evolução da Intensidade Energética (com base na oferta interna de energia)  
**Fonte:** Tolmasquim et al. (2007)

Nos primeiros anos do horizonte de projeção, componentes inerciais da oferta e da demanda de energia explicam porque esse indicador ainda cresce. A tendência só é revertida ao longo do horizonte do estudo, na medida em que ações de eficiência energética produzam resultados mais efetivos. A trajetória percorrida evidencia o que se chama de efeito colina. Nessas condições, em um cenário referencial, o conteúdo energético do PIB, em 2030, será aproximadamente igual ao de 1990, porém a economia será quatro vezes maior. Conforme indicado na Figura 1, a despeito do crescimento do PIB, a intensidade energética (tep/103 US\$ [2005]) cai de 0,275 em 2005, para 0,262 ao final do período (Tolmasquim et al. 2007).

Singal et al. (2010) realizaram estudo de viabilidade financeira para Pequenas Centrais Hidrelétricas de baixa queda e com geração no pé da barragem na Índia, segundo arranjo mostrado na figura 2.



**Figura 2-** Arranjo com geração no pé da barragem.  
**Fonte:** [www.webng.com](http://www.webng.com) (acesso em setembro de 2011)

Utilizou-se uma base de dados de 170 projetos com até 25 MW de capacidade instalada e os custos foram divididos em duas partes: obras civis e equipamentos eletromecânicos (turbinas, geradores, transformadores e auxiliares elétricos e mecânicos).

Foram mostradas equações de custo em função da potência (P) e da queda (H) dos arranjos. Os valores estão em Rupia, moeda indiana (1 US \$= 45 Rs indiana).

Custo em função da potencia e queda:

$$C_1 = 17940 * P^{-0,2366} * H^{-0,0596} \quad \text{Equação 3.1}$$

Os valores financeiros foram fixados sendo: 11% de taxa de juros anual, 3,4% de depreciação anual, 1,5% de custos com operação e manutenção anual, vida útil de 25 anos, entre outros.

Os projetos de geração de energia hídrica possuem incertezas como a disponibilidade de água ao longo do ano, o custo do projeto vai depender da localização, período de construção, disponibilidade de equipamentos, ou seja, estão sujeitos a flutuações.

Portanto, os autores (op. cit.) consideraram uma análise de sensibilidade onde os custos seriam 10% mais altos, a disponibilidade de energia diminui 10% e a receita também diminui 10%. Para a análise considerou-se PCH com duas unidades geradoras. Entre as amostras estudadas verificou-se que existe um desvio de 11% dos

custos e podem ser justificados devido às condições geologias, de solo, tipo de turbina e localização da obra.

Os autores variaram o fator de carga em 50%, 60%, 70%, 80% e 90%, com diversos equipamentos eletromecânicos, e concluíram que projetos com maior capacidade instalada e maiores queda possuem menor custo de instalação e são financeiramente viáveis em todos os fatores de carga em todas as condições, enquanto layouts com capacidade instalada menores e quedas menores são financeiramente viáveis em fatores de carga 70% em condições normais e 90% em condições extremas.

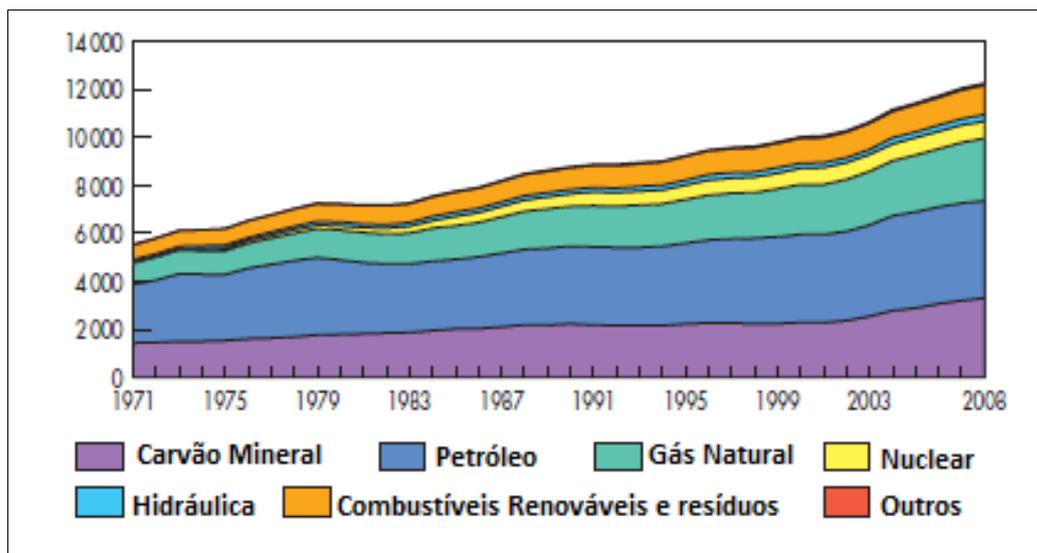
Singal et al. (2010) concluíram ainda, que para o maior fator de carga de 90%, a turbina tubular hélice foi a que obteve maior Taxa Interna de Retorno (TIR). Em 60%, 70% e 80% a turbina tubular semi-kaplan é a ideal e já aos 50% de fator de carga a turbina bulbo-kaplan teve maior TIR.

### 3.1- Fontes de Energia

Segundo Marques et al. (2006), as fontes primárias de energia são aquelas disponíveis tais como se encontram na natureza e que não sofreram ainda qualquer conversão. Esses sistemas atuam de modos diferentes, e algumas dessas diferenças são essenciais para a saúde do homem e para o futuro do Planeta. As fontes primárias de energia são três: gravitacional, eletromagnética e nuclear, das quais derivam os oito grandes processos de geração de energia:

- Combustíveis fósseis;
- Elementos radioativos;
- Recursos hídricos;
- Ventos;
- Radiação solar;
- Biomassa;
- Geotérmicas
- Oceanos

A figura 3 ilustra o comportamento do consumo de energia primária no mundo a partir da década de 70. O carvão mineral passou de 24,5% em 1973 para 27% em 2008, o petróleo reduziu sua porcentagem na demanda mundial de energia primária de 46,1% para 33,2%, ao contrário do gás, que elevou de 16% para 21,1%. A energia nuclear também teve aumento na participação de 0,9% em 1973 para 5,8% em 2008. As energias renováveis diminuíram de 10,6% para 10%.



**Figura 3-** Crescimento da demanda mundial por energia primária entre 1971 e 2008, em milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep).

**Fonte:** AIE, Key (2010)

### 3.1.1- Energias Não Renováveis

Segundo Marques et al. 2006, quando se utilizam como matéria prima elementos que irão se esgotar na natureza ou que sejam de difícil renovação, levando séculos ou milênios para serem recompostos, diz-se que é uma fonte de energia não-renovável. Duas das principais fontes primárias de energia classificadas como não-renováveis: os combustíveis fósseis e elementos radioativos.

#### - Combustíveis fósseis:

Combustíveis fósseis são fontes de energia não-renováveis baseadas em combustíveis que se formaram na natureza durante um longo processo de decomposição de vegetais e microorganismos. Nesta categoria, como principais exemplos, podem-se citar: petróleo, gás natural e carvão mineral.

O petróleo é um combustível fóssil que, como o gás natural e o carvão mineral, foi formado a partir da decomposição de matéria orgânica, como plantas, animais e microorganismos. Em função do seu alto valor comercial, o petróleo, também conhecido como “ouro negro”, tem sido motivo de vários conflitos nos últimos cem anos. Atualmente, um terço de toda energia utilizada no mundo provém deste combustível, a partir do qual se produzem, nas refinarias e nas indústrias petroquímicas,

vários subprodutos como gasolina, diesel, querosene, GLP, óleos e graxas, bem como plástico, tintas, vernizes, pesticidas, adubos e até cosméticos.

A energia elétrica também pode ser produzida por meio da utilização dos derivados de petróleo, principalmente, com o uso de grandes motores-geradores ou usinas termelétricas, correspondendo a cerca de 5% de toda a energia elétrica gerada no mundo e 5,65% da matriz elétrica brasileira em janeiro de 2011. Um dos problemas da queima de derivados de petróleo é a emissão de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e o dióxido nitroso ( $\text{NO}_2$ ), gases que contribuem para o efeito estufa.

O gás natural pode substituir outros combustíveis fósseis, com a vantagem de ser mais barato e menos poluente. O gás natural é constituído, principalmente, de metano e etano, diferentemente do gás de botijão (gás liquefeito de petróleo), proveniente de refinarias, que é constituído de propano e butano. Apesar de ser um combustível de uso comercial relativamente recente, o gás natural está presente no dia-a-dia do homem há mais de mil anos. O gás natural é uma alternativa para a produção de eletricidade, sendo atualmente responsável por cerca de 21,3% da energia elétrica produzida no planeta e 10,31 % da matriz elétrica brasileira em dezembro de 2010. As reservas mundiais de gás natural são suficientes para cerca de sessenta anos, mantidos os atuais níveis de consumo.

Segundo o Atlas de Energia Elétrica (2008), o carvão mineral tem origem fóssil e foi uma das primeiras fontes de energia utilizadas em larga escala pelo homem. Sua aplicação na geração de vapor para movimentar as máquinas foi um dos pilares da Primeira Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra no século XVIII. Sua composição pode ser com alto teor de carbono (hulha) e 47% com baixo teor de carbono.

### **3.1.2- Energias Renováveis**

Segundo a Greenpeace e Conselho Europeu de Energia Renovável (EREC), lançaram na Conferência do Clima da ONU (COP 16), em Cancún, um estudo em que aponta ser economicamente viável que o Brasil tenha 93% da sua matriz energética baseada em fontes renováveis até 2050. Os 7% restantes seriam de gás natural, uma fonte de transição até que a matriz brasileira seja convertida em 100% renovável, ainda no século 21 (Revolução Energética, 2010).

O estudo foi feito em parceria com o Conselho Europeu de Energia Renovável (Erec). As modalidades incluídas pelo Greenpeace nessa projeção são a hidrelétrica, eólica, de biomassa, solar e oceânica (geração a partir da força das marés).

O relatório da organização projeta que, principalmente a partir da década de 2040, os custos das energias não renováveis e renováveis vão se descolar, sendo que o segundo tipo vai cair por causa do barateamento das tecnologias, enquanto que os combustíveis fósseis terão preço progressivamente maior na medida em que as fontes planetárias se esgotam.

A projeção do Greenpeace conclui que o custo do Megawatt-hora num cenário de “revolução energética” no Brasil deve se estabilizar em R\$ 120 até 2050, enquanto que, se mantido o cenário de referência atualmente usado pelo governo, que inclui mais de 20% de termelétricas a gás e óleo, o preço deve estar em R\$ 176.

Segundo Lellis (2007), o controle e a utilização das diversas formas de energia sempre foram as alavancas de todo desenvolvimento humano e social. Até recentemente, durante todo o tempo em que esteve preocupado com a busca do desenvolvimento, o homem utilizou todas as formas possíveis de produção de energia, com os menores custos possíveis, sem deter-se em analisar as consequências. Tal comportamento resultou, muitas vezes, no desperdício e no uso ineficiente da energia, gerando efeitos nocivos para a economia, o meio ambiente e a qualidade de vida, principalmente, nas grandes cidades.

**Tabela 1-** Contribuições históricas e prognósticos da utilização de energia renovável.

	% do uso global 1990	% do uso global 2000	% do uso global 2010	% do uso global 2020
<b>Estados Unidos</b>	2,2	2,3	2,8	4,4
<b>América Latina</b>	2,9	3,8	4,6	6,0
<b>Europa Ocidental</b>	1,6	1,6	1,9	2,4
<b>Europa Oriental e antiga URSS</b>	1,1	1,1	1,2	1,7
<b>Oriente Médio e África do Norte</b>	0,3	0,4	0,5	0,7
<b>África Sub-Saharan</b>	1,8	2,3	2,6	3,2
<b>Pacífico e China</b>	5,1	5,4	5,8	7,1
<b>Ásia Central e do Sul</b>	2,7	3,0	3,2	4,1
<b>TOTAL</b>	17,7	19,9	22,7	29,6

Fonte: Marques et. al (2006)

### a) Energia Hidráulica

Na lista das fontes renováveis de energia, a hidroeletricidade (energia hidráulica, ou seja, a energia elétrica gerada a partir da força das águas) corresponde a em dezembro de 2010 a 67,19 % de toda a eletricidade gerada no país, sendo um bom exemplo de como o homem aproveita um recurso da natureza e o transforma em gerador de energia. Neste sistema, a água de um rio é represada, utilizando-se uma barragem para formar um reservatório. Uma tubulação conduz a água até as turbinas hidráulicas, que são colocadas em movimento pela força da água, transformando a energia potencial em energia cinética. Essa energia mecânica é transformada em energia elétrica pelas máquinas geradoras, que são acionadas pelas turbinas. A energia é então levada aos consumidores por meio de linhas de transmissão e redes de distribuição conforme mostra a figura 4.



**Figura 4-** Funcionamento da usina hidrelétrica  
**Fonte:** [www.sema.pa.gov.br](http://www.sema.pa.gov.br) (acesso em setembro de 2011)

### b) Energia Solar

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio. E quando se fala em energia, deve-se lembrar que o Sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia. Em outras palavras, as fontes de energia são, em última instância, derivadas da energia do Sol.

É a partir da energia do Sol que se dá a evaporação, origem do ciclo das águas, que possibilita o represamento e a conseqüente geração de eletricidade (hidroeletricidade). A radiação solar também induz a circulação atmosférica em larga escala, causando os ventos. Petróleo, carvão e gás natural foram gerados a partir de resíduos de plantas e animais que, originalmente, obtiveram a energia necessária ao seu desenvolvimento, da radiação solar.

- **Energia Solar Fototérmica:** É a quantidade de energia que um determinado corpo é capaz de absorver, sob a forma de calor, a partir da radiação solar incidente no mesmo. A utilização dessa forma de energia implica saber captá-la e armazená-la. Os equipamentos mais difundidos com o objetivo específico de se utilizar a energia solar fototérmica são conhecidos como coletores solares. Os coletores solares são aquecedores de fluidos (líquidos ou gasosos) e são classificados em coletores concentradores e coletores planos em função da existência ou não de dispositivos de concentração da radiação solar. O fluido aquecido é mantido em reservatórios termicamente isolados até o seu uso final (água aquecida para banho, ar quente para secagem de grãos, gases para acionamento de turbinas, etc.). Os coletores solares planos são, hoje, largamente utilizados para aquecimento de água em residências, hospitais, hotéis, etc. devido ao conforto proporcionado e a redução do consumo de energia elétrica.

- **Energia Solar Fotovoltaica:** A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão. Inicialmente o desenvolvimento da tecnologia apoiou-se na busca, por empresas do setor de telecomunicações, de fontes de energia para sistemas instalados em localidades remotas. O segundo agente impulsionador foi a “corrida espacial”. A célula solar era, e continua sendo, o meio mais adequado (menor custo e peso) para fornecer a quantidade de energia necessária para longos períodos de permanência no espaço. Outro uso espacial que impulsionou o desenvolvimento das células solares foi a necessidade de energia para satélites. A crise energética de 1973 renovou e ampliou o interesse em aplicações terrestres. Porém, para tornar economicamente viável essa forma de conversão de energia, seria necessário, naquele

momento, reduzir em até 100 vezes o custo de produção das células solares em relação ao daquelas células usadas em explorações espaciais. Modificou-se, também, o perfil das empresas envolvidas no setor.

Nos Estados Unidos, as empresas de petróleo resolveram diversificar seus investimentos, englobando a produção de energia a partir da radiação solar. Em 1993 a produção de células fotovoltaicas atingiu a marca de 60 MWp (MW de pico, ou seja, horário de maior intensidade solar), sendo o Silício o mais utilizado dos materiais. O Silício, segundo elemento mais abundante no globo terrestre, tem sido explorado sob diversas formas: monocristalino, policristalino e amorfo. No entanto, a busca de materiais alternativos é intensa e concentra-se na área de filmes finos, onde o silício amorfo se enquadra. Células de filmes finos, além de utilizarem menor quantidade de material do que as que apresentam estruturas cristalinas, requerem uma menor quantidade de energia no seu processo de fabricação. Ou seja, possuem uma maior eficiência energética.

O efeito fotovoltaico dá-se em materiais da natureza denominados semicondutores que se caracterizam pela presença de bandas de energia onde é permitida a presença de elétrons (banda de valência) e de outra onde totalmente “vazia” (banda de condução).

### **c) Energia Eólica**

Segundo o Atlas de Energia elétrica do Brasil (2008), a energia eólica é, basicamente, aquela obtida da energia cinética (do movimento) gerada pela migração das massas de ar provocada pelas diferenças de temperatura existentes na superfície do planeta. Não existem informações precisas sobre o período em que ela começou a ser aplicada, visto que desde a Antiguidade dá origem à energia mecânica utilizada na movimentação dos barcos e em atividades econômicas básicas como bombeamento de água e moagem de grãos.

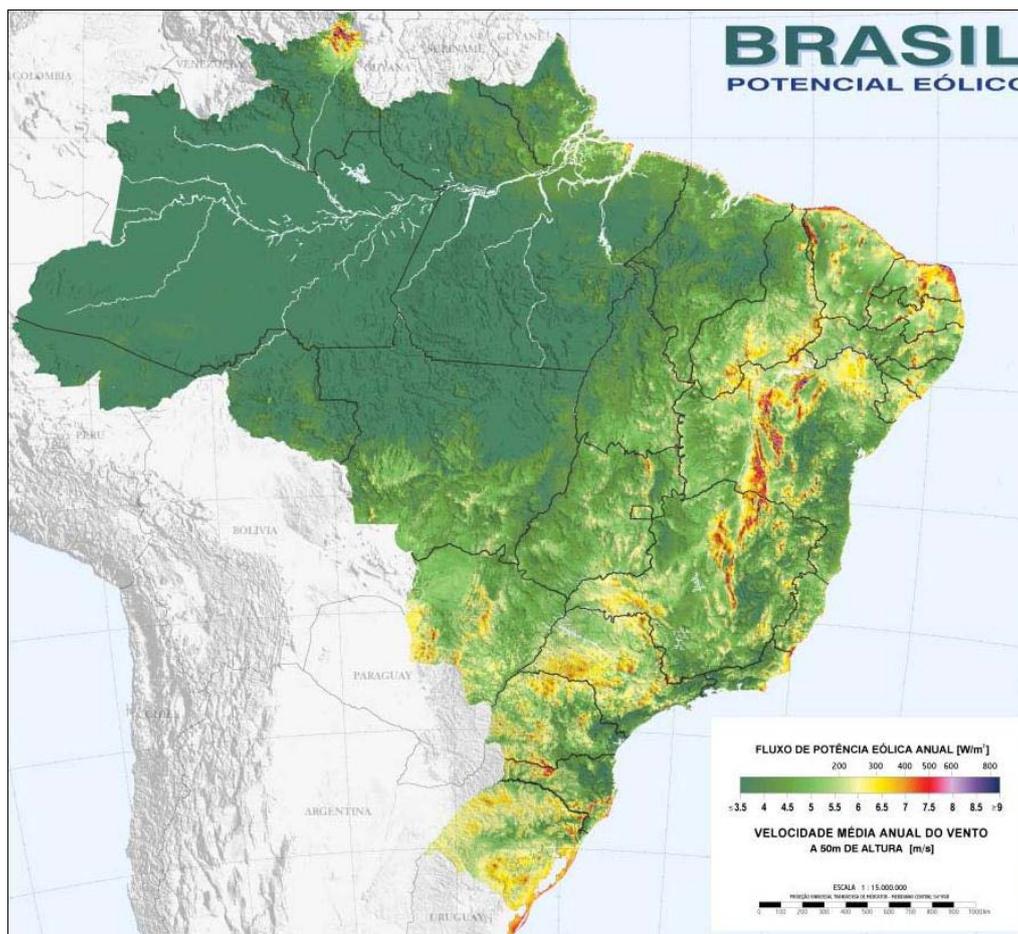
A geração eólica ocorre pelo contato do vento com as pás do cata-vento, elementos integrantes da usina. Ao girar, essas pás dão origem à energia mecânica que aciona o rotor do aerogerador, que produz a eletricidade. A quantidade de energia mecânica transferida – e, portanto, o potencial de energia elétrica a ser produzida – está diretamente relacionada à densidade do ar, à área coberta pela rotação das pás e à velocidade do vento.

A evolução da tecnologia permitiu o desenvolvimento de equipamentos mais potentes. Em 1985, por exemplo, o diâmetro das turbinas era de 20 metros, o que resultavam uma potência média na ordem de 50 kW. Hoje, esses diâmetros chegam a superar 100 metros, o que permite a obtenção, em uma única turbina, de 5 MW. Além disso, a altura das torres, inicialmente de 10 metros aproximadamente, hoje supera os 50 metros.

Assim, a exemplo do que ocorre com outras fontes, como a hidráulica, a obtenção da energia eólica também pressupõe a existência de condições naturais específicas e favoráveis. A avaliação destas condições – ou do potencial eólico de determinada região – requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime dos ventos.

O Brasil é favorecido em termos de ventos, que se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial e pela volatilidade de 5% (oscilação da velocidade), o que dá maior previsibilidade ao volume a ser produzido. Além disso, como a velocidade costuma ser maior em períodos de estiagem, é possível operar as usinas eólicas em sistema complementar com as usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas, principalmente se essas forem de regularização ou acumulação. Sua operação permitiria, portanto, a “estocagem” da energia elétrica.

A capacidade instalada mundial da energia eólica aumentou 1.155% entre 1997 e 2007, passando de 7,5 mil para 93,8 mil MW, como registra a World Wind Energy Association (WWEA, 2008). Atualmente, a energia eólica representa 0,97% da matriz elétrica brasileira com 57 usinas em operação com quase 1.113 MW instalados (ANEEL em 24/09/2011). O mapa eólico Brasileiro mostrado na figura 5 mostra que os tons laranja, vermelho e lilás representam maiores velocidades de vento respectivamente.



**Figura 5-** Mapa eólico brasileiro  
**Fonte:** Atlas do Potencial Brasileiro, 2001

#### **d) Energia de Biomassa**

Segundo ANEEL (2008) a matéria orgânica que pode ser transformada em alguma forma de energia pode ser chamada de biomassa. Podendo ser: florestal (madeira, principalmente), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outras) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos, como o lixo). Nas regiões menos desenvolvidas, a biomassa mais utilizada é a de origem florestal. Além disso, os processos para a obtenção de energia se caracterizam pela baixa eficiência – ou necessidade de grande volume de matéria-prima para produção de pequenas quantidades. Uma exceção a essa regra é a utilização da biomassa florestal em processos de co-geração industrial.

Já a produção em larga escala da energia elétrica e dos biocombustíveis está relacionada à biomassa agrícola e à utilização de tecnologias eficientes. A pré-condição para a sua produção é a existência de uma agroindústria forte e com grandes plantações,

sejam elas de soja, arroz, milho ou cana-de-açúcar. A biomassa é obtida pelo processamento dos resíduos dessas culturas. Assim, do milho é possível utilizar, como matéria-prima para energéticos, sabugo, colmo, folha e palha. Da soja e arroz, os resíduos que permanecem no campo, tratados como palha, muito utilizados no Rio Grande do Sul. Na cana-de-açúcar, o bagaço, a palha e o vinhoto. Já os dejetos de animais são muito utilizados em Santa Catarina.

A utilização da biomassa como fonte de energia elétrica tem sido crescente no Brasil, principalmente em sistemas de cogeração (pela qual é possível obter energia térmica e elétrica) dos setores industrial e de serviços. De acordo com o Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em setembro de 2011 existem 338 termelétricas movidas a bagaço de cana, 14 a licor negro, 41 usinas à madeira, 14 de biogás e 7 movidas à casca de arroz, que correspondem a um total de 8.431 MW (megawatts) instalados e representam 6,83% da matriz elétrica brasileira.

Algumas vantagens da utilização da biomassa para energia:

- Baixo custo de aquisição;
- Não emite dióxido de enxofre;
- Menor corrosão dos equipamentos (caldeiras, fornos);
- Menor risco ambiental;
- Recurso renovável;
- Emissões não contribuem para o efeito estufa.

Algumas desvantagens:

- Menor poder calorífico;
- Maior possibilidade de geração de material particulado para a atmosfera. Isto significa maior custo de investimento para a caldeira e os equipamentos para remoção de material particulado;
- Dificuldades no estoque e armazenamento.

Existem algumas vantagens indiretas, como é o caso de madeireiras que utilizam os resíduos do processo de fabricação (serragem, cavacos e pedaços de madeira) para a própria produção de energia, reduzindo, desta maneira, o volume de resíduo do processo industrial e diminuindo seus custos de produção.

No Brasil há grande diversidade de opções para produção de biodiesel, tais como a palma e o babaçu no norte, a soja, o girassol e o amendoim nas regiões sul,

sudeste e centro-oeste e a mamona, que além de ser a melhor opção do semi-árido nordestino, apresenta-se também como alternativa às demais regiões do país.

O biodiesel substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclodiesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas, automóveis, etc) ou estacionários (geradores de eletricidade, calor, etc). Pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções. A mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100.

Atualmente o biodiesel vendido nos postos pelo Brasil possui 5% de biodiesel e 95% de diesel (B5). Por ser biodegradável, não-tóxico e praticamente livre de enxofre e aromáticos, é considerado um combustível ecológico. Como se trata de uma energia limpa, não poluente, o seu uso num motor diesel convencional resulta, quando comparado com a queima do diesel mineral, numa redução substancial de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos não queimados.

### **3.2- Matriz de Geração Elétrica Brasileira**

Segundo Tolmasquim et al. (2007), desde a Revolução Industrial, a competitividade econômica dos países e a qualidade de vida de seus cidadãos são intensamente influenciadas pela energia. Em um mercado global e em face das crescentes preocupações com o meio ambiente, essa influência se mostra cada vez mais decisiva. Nesse contexto, as economias que melhor se posicionam quanto ao acesso a recursos energéticos de baixo custo e de baixo impacto ambiental obtêm importantes vantagens comparativas.

Nas próximas décadas, essa questão se apresenta para o Brasil a um só tempo como um desafio e uma oportunidade. Desafio, porque o desenvolvimento econômico e social demandará uma expressiva quantidade de energia e com isso um alto grau de segurança e de sustentabilidade energéticas. Oportunidade, porque o Brasil dispõe de condições especialíssimas de recursos energéticos renováveis e de tecnologia para transformar suas riquezas naturais em energia e dessa forma agregar valor à sua produção de riqueza.

Atualmente, a Matriz de Geração Elétrica brasileira possui aproximadamente 73% composta por fontes de energias renováveis. Países como a China, por exemplo, possuem a matriz elétrica baseada em energia termelétrica (74,6%), hidrelétricas (22%), eólicas (3,2%) e 1% de energia nuclear. A tabela 2 e as figuras 6, 7 e 8 mostram os empreendimentos em operação, construção e outorgados registrados pela Agência Nacional de Energia Elétrica- ANEEL, conforme registro realizado em 05/01/2011.

Sendo:

Usina Hidrelétrica de Energia- UHE

Usina Termelétrica de Energia- UTE

Pequena Central Hidrelétrica- PCH

Central Geradora Hidrelétrica- CGH

Usina Termonuclear- UTN

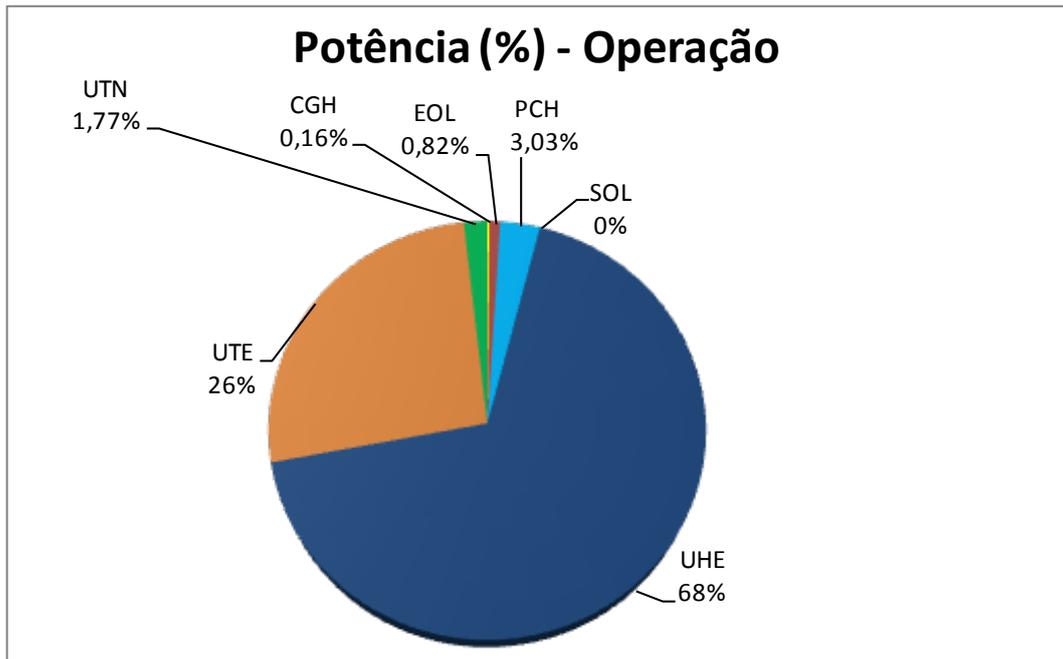
Central Geradora Eolielétrica- EOL

Central Geradora Solar Fotovoltaica- SOL

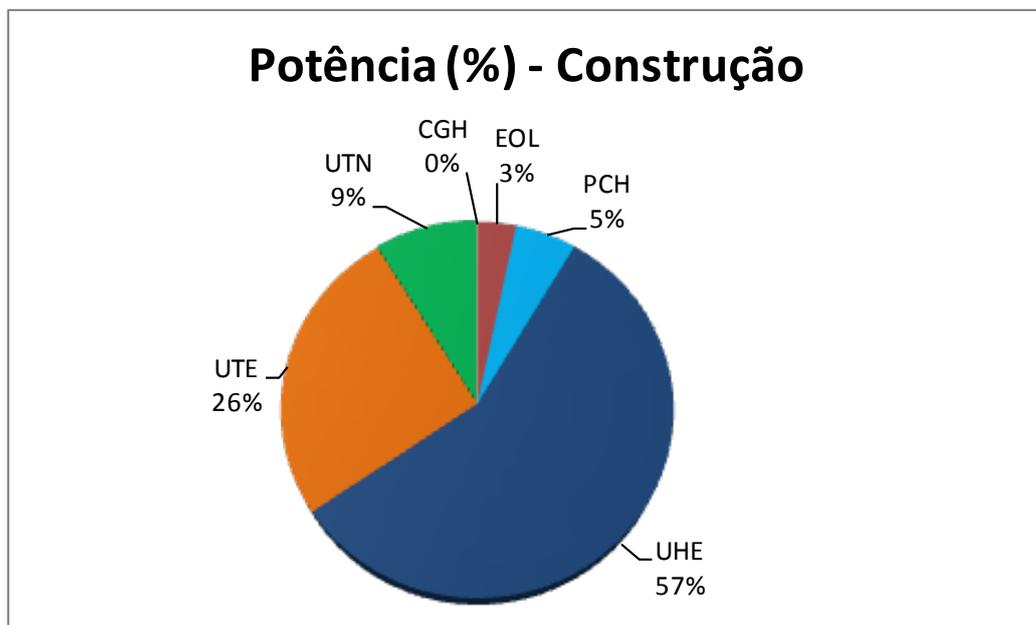
**Tabela 2-** Matriz de Geração: Empreendimentos em operação, construção e outorgados

<b>Empreendimentos em Operação</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Outorgada (kW)</b>	<b>Potência Fiscalizada (kW)</b>	<b>%</b>
CGH	326	187.719	185.118	0,16
EOL	50	930.482	926.886	0,82
PCH	387	3.468.041	3.428.312	3,03
SOL	4	86	86	0
UHE	174	77.783.587	77.090.589	68,02
UTE	1.394	31.588.994	29.689.074	26,2
UTN	2	2.007.000	2.007.000	1,77
<b>Total</b>	<b>2.337</b>	<b>115.965.909</b>	<b>113.327.065</b>	<b>100</b>
<b>Empreendimentos em Construção</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Outorgada (kW)</b>	<b>%</b>	
CGH	1	848	0,01	
EOL	19	507.100	3,28	
PCH	63	802.568	5,2	
UHE	11	8.795.100	56,96	
UTE	43	3.984.905	25,81	
UTN	1	1.350.000	8,74	
<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>15.440.521</b>	<b>100</b>	
<b>Empreendimentos Outorgados entre 1998 e 2010</b>				
<b>(não iniciaram sua construção)</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Outorgada (kW)</b>	<b>%</b>	
CGH	69	45.630	0,14	
CGU	1	50	0	
EOL	83	2.835.031	8,97	
PCH	146	2.031.769	6,43	
SOL	1	5.000	0,02	
UHE	16	14.534.900	45,98	
UTE	159	12.157.798	38,46	
<b>Total</b>	<b>475</b>	<b>31.610.178</b>	<b>100</b>	
<b>Total (Operação + Construção + Outorgados)</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Outorgada (kW)</b>	<b>%</b>	
CGH	396	231.596	0,144	
EOL	152	4.269.017	2,662	
PCH	596	6.262.649	3,905	
SOL	5	5.086	0,003	
UHE	201	100.420.589	62,615	
UTE	1.596	45.831.777	28,577	
UTN	3	3.357.000	2,093	

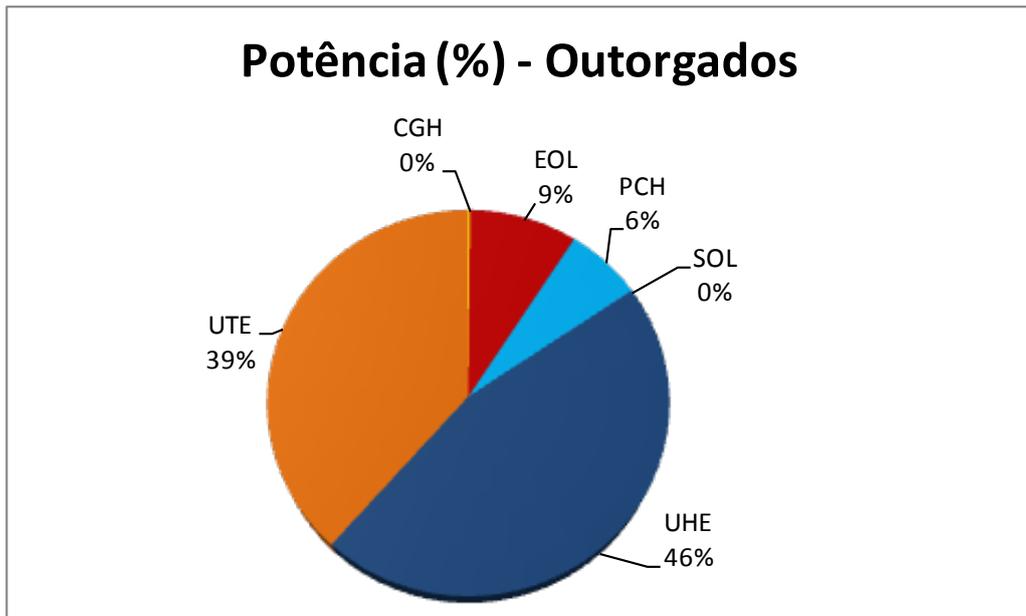
Fonte: ANEEL, atualizado em 05/01/2011



**Figura 6-** Empreendimentos em Operação  
**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em ANEEL (2011)

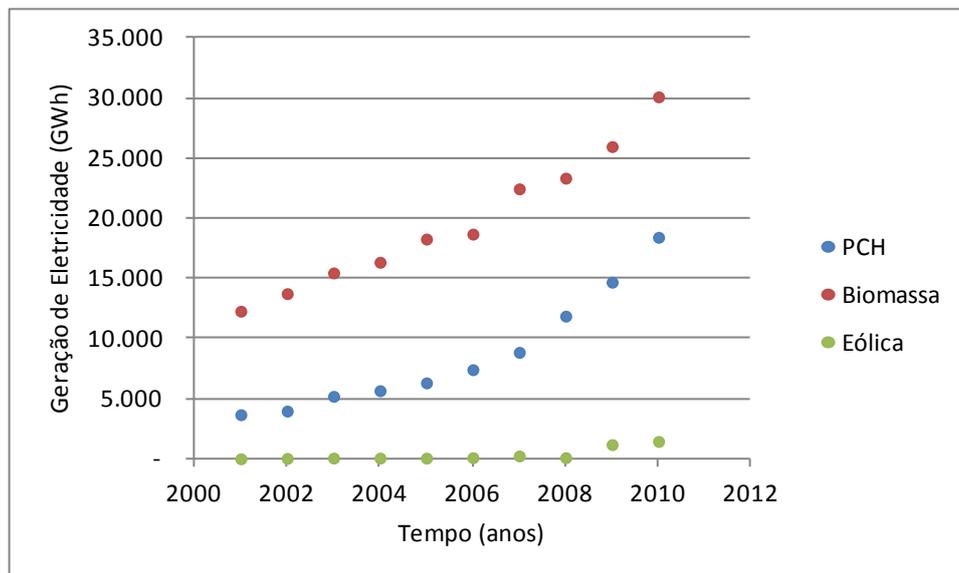


**Figura 7-** Empreendimentos em construção  
**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em ANEEL (2011)



**Figura 8-** Empreendimentos outorgados  
**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em ANEEL (2011)

Segundo o Balanço Energético Nacional (2010), a geração de eletricidade das fontes renováveis, principalmente PCH, eólicas e biomassa vem tendo um crescimento contínuo, conforme pode ser visto na figura 9. Somou-se as centrais elétricas à serviço público e as autoprodutoras.

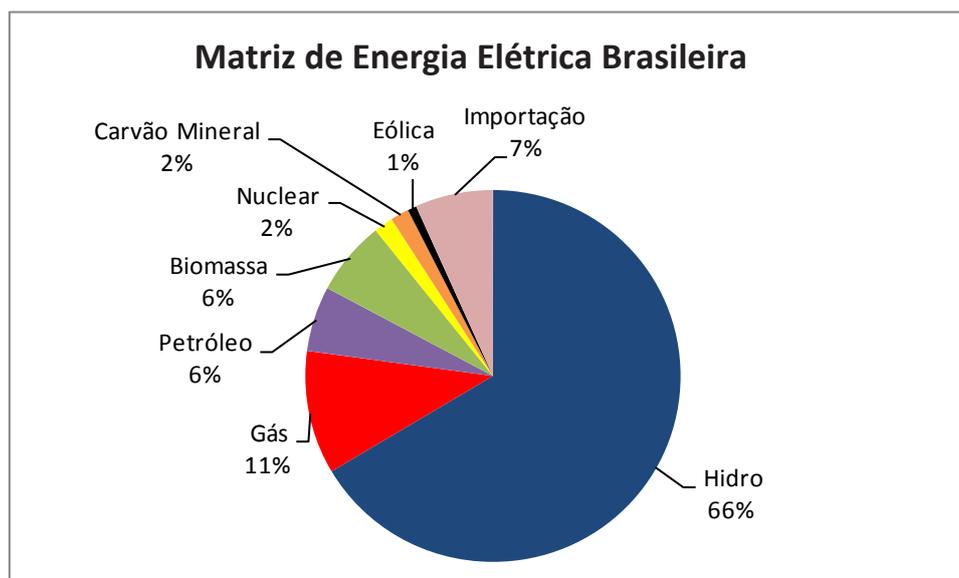


**Figura 9-** Evolução da geração de energia elétrica no Brasil a partir da biomassa, PCHs e eólicas.

**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em BEN (2010)

Para a biomassa, considerou-se geração elétrica a partir de lenha, bagaço de cana, lixívia (subproduto do processo de fabricação de celulose) e outras recuperações.

A Matriz de Geração Elétrica Brasileira (setembro de 2011) possui 66,09% de predominância de usinas hidrelétricas, seguido do gás com 10,69% e biomassa com 6,83% conforme pode ser visto na tabela 3 e na figura 10.



**Figura 10-** Matriz de geração elétrica brasileira  
**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em ANEEL (2011)

**Tabela 3-** Matriz de geração elétrica brasileira

Empreendimentos em Operação							
Tipo		Capacidade Instalada		%	Total		%
		N.º de Usinas	(kW)		N.º de Usinas	(kW)	
Hidro		887	80.704.019	66,42	887	80.704.019	66,42
Gás	Natural	94	11.254.614	9,26	130	13.035.897	10,73
	Processo	36	1.781.283	1,47			
Petróleo	Óleo Diesel	833	4.006.640	3,3	864	6.869.295	5,65
	Óleo Residual	31	2.862.655	2,36			
Biomassa	Bagaço de Cana	317	6.183.346	5,09	389	7.839.321	6,45
	Licor Negro	14	1.240.798	1,02			
	Madeira	40	327.827	0,27			
	Biogás	12	68.442	0,06			
	Casca de Arroz	6	18.908	0,02			
Nuclear		2	2.007.000	1,65	2	2.007.000	1,65
Carvão Mineral	Carvão Mineral	10	1.944.054	1,6	10	1.944.054	1,6
Eólica		50	926.886	0,76	50	926.886	0,76
Importação	Paraguai		5.650.000	5,46		8.170.000	6,72
	Argentina		2.250.000	2,17			
	Venezuela		200.000	0,19			
	Uruguai		70.000	0,07			
<b>Total</b>		<b>2.332</b>	<b>121.496.472</b>	<b>100</b>	<b>2.332</b>	<b>121.496.472</b>	<b>100</b>

Fonte: ANEEL, atualizado em 05/01/2011

Atualmente 387 PCH's operam no Brasil, conforme dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL - 05/01/2011), as quais totalizam uma potência de aproximadamente 3,4 mil MW. Encontram-se em tramitação, em processo de análise de projetos básicos mais 488 PCH's, o equivalente a cerca de 4,8 mil MW. Em construção, são 63 usinas que viabilizariam 802 MW. E, as PCH's outorgadas somam 146, num total de 2,03 mil MW. Contabilizando tudo, a potência total geraria cerca de 23 mil MW, conforme detalhado na Tabela 4.

**Tabela 4-** Situação das PCH's na ANEEL

Situação		PCH	
		Relatório SGH 30/11/2010	
		Qtd	MW
Em Operação		387	3.428,0
Em Construção		63	802,0
Autorização (outorgados)		146	2.031,0
Inventariado	Em processo de elaboração	505	669,0
	Em processo de aceite	40	-
	Em processo de Análise	41	2.189,95
	Disponíveis	203	9.071,0
Projeto Básico	Em processo de Registro	-	-
	Em processo de aceite	34	109,05
	Em processo de análise	454	4.754,0
TOTAL		1.161	23.054,0

**Fonte:** ANEEL, atualizado em 05/01/2011

Uma das vantagens das PCH's é sua instalação em locais onde a região é mais montanhosa, porém, geralmente essas regiões tem densidade demográfica pequena e a energia gerada deve ser realocada para ser consumida em outra localidade. Uma das grandes dificuldades no Brasil para as pequenas centrais hidrelétricas tem sido o sistema de transmissão, que se tornou um gargalo para as novas instalações, existindo grande dependência da expansão das linhas. A construção das linhas é de responsabilidade do empreendedor e correspondem por aproximadamente 5% do custo da construção da usina. Quando a ligação ao sistema de transmissão é muito distante, pode tornar o projeto inviável.

Segundo Marques et al. (2006) muitas são as vantagens do desenvolvimento e implementação de PCH's, as quais podem ser resumidas nas seguintes premissas:

a) Possibilidade de maximização da Taxa Interna de Retorno (TIR), em virtude da outorga ser concedida via autorização, não onerosa, mesmo que existente garantia a ser estabelecida (nova metodologia empregada pela Resolução 343/08, ANEEL,2008) vide Anexo 1.

b) Baixo investimento inicial, quando comparado a investimentos em outros empreendimentos de geração de energia elétrica, como os de grande porte ou aqueles que necessitam de “fontes” de combustíveis mais onerosas que a hidráulica.

c) Custo da energia compatível com custo de grandes hidrelétricas, principalmente em do uso de novas tecnologias e metodologias de construção.

d) Equipamentos padrão e crescente oferta nacional e internacional de itens “eletromecânicos”.

e) Baixo impacto ambiental, em função das dimensões e impacto referente a reservatório, quando utilizado, de pequena extensão.

f) Localização mais próxima da “carga”, demanda consumidora, e menores custos de conexão e transmissão de energia elétrica.

g) Obras civis de pequeno porte.

h) Incentivo por meio de isenção de encargos setoriais e desconto no pagamento das tarifas de uso dos sistemas de transmissão e distribuição.

i) Menor tempo de desenvolvimento e construção, em geral 18 a 24 meses, considerando-se a outorga das licenças de instalação e supressão vegetal para mobilização, montagem do acampamento e início efetivo da construção.

### **3.3- Evolução da Capacidade Instalada Brasileira**

Segundo a Greenpeace e Conselho Europeu de Energia Renovável - EREC em “Revolução Energética, 2010”, a evolução da demanda de energia está condicionada a três fatores chave:

- Crescimento populacional, referente ao número de consumidores de energia.
- Econômico, para o qual o Produto Interno Bruto (PIB) é o indicador mais usado normalmente.
- Intensidade Energética, ou a quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de PIB.

Segundo EPE (2011) uma forma para relacionar o consumo de energia elétrica ao PIB é através da elasticidade-renda, onde  $\epsilon$  é a elasticidade e  $X$  é o parâmetro a ser estudado, ou seja:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\%X}{\Delta\%PIB} = \frac{\frac{\Delta X}{X}}{\frac{\Delta PIB}{PIB}} \quad \text{Equação 3.3.1}$$

A dinâmica do consumo e da carga de energia elétrica vem-se alterando nos últimos anos por influência de diversos fatores estruturais de distintas naturezas, resultando, geralmente, em menores elasticidades-renda da demanda de eletricidade do que aquelas que ocorriam no passado. Deve-se, ainda, ressaltar, com relação à elasticidade-renda do consumo de energia elétrica, que, mantidas as demais condições de contorno e o período considerado, ela tende a assumir valores superiores para cenários econômicos de menor crescimento do PIB e valores inferiores para cenários de maior expansão da economia.

Por outro lado, a elasticidade não pode ser analisada pontualmente em um determinado ano e, em casos extremos, como sejam o de um crescimento do PIB próximo de zero em determinado ano ou o de um decréscimo do consumo, a elasticidade perde o sentido. Quando a intensidade elétrica da economia decai no período torna-se mais eficiente no uso da energia elétrica, consumindo menos eletricidade por unidade de valor adicionado.

Ainda segundo a EPE (2011), o crescimento da oferta de energia cresce na razão de aproximadamente 1% acima do crescimento do PIB. Apesar do aumento do consumo per capita de eletricidade, ao longo do período, a intensidade elétrica da economia sofre uma pequena redução. Pode-se dizer que a economia se torna mais eficiente no uso da eletricidade, produzindo mais valor econômico (ou valor adicionado) para o mesmo montante consumido de eletricidade.

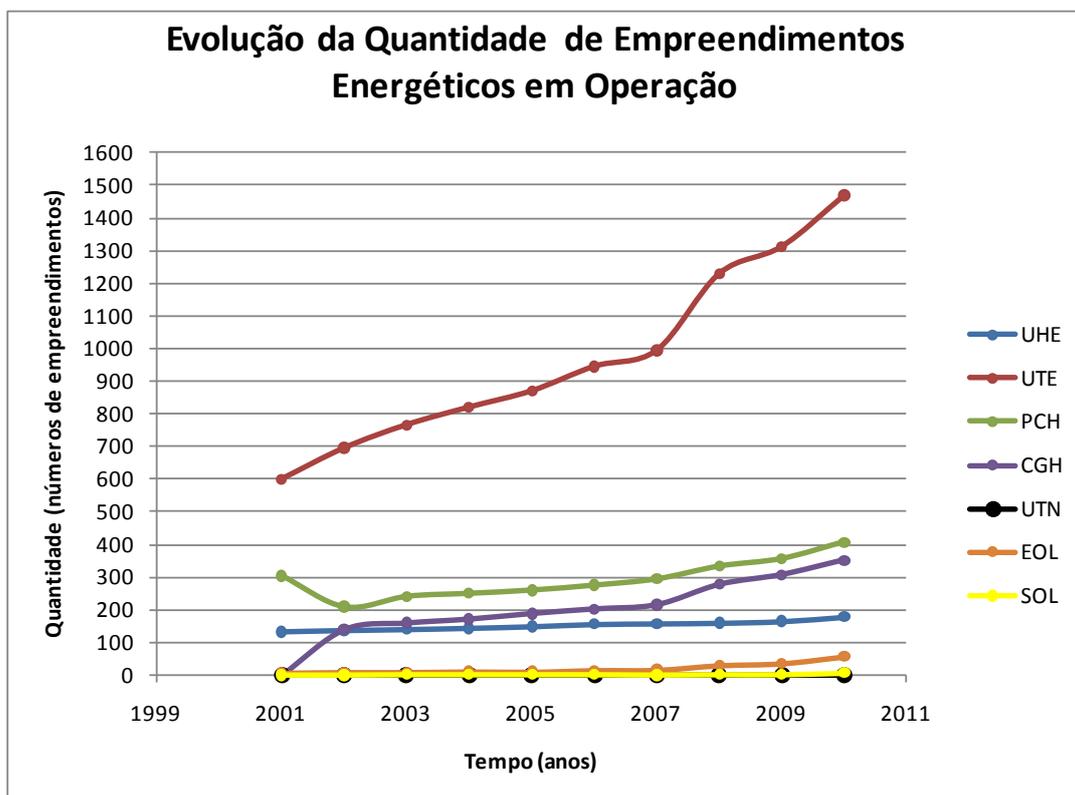
No Brasil (ANEEL, em 24/09/2011) a quantidade de empreendimentos nos últimos dez anos deu-se destaque às usinas termelétricas de energia, que possuíam em 2001 seiscentos empreendimentos, em 2005, possuía 870 empreendimentos e atualmente existem 1.470. Entre as energias renováveis, a solar foi a menos expressiva, possuindo atualmente apenas 6 empreendimentos. A tabela 5 mostra o número de empreendimentos em operação no país de acordo com cada fonte de energia.

**Tabela 5-** Evolução do número de empreendimentos energéticos brasileiros.

Tipo	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
UHE	133	137	140	144	149	156	158	160	165	179
UTE	600	695	766	820	870	945	995	1230	1313	1470
PCH	303	209	241	250	260	275	294	333	356	407
CGH	0	139	159	171	188	202	215	277	307	352
UTN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
EOL	7	9	9	11	10	15	16	30	36	57
SOL	0	0	1	1	1	1	0	1	1	6

Fonte: ANEEL, atualizado em 24/09/2011

A figura 11 mostra graficamente a evolução do número de empreendimentos energéticos:

**Figura 11-** Evolução do número de empreendimentos em operação de 2001 a 2010

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANEEL (2011)

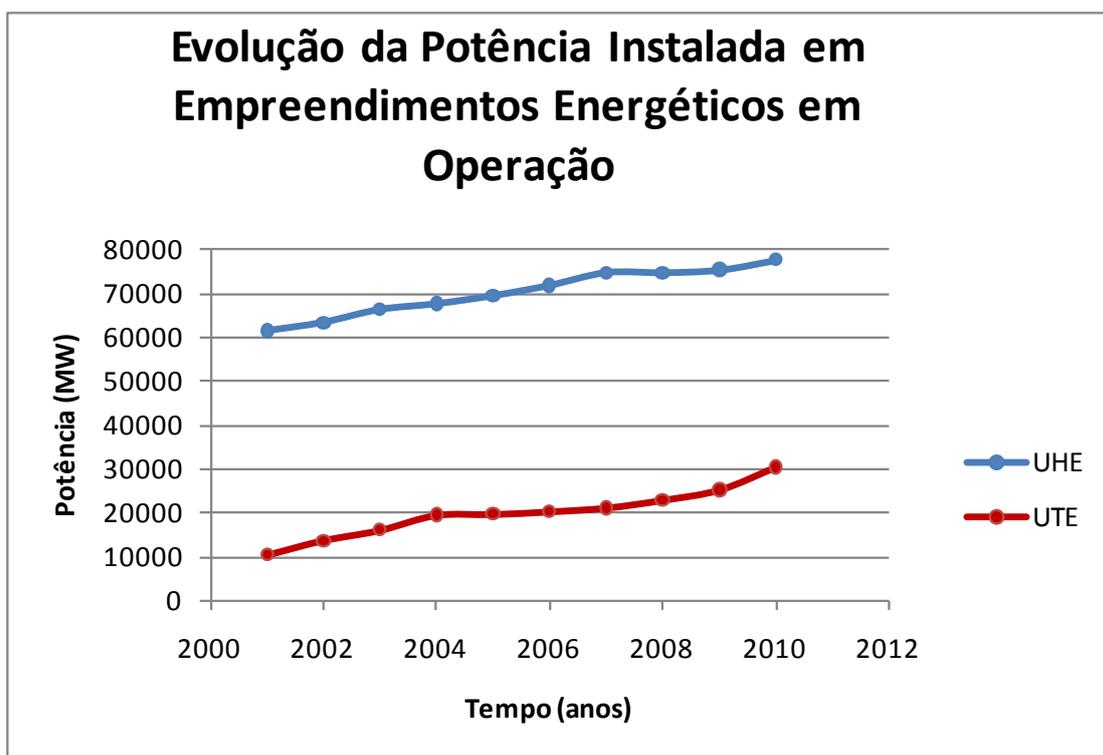
A análise da evolução de potência Instalada mostrou que mesmo sendo a energia Termoelétrica a de maior número, não significa esta, ter a maior potência instalada, e sim, as usinas Hidrelétricas com aproximadamente 77,7 GW de potência fiscalizada, como mostra a tabela 6:

**Tabela 6-** Potência Instalada com empreendimentos em operação (MW):

Tipo	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
UHE	61554	63502	66460	67778	69631	72005	74937	74901	75484	77742
UTE	10481	13813	16130	19556	19770	20372	21229	22999	25350	30580
PCH	855	895	1151	1220	1330	1566	1820	2490	2953	3656
CGH	0	77	87	90	99	107	112	154	173	201
UTN	1966	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007
EOL	21	22	22	29	29	237	247	398	602	1113
SOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1087

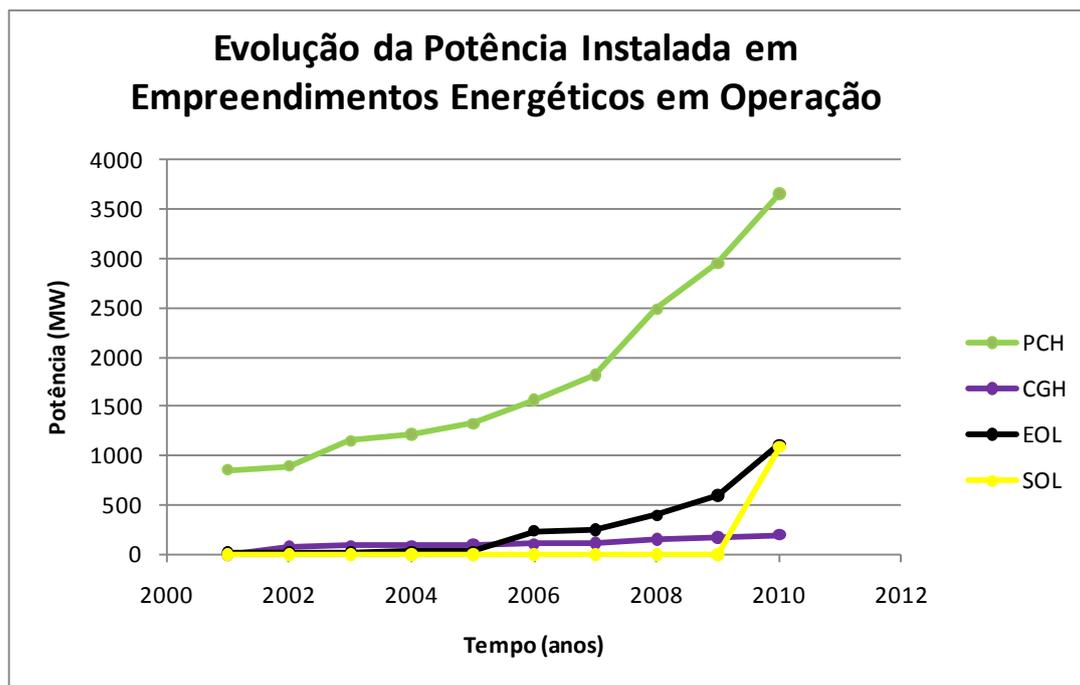
Fonte: ANEEL, atualizado em 24/09/2011

As figuras 12 e 13 mostram a potência instalada de acordo com suas evoluções.



**Figura 12-** Potência Instalada para Usinas Hidrelétricas e Termoeletricas

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANEEL (2011)



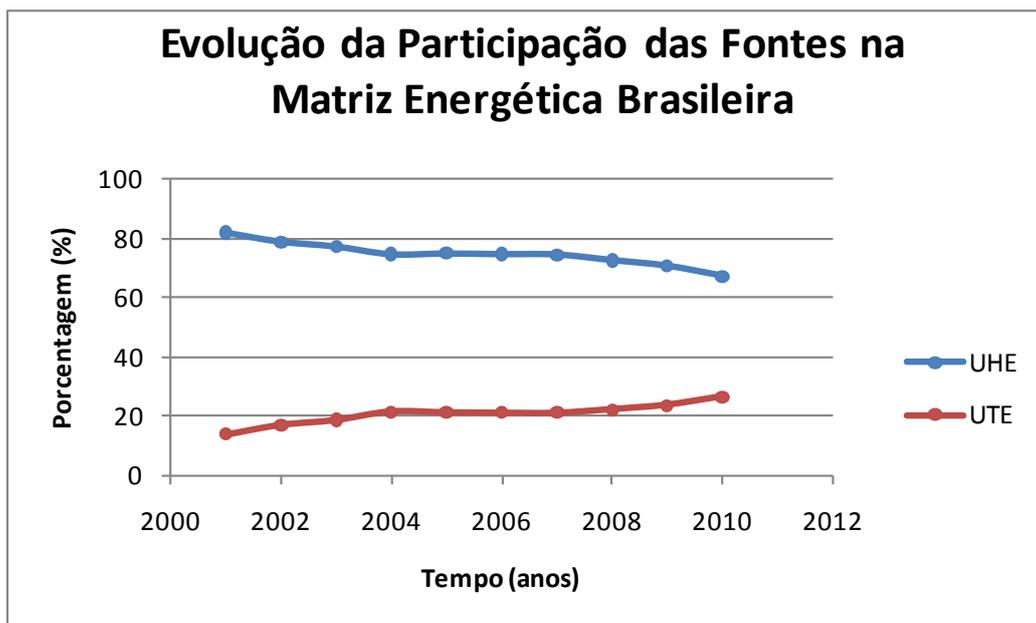
**Figura 13-** Evolução da potência para fontes geradoras  
**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em ANEEL (2011)

De 2001 a 2010, a Matriz Energética brasileira, manteve-se com a predominância da energia Hidroelétrica. Observa-se na figura 14, crescimento da porcentagem da participação das UTE's e diminuição da UHE's.

**Tabela 7-** Porcentagem das fontes de energia para a geração Brasileira

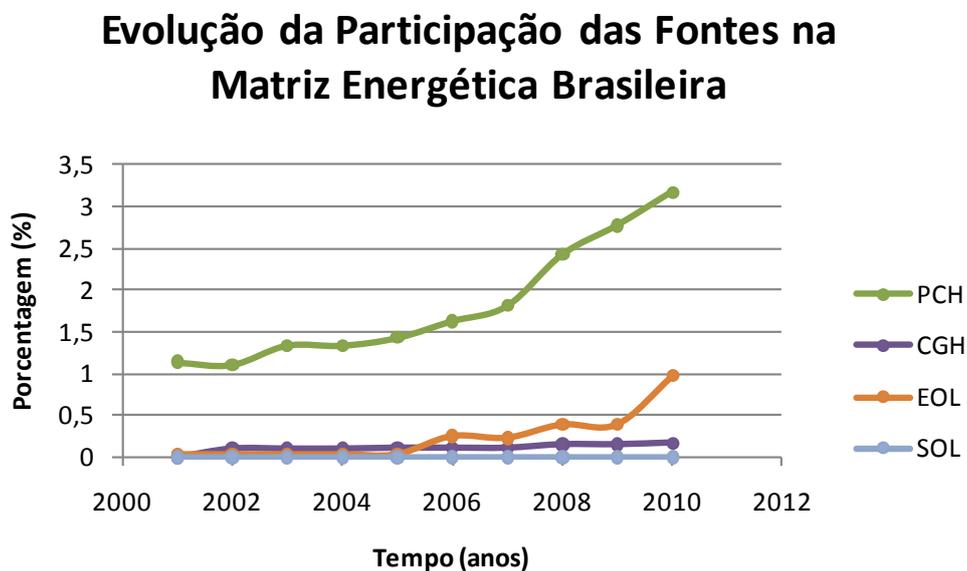
Tipo	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
UHE	82,21	79,07	77,41	74,75	74,98	74,78	74,67	72,76	70,83	67,42
UTE	14	17,2	18,79	21,57	21,29	21,16	21,15	22,34	23,79	26,52
PCH	1,14	1,11	1,34	1,34	1,43	1,63	1,81	2,42	2,77	3,17
CGH	0	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11	0,11	0,15	0,15	0,17
UTN	2,63	2,5	2,34	2,21	2,16	2,08	2	1,99	1,99	1,74
EOL	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,25	0,23	0,39	0,39	0,97
SOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Fonte:** ANEEL, atualizado em 24/09/2011



**Figura 14-** Porcentagem da participação das energias Hidrelétrica e Térmica na Matriz  
**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em ANEEL (2011)

Já na figura 15, destaca-se o crescimento contínuo das energias renováveis principalmente das Pequenas Centrais Hidrelétricas e da energia Eólica.



**Figura 15-** Participação das fontes de energia na Matriz Energética  
**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em ANEEL (2011)

### 3.4- Conceituação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's)

Segundo o que estabelece a Resolução ANEEL 652, de 09/12/2003 (ANEEL, 2003), PCH's são aproveitamentos hidrelétricos com potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, destinado à produção independente, autoprodução ou produção independente autônoma, com área do reservatório inferior a 3,0 km<sup>2</sup>.

São adotados os seguintes conceitos e definições:

I - área do reservatório: área da planta à montante do barramento, delimitada pelo nível d'água máximo normal de montante;

II - nível d'água máximo normal de montante: nível de água máximo no reservatório para fins de operação normal da usina, definido através dos estudos energéticos, correspondendo ao nível que limita a parte superior do volume útil;

III - nível d'água mínimo normal de montante: nível de água mínimo do reservatório para fins de operação normal da usina, definido através dos estudos energéticos, correspondendo ao nível que limita a parte inferior do volume útil; e

IV - nível d'água normal de jusante: nível d'água a jusante da casa de força para a vazão correspondente ao somatório dos engolimentos máximos de todas as turbinas, sem considerar a influência da vazão vertida.

O aproveitamento hidrelétrico que não atender à condição para área do reservatório inferior a 3,0 km<sup>2</sup>, respeitados os limites de potência e modalidade de exploração, será considerado com características de PCH, caso se verifique pelo menos uma das seguintes condições e atendida a seguinte equação:

$$A \leq \frac{14,3 * P}{H_b} \quad \text{Equação 3.4.1}$$

Sendo:

P= potência elétrica instalada em (MW);

A= área do reservatório em (km<sup>2</sup>);

H<sub>b</sub>= queda bruta em (m), definida pela diferença entre os níveis d'água máximo normal de montante e normal de jusante.

Para o atendimento à Equação 01, fica estabelecido, adicionalmente, que a área do reservatório não poderá ser superior a 13,0 km<sup>2</sup>, sendo de total responsabilidade

do empreendedor informar à ANEEL, área competente, os dados e memórias de cálculo, inclusive quanto à veracidade e consistência dos mesmos.

### **3.5- Principais Mudanças nos Marcos Regulatórios das PCH's Ocorridas em 2008/2009**

As principais mudanças no Marco Regulatório são quanto aos procedimentos no registro e na elaboração dos estudos de inventário, quanto à compensação da energia garantida das PCH's no Mercado de Relocação de Energia e à autorização para Centrais Hidrelétricas até 50 MW.

#### **3.5.1- Quanto aos Procedimentos no Registro e na Elaboração dos Estudos de Inventário**

O estudo de inventário tem como princípio definir a partição de quedas que propicie a máxima geração de energia ao menor custo, com mínimo impacto ao meio ambiente e em conformidade com os cenários do múltiplo uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica. Em 2008 a Resolução ANEEL 343/2008 (ANEEL, 2008), alterou as normas do processo antes regido pela Resolução 395/1998 (ANEEL, 1998). O comparativo é mostrado na tabela 8.

A solicitação de registro: antes, pela 395/98, não era onerosa, passou-se a exigir uma garantia de registro. Ou seja, um depósito em dinheiro, que será reembolsado assim que o estudo for finalizado.

Aos prazos para elaboração e entrega dos estudos: antes, pela Resolução ANEEL 395/1998, eram definidos pelo agente, passaram a ter prazo definido.

O aceite de análise dos projetos básicos dos aproveitamentos definidos nos estudos: antes permitia mais de um vencedor concorrendo ao projeto, passou a definir apenas um vencedor através de critérios estabelecidos na resolução.

A outorga de autorização para se iniciar a construção do empreendimento que antes também era não onerosa, passou a exigir um depósito de fiel garantia do cumprimento do cronograma.

**Tabela 8-** Condições para registro de projetos básicos de PCH junto à ANEEL de acordo com a nova Resolução 343, comparada com a antiga Resolução 395/98.

Fase/ Situação	Instrumento	Resolução *	
		395/1998	343/2008
Solicitação de registro	Garantia de Registro	Não Oneroso	Oneroso
Elaboração e Entrega de Projeto		Definição do Agente	Prazo Definido
Aceite para fins de Análise de Projetos	Despacho de Aceite	Possibilidade de haver mais de um ganhador	Apenas um selecionado
Análise do Projeto	Parecer Técnico		
Promoção de RDH (Reserva de Disponibilidade Hídrica) junto à ANA ou à Órgãos Ambientais			
Definição do RDH	RDH		
Análise das restrições de vazão de RDH			
Obtenção da Licença Prévia	Licença Provisória - LP		
Aprovação do Projeto Básico			
Outorga de Autorização	Despacho de Aprovação	Não Onerosa	Garantia de Fiel Cumprimento (Onerosa)
Obtenção da Licença de Instalação	Licença de Instalação - LI		
Fiscalização			

**Fonte:** Hubner, 2010.

\* Vide resoluções no Anexo 1

Na resolução 343/2008, também ficou estabelecida a garantia de que pelo menos 40% do potencial inventariado para exploração seja destinado para quem fez o estudo de inventário. A partir da Resolução 343/2008 a ANEEL tem incentivado que os interessados em uma determinada bacia hidrográfica se associem para compartilhar os custos de levantamento de dados de campo, socioeconômicos, ambientais e aerofotogramétricos.

Por fim, a Resolução prevê a necessidade de se elaborar, junto ao agente de licenciamento ambiental, a Avaliação Ambiental Integrada (AAI) da bacia inventariada, de forma a se definir, antes do início da elaboração dos projetos básicos, quais deles realmente serão autorizados a ser construídos.

### **3.5.2- Mudanças quanto à Compensação da Energia Garantida das PCH's no Mercado de Relocação de Energia**

Pelo Decreto 2.655/1998 (ANEEL, 1998) e a Resolução 169/2001 (ANEEL, 2001), o Mercado de Relocação de Energia – MRE tem como princípio o compartilhamento de risco hidrológico entre as usinas hidrelétricas, inclusive as não despachadas centralizadamente, que é o caso das PCH's.

Segundo Tiago et al. (2009), o MRE foi criado para minimizar os impactos dos empreendimentos de geração hidrelétrica devido a indisponibilidades das centrais por causas fortuitas. Ou seja: caso o índice de disponibilidade verificado da central seja inferior ao valor de referência considerado no cálculo da respectiva energia assegurada, a usina estará sujeita à realocação da energia faltante, fornecida pelo mercado, em função do excesso de energia gerada de outra central.

Entretanto, entendia-se que o MRE não devia cobrir a parcela da indisponibilidade que ultrapassar o valor estabelecido pela ANEEL por ocasião do cálculo da Energia Assegurada - EA.

Entendia-se que, no caso das usinas não despachadas centralizadamente, deveria haver, por parte do empreendedor, a garantia física que a energia firme estava condizente com a capacidade de geração da central e que a sua falta só ocorreria eventualmente.

Entretanto ao longo dos anos, apesar do MRE, foram detectados vários problemas quanto a garantia da energia assegurada, tais como:

- O desempenho das PCH's ficou aquém da respectiva da Energia Assegurada: historicamente 46% das PCH's com 5 anos ou mais de registro na Câmara de Comércio de Energia Elétrica- CCEE, geraram menos que 80%;
- Este mau desempenho não era detectado pelo Mecanismo de Redução de Energia Assegurada- MRA, por exemplo: havia PCH's cuja geração no período não ultrapassava a 13% com Fator de Indisponibilidade de 100%, causando um desequilíbrio no MRE;
- Muitas usinas solicitavam expurgo de energia assegurada, geralmente concedido, alegando a baixa afluência de água. O que indicava a superestimativa da hidrologia utilizada no cálculo da Energia Assegurada, incoerente com a hidrologia real;

· Por mais criteriosas e detalhadas que fossem as análises dos parâmetros declarados pelo empreendedor, sempre havia uma grande assimetria de informação entre o agente e a ANEEL.

Esses, entre outros problemas, levaram à ANEEL a propor novas regras para o cálculo da garantia física (NT 039/2009-SRG/ANEEL) e para a permanência das PCH's no Mercado de Realocação de Energia (AP 049/2009):

Diante deste cenário, no final do ano de 2009, o Ministério de Minas e Energia – MME, editou a Portaria nº 463/2009, com algumas adequações nas regras do mercado, tais como:

Ainda de acordo com Tiago et al. (2009), o cálculo inicial da Energia Assegurada continuou a ser feito com base na hidrologia, na indisponibilidade e rendimento dos grupos geradores, conforme declarada pelo empreendedor. Entretanto nos primeiros 48 meses de operação comercial da central, descontando-se os primeiros 12 meses, a geração média não poderá ser inferior a 80% ou superior a 120% do valor da Energia Garantida. A partir do 60º mês de operação comercial, descontados os primeiros 12 meses, a geração média (histórico crescente) não poderá ser inferior a 90% ou superior a 110% da Garantia Física. Foram criadas faixas de Geração Média- GM, conforme mostra a tabela (2), em cujo cálculo são desconsiderados os 12 primeiros meses a partir da entrada em operação da primeira Unidade de Geração, as reformas e/ou modernizações.

### **3.5.3- Quanto à Autorização para Centrais Hidrelétricas até 50 MW**

Em 2009, houve uma ação do governo para expandir o mercado de auto-produção e produção independente quando editou a Lei nº 11.943, 28 de maio de 2009 (BRASIL, 2009), que alterou o art. 26 da Lei nº 9.427/96 (BRASIL, 1996), ao dar permissão ao poder concedente e à ANEEL, por delegação, a autorizar os aproveitamentos de potencial hidráulico de potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 50.000 kW, destinado à produção independente ou auto-produção, independentemente de ter ou não características de PCH's, isentando as centrais na faixa de 30 a 50MW do processo de licitação.

### **3.6- Mecanismos de Comercialização no Mercado Regulado**

O modelo institucional do Setor Elétrico Brasileiro que passou a vigorar em 2004, disciplinado pela Lei no 10.848/2004 (BRASIL, 2004) e pelo Decreto nº 5.163/2004 (ANEEL, 2004), estabeleceu que as concessionárias, as permissionárias, e as autorizadas do serviço público de distribuição de energia do SIN devem garantir, por meio de licitação na modalidade de leilões, o atendimento à totalidade de seu mercado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). À ANEEL cabe a regulação das licitações para contratação de energia elétrica e a realização do leilão diretamente ou por intermédio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Os leilões de energia ocorrem com periodicidade anual e são subdivididos em duas categorias principais: os leilões de energia existente e os leilões de energia nova. Os leilões de energia existente têm por objetivo a venda de energia de empreendimentos existentes cujo investimento inicial em sua construção já tenha sido plenamente amortizado. Estes leilões são usualmente classificados como leilões do tipo “A-1”. Isto é, são leilões organizados no ano anterior ao ano de entrega física de energia (“A”), e esta, por sua vez, deverá ser inicialmente fornecida sempre a partir do primeiro dia do ano contratado. O prazo destes contratos de energia existente é, usualmente, estabelecido em oito anos de duração.

Segundo PUC-Rio (2006) os leilões de energia nova, por sua vez, se destinam ao atendimento das necessidades de mercado das distribuidoras mediante a venda de energia elétrica proveniente de empreendimentos que, em geral, ainda não iniciaram sua etapa de construção. Estes leilões são organizados sob a formatação do tipo “A-5” e “A-3”, também ocorrem com periodicidade anual, e os contratos têm vigência de 15 anos para a energia advinda de empreendimentos termelétricos e de 30 anos para os empreendimentos hidrelétricos. O objetivo de tais leilões é propiciar a possibilidade, por parte das distribuidoras, de contratação antecipada de energia para o atendimento pleno de sua demanda estimada três a cinco anos à frente. Devido ao fato de a energia existente total do país ser insuficiente para atender ao total de carga demandada pelas distribuidoras, a estimação precisa da quantidade de energia nova necessária para atender ao crescimento de sua demanda ao longo destes cinco anos é de vital importância para o desempenho operacional da distribuidora (PUC-Rio, 2006).

O novo modelo institucional do setor elétrico brasileiro, as distribuidoras estão autorizadas pela ANEEL a repassarem para as tarifas de energia os montantes

contratados até o limite máximo de 103% de sua carga futura efetiva. Este limite aumenta a segurança do sistema, pois reconhece a impossibilidade de uma previsão perfeita da demanda e estabelece um limite de tolerância para o erro da previsão dos agentes distribuidores. Este sistema também assegura, com alta probabilidade, que o montante contratado de energia seja no mínimo igual à carga futura efetiva, pois dada a assimetria da tolerância do repasse automático às tarifas, os agentes distribuidores preferirão estritamente errar a contratação de energia para mais do que para menos, já que se contratarem menos energia que o necessário para o pleno atendimento da carga efetiva, os distribuidores terão de arcar com os custos da aquisição de energia no mercado spot.

Segundo o autor (op. cit.), antes da realização dos leilões, as distribuidoras registram inicialmente a quantidade de energia que necessitam contratar. As demandas individuais são agregadas constituindo-se o pool comprador de energia elétrica. Desta forma, todas as distribuidoras são representadas por esse pool de energia que irá, por sua vez, adquirir em leilão o somatório das quantidades solicitadas de energia por cada distribuidora. Os custos advindos da compra de energia elétrica em leilão são representados por um único custo médio ponderado de aquisição que é único para cada participante do pool. Desta maneira, as distribuidoras desembolsarão uma quantia equivalente à quantidade de energia solicitada, multiplicada pelo preço médio de aquisição do pool de energia. Este mecanismo socializa os ganhos de comercialização entre as distribuidoras garantindo, por exemplo, que todas as distribuidoras, independentemente da região de atuação ou da escala de produção, se deparem exatamente com os mesmos custos de contratação por unidade de energia. Sendo assim, todo o processo competitivo do leilão é transferido para o lado da oferta.

Os empreendedores com seus respectivos projetos de geração térmica ou hídrica são classificados em ordem crescente de acordo com o preço a que estão dispostos a fornecer energia no futuro. Cabe ressaltar, que este procedimento é feito separadamente de acordo com o tipo de empreendimento: se termelétrico ou hidrelétrico. O fator que distingue a quantidade de energia a ser demandada de fonte termelétrica ou hidrelétrica não é aquele ditado pelos preços relativos de mercado entre estas duas fontes, mas sim, um parâmetro estabelecido pelo Ministério de Minas e Energia (MME), que fixa uma fração de energia elétrica mínima a ser demandada de fontes de geração termelétrica, com o intuito de diversificar a matriz energética nacional no longo prazo de tal maneira a atingir os objetivos de diversificação estabelecidos no

Plano Decenal de Energia Elétrica. Sendo assim, dentro de cada categoria de geração, são selecionados aqueles projetos cujas propostas de preço de venda de energia elétrica futura sejam as menores possíveis, mas sempre respeitando o percentual mínimo de energia advinda de fonte termelétrica estabelecido pelo MME. Estes projetos vão sendo gradativamente selecionados até que o montante de oferta agregada de energia seja exatamente suficiente para atender à demanda do pool comprador.

Para os geradores, os leilões de energia nova representam uma oportunidade de venda garantida de energia – assegurada pelos contratos futuros de longo prazo – antes mesmo que o empreendimento tenha saído do papel. Isto implica em uma redução dos riscos e incertezas associadas ao projeto e, contribui, conseqüentemente, para a redução dos custos de geração de energia elétrica, uma vez que os investidores exigirão uma taxa interna de retorno proporcionalmente mais baixa para a construção do projeto. É exatamente por este motivo que os leilões de energia nova são organizados com bastante antecedência. Como mencionado, os leilões seguem a formatação “A-5” e “A-3”, ou seja, são realizados cinco ou três anos antes do primeiro ano de entrega física de energia. Essa escolha de formatação não se dá por acaso. Estes são os prazos médios de construção de usinas hidrelétricas de grande porte (5 anos) e de usinas termelétricas (3 anos). Desta maneira, as distribuidoras, via o pool comprador, podem cobrir a maior parte de suas necessidades de contratação de energia nova com 5 anos de antecedência, adquirindo energia em um leilão cujo preço é teoricamente inferior, uma vez que espera-se uma maior concentração de energia hidrelétrica em leilões do tipo “A-5”. Posteriormente, nos leilões “A-3”, as distribuidoras podem realizar um ajuste mais fino de suas necessidades contratuais, dado que as informações disponíveis em “A-3” contribuirão para uma estimativa mais precisa da demanda das distribuidoras, se comparada com aquelas estimativas realizadas em “A-5”. Este mecanismo coloca as distribuidoras diante de um *trade-off* entre os custos de aquisição mais baixos em leilões “A-5” (controlando-se para os demais fatores) e o maior nível de previsibilidade da demanda em “A-3” com seu conseqüente benefício, que se dá via a redução do risco de perdas econômicas advindas de um nível de contratação ineficiente.

Para PUC-Rio (2006) a decisão ótima das distribuidoras no que diz respeito aos níveis de contratação em cada leilão afetam, em última instância, a maneira como se dá a expansão física do sistema. A sinalização advinda da demanda das distribuidoras é a responsável no SIN (Sistema Interligado Nacional) pela decisão da alocação de capital gerador de energia elétrica entre os distintos períodos de tempo, além é claro, dos

parâmetros estabelecidos pelo MME que determinam a quantidade mínima de investimento em fontes termelétricas de geração e em fontes advindas de energia alternativa (solar, eólica, dentre outras).

### **3.7- Viabilidade Econômica de uma PCH**

Segundo o Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul - BRDE (2002), a viabilidade econômica de uma PCH depende, principalmente, do preço de venda da energia e dos investimentos realizados por MWh gerado. Outras variáveis também afetam a rentabilidade, como o tempo de instalação da usina, o nível de utilização da capacidade instalada, os custos administrativos e operacionais e os encargos financeiros dos financiamentos contratados.

O instrumento analítico, que agrega todas as variáveis envolvidas, é o cálculo do retorno econômico do projeto sintetizado pela Taxa Interna de Retorno (TIR), que determina a remuneração básica dos capitais investidos.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é definida como a taxa de juros (ou de desconto) que torna nulo o valor presente do Fluxo de Caixa do Projeto. Para o seu cálculo é necessário, portanto, que se determine o Fluxo de Caixa do Projeto.

Valor Presente (VP) ou Valor Presente Líquido (VPL) é a diferença entre o valor investido e o valor resgatado ao fim do investimento, trazidos ao valor presente. Se VP for positivo, então o valor investido será recuperado e haverá um ganho. Se VP for zero significa que aplicar ou não fará diferença. Agora se VP for negativo significa que o investidor estará resgatando um valor menor que o valor investido, então não se deve aplicar neste investimento.

O Fluxo de Caixa do Projeto, sobre o qual será calculada a Taxa Interna de Retorno (TIR), é formado pela soma do Resultado Contábil do Projeto com as Depreciações e as Liberações do Financiamento a ser concedido, abatidos os Investimentos e as Amortizações (principal) do Financiamento (tabela 9).

Para o BRDE (2002), o Resultado Contábil do Projeto é calculado pela diferença entre as receitas obtidas pela venda da energia elétrica e os custos (incluindo as depreciações), descontados os impostos, taxas e contribuições (tabela 10).

**Tabela 9-** Demonstrativo do resultado contábil

<b>Especificações/ Ano</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>...</b>	<b>30</b>	<b>Observações</b>
<b>1. Receita Bruta</b>						Receita anual da venda de energia elétrica
<b>2. Tributos</b>						Impostos Indiretos que incidem sobre faturamento
2.1 ICMS						Incide somente se a venda for direta ao consumidor
2.2 COFINS						Alíquota de 3% sobre o faturamento
2.3 PIS						Alíquota de 0,65% sobre o faturamento
2.4 CPMF						Alíquota de 0,38% sobre o faturamento
<b>3. Receita Líquida</b>						Receita Bruta - Tributos
<b>4. Custos</b>						Custos Adm/Op + Depreciações + Juros do Financ.
4.1 Custos Adm/Oper.						Variam de R\$ 4,00 a R\$ 10,00 / MWh
4.2 Depreciações						Depreciação linear dos investimentos em 30 anos
4.3 Juros Financiam.						Total dos juros pagos por ano
<b>5. Lucro Líquido antes do IR (imposto de renda)</b>						
<b>6. Impostos sobre Lucro</b>						Impostos Diretos que incidem sobre o lucro
6.1 Imposto de Renda						Alíquota de 15% sobre o LL (lucro líquido)
6.2 Adicional de IR						Alíquota de 10% s/LL que exceder R\$ 240 mil/ano
6.3 Contr. Social s/ LL (lucro líquido)						Alíquota de 8% sobre o LL
<b>7. Lucro Líquido após IR</b>						<b>Lucro Líquido do Projeto</b>

Fonte: BRDE (2002)

**Tabela 10-** Fluxo de caixa do investimento

<b>Especificações/ Ano</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>...</b>	<b>30</b>	<b>Observações</b>
<b>Entradas de Caixa</b>						LL após IR + depreciações + liberações do financ.
LL (lucro líquido) após IR (imposto de renda)						Linha "7" do quadro anterior
Depreciações						Linha "4.2" do quadro anterior
Liberações do Financiam.						Quadro de usos e fontes do projeto (tabela 11)
<b>Saídas de Caixa</b>						Investimento + amortizações do financiam.
Investimentos						Quadro de usos e fontes do projeto (tabela 11)
Amortizações do Financ.						Esquema de amortização do financiamento
<b>Saldo Anual de Caixa</b>						<b>Fluxo de Caixa p/cálculo da TIR do empreendedor</b>

Fonte: BRDE (2002)

**Tabela 11- Usos e Fontes**

<b>USOS</b>
TERRENO
ESTUDOS E PROJETOS
OBRAS CIVIS E INSTALAÇÕES
INSTALAÇÕES ESPECIAIS
MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
NACIONAIS
IMPORTADOS
USADOS
VEÍCULOS UTILITÁRIOS E/OU DE CARGA
MÓVEIS E UTENSÍLIOS
DESPESAS PRÉ-OPERACIONAIS
INFORMATIZAÇÃO (EQUIPAMENTOS E PROGRAMAS)
ATIVOS INTANGÍVEIS (ESPECIFICAR)
CAPITAL DE GIRO
OUTROS
<b>FONTES</b>
RECURSOS PRÓPRIOS
AUMENTO DE CAPITAL
REINVERSÃO DE LUCROS
FINANCIAMENTOS
"BANCO"
OUTROS

**Fonte:** BRDE (2002)

Para determinar a rentabilidade do projeto utiliza-se a “Taxa Interna de Retorno sem Financiamento”. Para seu cálculo devem ser eliminadas as linhas correspondentes ao financiamento, ou seja, os “juros do financiamento” e as linhas das “liberações” e das “amortizações”.

Os valores adequados para a Taxa Interna de Retorno devem ser, aproximadamente, igual ao retorno esperado para outros investimentos no país da mesma classe de riscos, considerando os prazos da concessão das PCH’s de trinta anos. Ocorre que não estão disponíveis séries históricas de rentabilidade real de empreendimentos segmentados por classe de risco no Brasil.

Segundo Pigatto (2007), apenas na fase da construção, uma usina de potência de 10 MW deve pagar os seguintes impostos:

- Imposto de Renda da Pessoa Jurídica- IRPJ
- Contribuição Social sobre o Lucro Líquido- CSLL
- Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços- ICMS

- Imposto sobre Serviços- ISS
- Plano de Integração Social e Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público- PIS/PASEP
- Contribuição para Financiamento da Seguridade Social- COFINS
- Contribuição Provisória sobre Movimentação Financeira (vigorou de 1997 a 2007)- CPMF
- Imposto Territorial Rural- ITR
- Imposto de Transmissão de Bens Imóveis IR sobre Aplicação Financeira- ITBI
- Contribuição ao INSS devida pelo Empregador- INSS
- Fundo de Garantia por Tempo de Serviço- FGTS

Esses impostos estão exemplificados na tabela 13 e mostram que o total gasto com impostos na fase de construção da PCH passa de 30% do investimento.

Os preços de venda da energia elétrica gerada pelas PCH's são estabelecidos entre as partes por meio de negociações bilaterais. A tendência é que os valores negociados converjam para algo próximo do valor normativo (VN) ou valor de compra da energia, estabelecido pela ANEEL.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2010), foram realizados leilões de fontes alternativas de energia elétrica (A-3 e Reserva), que resultaram na contratação de 2.892,2 MW de potência instalada. Em volume de energia, essa capacidade corresponde a 1.159,4 MW médios. Foram contratadas 70 centrais eólicas, 12 termelétricas à biomassa e sete pequenas centrais hidrelétricas (PCH's). Os 89 projetos receberão investimentos de aproximadamente R\$ 9,7 bilhões. Os resultados estão representados na tabela 12:

**Tabela 12-** Resultado final dos leilões de energias renováveis

Fonte	Projetos contratados	Potência instalada (MW)	Energia negociada (MWmédios)	Preço médio (R\$/MWh)
Eólica	70	2.047,8	899	130,86
Biomassa	12	712,9	190,6	144,20
PCH	7	131,5	69,8	141,93
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	<b>2.892,2</b>	<b>1.159,4</b>	<b>133,56</b>

Fonte: EPE (2010)

**Tabela 13-** Impostos para a fase de construção de uma usina.

	TOTAL investimento	ICMS	PIS	COFINS	ITBI	ITR	ISS	IRPJ/ CSLL	FGTS	INSS	CPMF	IR / APLIC.
		18%	0,65%	3%	2%	4%	5%	5%	8%	28%	0,38%	25%
Construção	34.130	2.163	219	1.013	-	-	249	1.707	1.265	4.571	130	-
Obras Civas	18.900	-	123	567	-	-	95	945	1.058	3.704	72	-
Fornecimento de equipamentos	7.560	1.361	49	227	-	-	-	378	-	-	29	-
Montagem eletromecânica	1.384	-	9	42	-	-	69	69	111	387	5	-
Sistema de transmissão	1.899	342	12	57	-	-	-	95	-	-	7	-
Engenharia executiva	1.200	-	8	36	-	-	60	60	67	336	5	-
Outros	3.188	460	18	84	-	-	26	159	29	143	12	-
Custos Sócio Ambientais	5.077	-	18	82	47	61	145	237	231	810	19	-
Administração do proprietário	1.531	17	-	-	-	-	18	77	12	41	6	-
Custos Pré-operacionais	1.050	-	7	32	-	-	53	53	84	294	4	-
Outros	212	-	-	1	-	-	2	2	3	9	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>42.000</b>	<b>2.179</b>	<b>244</b>	<b>1.127</b>	<b>47</b>	<b>61</b>	<b>466</b>	<b>2.075</b>	<b>1.595</b>	<b>5.726</b>	<b>159</b>	<b>394</b>
<b>Valores estimados</b>	<b>14.073</b>											
	<b>33,51%</b>											

Fonte: Pigatto (2007)

### **3.8- A Inserção das Pequenas Centrais Hidrelétricas no Mercado**

Segundo Lemos (2010), nos próximos anos, a matriz energética brasileira passará por importantes transformações. O desenvolvimento crescente do País aliado ao aumento da produção coloca o setor de infraestrutura e, mais especificamente, energético, no foco dos investimentos. Dos R\$ 175 bilhões previstos para serem empregados em geração de energia na próxima década, R\$ 47,6 bilhões serão destinados a fontes alternativas, de acordo com o Ministério de Minas e Energia.

Projeções da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) indicam que nos próximos anos as fontes alternativas vão agregar mais 14,6 mil MW à capacidade do país. Desse total, 3,9 mil MW serão de PCH's, contra 5,4 mil MW de usinas a biomassa, e 5,3 MW de usinas eólicas. Por conta disso, a EPE listou as fontes alternativas como prioridade no Plano Decenal de Expansão da Energia (PDE) 2010 - 2019.

Para a Revista Grandes Construções (publicação em 07/12/2010), mesmo a participação da energia eólica sendo menor na matriz de geração energética (PCH com 3,17%, eólica com 0,97% e biomassa com 6,8%), atualmente as usinas eólicas estão conquistando um mercado que pertencia às PCH's, devido a algumas vantagens fiscais e subsídios governamentais que foram outorgados ao setor, colocando as PCH's em desvantagem competitiva. Para reverter o quadro, os investidores defendem medidas fiscais de apoio do governo, assim como flexibilidade de normas de implantação que possam permitir o aumento de investimentos no setor.

Um dos principais entraves é o conjunto de regras estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para novas PCH's. As regras estabelecem, entre outros pontos, prazo para elaboração e entrega de estudos das usinas e depósitos de garantia de execução pelos investidores. As medidas, aprimoradas pela ANEEL em 2008, visavam eliminar especuladores, mas acabaram aumentando os custos para as usinas.

Segundo Lemos (2010) um bom exemplo de como as grandes empresas estão se preparando para essa nova realidade, na qual os recursos energéticos assumem uma relevância cada vez maior, vem da Volkswagen. Para garantir fornecimento futuro e diminuir gastos, a empresa, em sociedade com outra companhia que atua no setor energético, construiu a sua própria PCH. A capacidade instalada de 22,7 megawatt-hora

corresponde a 18% do consumo da montadora no Brasil. O empreendimento de R\$ 130 milhões, com financiamento do BNDES e de acionistas, já demonstra ter sido um bom negócio: além de economizar e de garantir uma matriz energética mais limpa, há os benefícios fiscais concedidos e a previsão de retorno do investimento num prazo de 6 a 7 anos.

Muitas empresas tem feito investimentos em energia eólica. A empresa Wobben Windpower, empresa de origem alemã que atua há 15 anos no País, instalará 21 novas usinas até 2012.

A Light, por exemplo, deve investir em 2011 algo em torno de R\$ 1 bilhão de reais – 40% acima do orçamento de 2010 – para projetos de geração de energia.

A Celesc Holding pretende ampliar a atuação da sua subsidiária, redesenhando a estrutura de funcionamento da Celesc Geração, que controla 12 pequenas centrais hidrelétricas com 82 MW de capacidade instalada. A empresa tem planos de investir R\$ 400 milhões em geração até 2012 para alcançar um parque gerador de 300 MW.

Já a ERSA – Energias Renováveis SA é um bom exemplo da migração de investidores de PCH para eólicas. A empresa teve projetos no segmento eólico aprovados no último leilão de energias renováveis. Mesmo assim, até o primeiro semestre do ano que vem ela prevê a conclusão de obras de sete novas PCH's, com investimentos de R\$ 750 milhões e financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e de outras instituições financeiras, encerrando o ciclo inicial de investimentos.

De acordo com a Revista Grandes Construções (publicação em 07/12/2010), o Grupo EDP no Brasil, empresa do grupo Energias de Portugal, anunciou a aquisição de dois projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) no estado do Mato Grosso. Os projetos, adquiridos somam 49,5 MW de potência instalada e 27,5 MW médios de energia assegurada com um investimento de R\$ 304 milhões.

A Cemig continua sendo uma das maiores investidoras em PCH do país. O objetivo da empresa é chegar a 20% do mercado de energia até 2020.

A empresa Enerbio Energias Renováveis e Meio Ambiente Ltda está em seu décimo terceiro estudo de projeto e de inventário hidroenergético para PCH's que recebe o aceite da ANEEL. Junto com os outros estudos anteriormente elaborados, a empresa paranaense, que completou 10 anos em novembro, já soma mais de 215 MW, apenas de fontes renováveis.

A Copel vai iniciar em breve as obras de construção de uma pequena central hidrelétrica com 19 megawatts de potência e capacidade para suprir o consumo de uma comunidade com 50 mil habitantes que deverá demandar investimentos estimados em R\$ 120 milhões. O início de produção de eletricidade está previsto para o início de 2013. Cada megawatt-hora da PCH foi comercializado ao preço de R\$ 146,99 e os contratos assegurarão à Copel uma receita total no ambiente regulado de R\$ 293 milhões.

Já na parte financeira, os incentivos fiscais são pontos fundamentais para fazer das pequenas e médias centrais hidrelétricas um investimento viável. As PCH's são fontes de energia incentivadas, o que possibilita a redução de 50% na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), tanto para o consumidor que compra sua energia, quanto para o empreendedor. Além disso, a PCH está isenta de pagamento pelo uso da água (Compensação Financeira pelo Uso do Recurso Hídrico). Essas duas isenções são bastante significativas do ponto de vista econômico-financeiro.

Em termos de mercado, o crescimento para os próximos 10 anos é uma questão que possui muitos contornos e passará, também, pelo grande bloco de energia de usinas que terão sua renovação de concessão, ou não, a partir de 2015. Esse fator, somado às usinas estruturantes, ditará o impacto de crescimento nos próximos anos para as PCH's, além de políticas e leilões de incentivo para fontes alternativas.

Em termos de investimentos, a estimativa de crescimento do PIB para o ano de 2010 está, segundo os especialistas, em torno de 5%, é de se esperar que um bom percentual seja destinado ao setor de energia e desta forma à indústria de PCH's (Revista Grandes Construções, publicação em 07/12/2010).

### **3.9- Mercado Nacional de Equipamentos Hidromecânicos**

Segundo a EPE (2011), o crescimento do mercado de geração de energia é função do crescimento do PIB, do crescimento populacional e da intensidade energética. Historicamente, a demanda de energia cresce, em média, aproximadamente 1,0 a 1,5 vezes a variação do PIB.

Segundo a Fundação Getulio Vargas -FGV espera-se um crescimento do PIB em 2011 da ordem de 4,5%. Assim, neste ano teremos um crescimento da demanda de energia elétrica da ordem de  $(4,5\% \times 1,4) = 6,3\%$  que, sobre a base instalada (110.000

MW), resulta num crescimento de aproximadamente 7.000 MW, ou seja, mais do que a potência instalada das usinas de Santo Antônio e Jirau, no rio Madeira.

Atualmente existe a inserção de equipamentos estrangeiros (principalmente da China) no mercado nacional. Todos os países do mundo, por mais liberais que sejam, têm sempre uma política de proteção aos seus produtos, seja através de taxaões, subsídios à sua indústria, ou uma política cambial que mantém sua moeda artificialmente depreciada em relação ao dólar, ou ao euro.

Segundo opinião de um fabricante nacional de equipamentos hidromecânicos, o Brasil também deveria se proteger, caso contrário, permanecerá exportando empregos e produtos primários e importando produtos manufaturados com alto valor agregado. Para o fabricante, o Governo deveria rever a questão da importação de produtos que têm similar nacional, taxando-os pesadamente, porém não é isto que vem sendo praticado (Informação Verbal<sup>1</sup>).

Um segundo fabricante nacional, afirma que o governo brasileiro reconheceu a China como Economia de Mercado, na esperança de receber seu apoio, porem, isso não ocorreu, e o Brasil hoje, compra produtos chineses com baixo custo e baixa qualidade. Já a Argentina, taxou pesadamente produtos de linha branca (geladeiras, lavadoras, etc.), carne e outros produtos brasileiros e como no caso chinês, o Brasil não fez qualquer tipo de retaliação (Informação Verbal<sup>2</sup>).

Observando o lado do empreendedor, cabe a ele, analisar o custo dos equipamentos assim como a qualidade dos equipamentos.

Segundo publicação do Jornal da Energia (19/01/2011), o setor de indústrias elétricas e eletrônicas está pedindo ao ministro do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, medidas compensatórias para enfrentar a valorização do real. Entre as propostas estão o aumento dos impostos de importação de produtos eletrônicos e a desoneração fiscal nas folhas de pagamento para as indústrias do setor.

---

1 Informação Verbal: Cedida em 10/01/2011. Uso com permissão.

2 Informação Verbal: Cedida em 15/01/2011. Uso com permissão.

De acordo a Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica- Abinee (Agência Brasil, 2011), o Brasil tem que aumentar os impostos de importação para barrar a entrada de produtos chineses no país. O país usa a alíquota de 12% para taxar os importados, bem abaixo do permitido pela Organização Mundial do Comércio (OMC), que é de até 35%. A outra medida proposta pela Abinee pretende diminuir o custo da mão de obra para o setor, considerado muito alto. A desoneração fiscal nas folhas de pagamento seria feita de acordo com a proporção das exportações das empresas.

No setor de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (GTD), as exportações 2010 devem fechar em números próximos a US\$ 740 milhões, o que representará uma retração de 12% frente a 2009. O número também fica bastante abaixo das vendas externas de 2008, que somaram US\$865 milhões. Já as importações no setor podem alcançar US\$ 491 milhões, montante próximo dos US\$ 493 milhões de 2009 e dos US\$ 498 milhões somados em 2008 (Abinee, 2011).

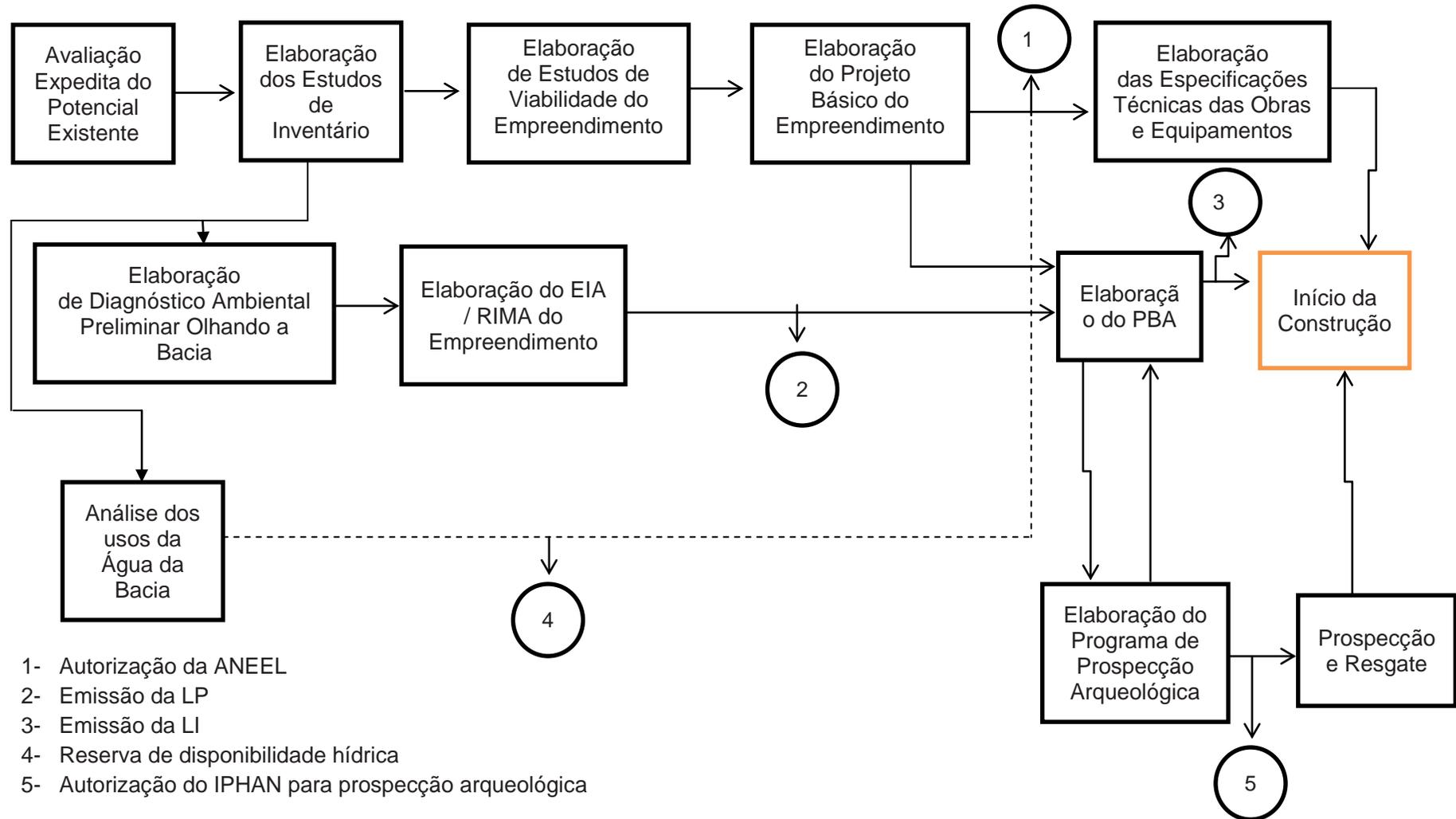
### **3.10- Análise da Geração de Empregos para Pequenas Centrais Hidrelétricas**

Para análise de empregos diretos na fase de estudos e projetos de pequenas centrais hidrelétricas observa-se os aspectos de engenharia, passando pela análise do potencial local, seguido da elaboração de estudos de inventário hidrelétrico do curso d'água em questão, de estudos de viabilidade do sítio e finalmente a elaboração do projeto básico do empreendimento.

Pelo lado do meio-ambiente, deve-se realizar um diagnóstico ambiental, seguido de estudos de impacto ambiental e por ultimo a definição do projeto básico ambiental da PCH.

Segundo Tiago Filho et al (2008), estes estudos e projetos demandam uma intrincada rede de profissionais, compondo equipes multidisciplinares com a finalidade de avaliar todas as variáveis que definem a viabilidade técnica e ambiental de um empreendimento. A figura 16, a seguir, mostra de maneira simplificada, a relação dos estudos e projetos que são elaborados desde o inicio da decisão de se explorar um possível potencial hidroenergético.

**Figura 16-** Diagrama Simplificado dos Estudos e Projetos a serem Desenvolvidos para a definição de um aproveitamento hidroelétrico



**Fonte:** Tiago Filho et al. (2008)

A tabela 14 mostra a distribuição da mão-de-obra, bem como sua qualificação nas diversas fases de estudos e projetos até a implantação, considerando um empreendimento padrão com potencia de 20 MW. Deve-se ressaltar que a alteração de potência dentro de uma faixa entre 5 MW e 30 MW, não implica em redução substancial de custo nestas fases de estudo e projeto. Basicamente a redução se dará quando a potencia reduzida conjugada com a simplicidade das estruturas permitir simplificações e inferências visuais nos levantamentos de campo e projetos.

Tiago Filho et al. (2008) também mostra a despesa anual de uma PCH com operação, manutenção e administrativos é de aproximadamente R\$ 630 mil reais, ou seja, para uma potencia de instalação de 20 MW, o custo de operação e manutenção é de aproximadamente 7,50 R\$/MWh. Para a fase de construção do aproveitamento, a massa salarial é aproximadamente R\$ 6 milhões.

Segundo os autores (op. cit.), o valor da produção a preços básicos possui dois componentes. O primeiro – o consumo intermediário – abrange todos os bens e as matérias-primas necessários para se produzir o bem final, também chamados de insumos. O segundo – o valor adicionado –, como o próprio nome diz, representa o que a mais foi acrescentado ao conjunto de bens intermediários. Ou seja: a remuneração da força de trabalho e do capital utilizados para fabricar um produto, conforme mostra a tabela 14.

**Tabela 14-** Mão de obra para etapas dos estudos

<b>Etapa</b>	<b>Mão de obra de nível superior</b>	<b>Mão de obra de nível médio / técnico</b>	<b>Mão de obra sem qualificação</b>	<b>Total</b>
<b>1) Levantamento de campo para Engenharia</b>				
1.1 hidrometria e qualidade de água	3	3	2	8
1.2 Geologia/ geotecnia	2	2	6	10
1.3 Topografia	1	2	4	7
<b>2) Projeto Básico</b>				
2.1 Estudos hidrológico/ energéticos	1	1		2
2.2 Estudos de arranjo	3	1		4
2.3 Estudos eletro-mecânicos	2	2		4
2.4 Coordenação	3			3
2.5 Desenhos		3		3
2.6 Administrativo	1	3	1	5
<b>3) Levantamento de campo para Meio Ambiente</b>				
3.1 Ictiofauna	1		2	3
3.2 Flora terrestre	1		2	3
3.3 Fauna terrestre	1		2	3
3.4 Flora/ fauna aquática	1			1
3.5 Sócio- economia	2			2
<b>4) EIA / RIMA</b>				
4.1 Diagnósticos	5			5
4.2 Definição de impactos	5			5
4.3 Definição de medidas mitigadoras	4			4
4.4 Coordenação	1			1
4.5 Desenhos		4		4
4.6 Administrativo	1	3	1	5
<b>5) PBA</b>				
5.1 Detalhamento de planos e programas	12			12
5.2 Coordenação	3			3
5.3 Desenhos		3		3
5.4 Administrativo	1	3	1	5
<b>6) Especificações técnicas</b>	3	1		4
<b>7) Arqueologia</b>				
7.1 Levantamentos	1	2	2	5
7.2 Catalogação e resgate	1	1	5	7
7.3 Coordenação	1			1
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>34</b>	<b>28</b>	<b>122</b>

**Fonte:** Tiago et al., 2008.

O emprego efeito-renda é obtido a partir da incorporação de um componente da demanda final na modelagem: o consumo privado. Isso se justifica pelo fato de o consumo privado representar mais de 60% da renda. Parte da receita das empresas obtida em decorrência da venda de seus produtos se transforma em renda dos trabalhadores ou dos empresários, por meio do pagamento de salários ou do recebimento de dividendos. Ambos gastarão parcela de sua renda consumindo bens e serviços diversos, segundo seu perfil de consumo, estimulando a produção de outros setores e realimentando o processo de geração de emprego (Tiago et al., 2008).

A tabela 15 apresenta resumo dos resultados obtidos pelo BNDES, em relação a geração de empregos, com o aumento de demanda de 1 milhão de reais em diferentes seguimentos da economia.

**Tabela 15-** Empregos gerados com o aumento da demanda de R\$ 1 milhão

Setor	Direto	Indireto	Efeito renda	Total
Máquinas e equipamentos	10	12	60	82
Material elétrico	6	18	56	80
Equipamentos eletrônicos	5	12	46	63
Automóveis, caminhões e ônibus	2	17	49	68
Peças e outros veículos	7	19	55	81
Madeira e mobiliário	37	38	65	140
Construção civil	20	12	67	99
Comércio	60	12	59	131
Transportes	35	14	54	103
Comunicações	5	6	65	76
Instituições financeiras	8	10	59	77
Serv. Prest. À família	75	17	59	151
Serv. Prest. À empresa	37	9	61	107
Aluguel de imóveis	2	1	71	74
Administração pública	23	13	65	101

**Fonte:** Tiago et al.(2008).

Os estudos realizados apontam que um empreendimento padrão, PCH de 20 MW, geraria 5.164 empregos diretos, indiretos e de efeito-renda.

Estima-se com a implantação de novos empreendimentos a geração de 150 mil empregos diretos e indiretos durante a construção e a operação dos empreendimentos, sendo 45 mil gerados pelas PCH's. Para uma PCH de aproximadamente 20 MW, serão criados novos 5.000 empregos (Tiago et al., 2008).

## Capítulo 4- Materiais e Métodos

### 4.1- Método da Projeção da Demanda de Energia

O presente trabalho envolveu o uso da planilha em Microsoft® Excell® de Regina Mambeli Barros<sup>1</sup> (informação pessoal), assim como metodologia proposta em Tiago Filho, Barros e Silva (2008) e Barros et al. (2011). Com os dados assim obtidos, nesse trabalho, efetuou-se um prognóstico do acréscimo anual da capacidade instalada de Potência e de Energia, assim como de oportunidades de empregos diretos decorrentes, de custos e arrecadação de impostos, todos decorrentes desse incremento.

A metodologia utilizada no presente trabalho envolveu os passos descritos a seguir:

Levantamento dos dados sobre capacidade instalada de PCH's, em bases de dados como da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2004; ANEEL, 2005; ANEEL, 2006; ANEEL, 2007; ANEEL, 2008; ANEEL, 2009; ANEEL, 2010), como fora também utilizado em Tiago Filho, Barros e Silva (2008) e Barros et al. (2009);

Levantamento dos dados de PIB do Brasil junto banco de dados SIDRA® do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, s.d.), para os anos de 1994 a 2010. Para os anos de 2011 em diante, utilizou-se como fonte de dados, o Relatório da Fundação Getúlio Vargas para o IBGE (FGV, 2008).

Levantamento dos dados sobre a População, quer seja em Censo, quer seja em contagem, também junto ao SIDRA® do IBGE, para os anos de 1872, 1890, 1900, 1920, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 1996, 2000, 2007 e 2010;

Em seguida, foi utilizada a formulação proposta em Von Sperling (2005) para crescimento da população, com base em planilha em Microsoft® Excell® desenvolvida por Tiago Filho, Barros e Silva (2008);

Utilização da planilha desenvolvida por Tiago Filho, Barros e Silva (2008); para determinação dos coeficientes que mais bem descrevem as equações da curva de crescimento logístico [a;b] da capacidade instalada de PCH's, com auxílio do Solver® do Microsoft Excell®, para simulação dos valores de capacidade instalada de saturação de PCH's: 10.000 MW, 15.000MW, 20.0000MW e 25.000MW;

---

<sup>1</sup> Informação pessoal: planilha cedida pela autora em 10/04/2010. Uso da mesma com permissão.

Comparação dos valores obtidos para capacidade instalada de PCH's com os dados do Plano Decenal de Energia (EPE, 2010) e com a Matriz Energética de 2030 (ANEEL, 2007);

Utilização da planilha desenvolvida por Tiago Filho, Barros e Silva (2008); para determinação dos coeficientes que mais bem descrevem as equações da curva de taxa decrescente de crescimento [Ps;KD] da capacidade instalada de PCH's, com auxílio do Solver® do Microsoft Excell®; para fins de verificação da adequabilidade dos valores simulados com os dados disponíveis na ANEEL;

Escolha pela curva que mais se adequou aos dados da previsão do Plano Decenal de Energia (EPE, 2010): crescimento logístico versus taxa decrescente de crescimento;

Em seguida, utilizou-se a metodologia proposta por Tiago Filho; Barros e Silva (2011) para correlação entre a capacidade instalada de PCH's com o PIB. Para tanto, foi utilizada a planilha em Microsoft® Excell® desenvolvida por Regina Mambeli Barros<sup>2</sup> (informação pessoal). Para alimentar essa planilha, houve a utilização do dado de previsão de PIB da Price® WaterhouseCoopers® (PWC, 2010) para o PIB brasileiro em 2050. A planilha permite obter a correlação entre as variáveis de Potência Instalada e PIB, com a obtenção de equação linear de ajuste e com a posterior obtenção da Potência Instalada para o PIB de 2050, conforme metodologia definida por Tiago Filho; Barros e Silva (2011).

Como efetuado em Tiago Filho; Barros e Silva (2011) foi verificado o  $\delta$ s, ou seja, a diferença entre a Potência Instalada, ou seja entre a Potência do PIB e a simulada. Esta diferença se deu conforme a metodologia proposta por Tiago Filho; Barros e Silva (2011) entre o ano para se dar a saturação nas curvas de crescimento e o respectivo valor na curva de correlação do PIB;

Após a verificação da melhor Potência (Capacidade Instalada) para a melhor curva, comparativamente ao PDE foi elaborado um prognóstico gráfico de acréscimo anual de Potência Instalada e de Energia acrescida;

Prognóstico do custo para implantação das PCH's conforme dados unitários (R\$/MWinstalado), conforme descrito em Tiago Filho et al. (2010), com dados de Pigatto (2007) sobre os impostos previstos a serem incididos nesse período de implantação.

---

<sup>2</sup> Informação pessoal: planilha cedida pela autora em 10/04/2010. Uso da mesma com permissão.

Com os valores obtidos sobre impostos incidentes, fez-se o prognóstico da arrecadação de receitas pelo Governo Federal;

Com os valores sobre o acréscimo de Potência Instalada, pode-se verificar, por meio do uso do valor unitário (Oportunidades de Empregos Diretos versus Capacidade Instalada) descrito em Tiago Filho et al. (2008), foi possível fazer o prognóstico da quantidade anual de empregos que seriam gerados no mercado em função do aumento da capacidade instalada de PCH's ora simulado.

Modelos de crescimento são habitualmente usados na projeção de crescimento populacional para aplicação em projetos de obras de Estação de Tratamento de Água e Estação de Tratamento de esgotos, por exemplo. De acordo com Von Sperling (2005), os principais métodos utilizados para as projeções populacionais são apresentados a seguir:

a) Projeção Aritmética (Von Sperling, 2005) :

Crescimento populacional segundo uma taxa constante. Método utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise de regressão.

$$P_t = P_0 + K_a * (t - t_0) \quad \text{Equação 4.1.1}$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0} \quad \text{Equação 4.1.2}$$

Onde:

$P_0, P_1, P_2$  = populações nos anos  $t_0, t_1, t_2$  (as fórmulas para taxa decrescente e crescimento logístico exigem valores equidistantes, caso não sejam baseadas na análise da regressão) (hab)

$P_t$  = população estimada no ano  $t$  (hab);  $P_s$  = população de saturação (hab)

$K_a, K_g, K_d, K_l, i, c$  = coeficientes

E a taxa de crescimento se dar por:

$$\frac{dP}{dt} = k_a \quad \text{Equação 4.1.3}$$

b) Projeção Geométrica (Von Sperling, 2005):

Crescimento populacional função da população existente a cada instante.

Utilizado para estimativas de menor prazo.

$$P_t = P_0 * (1 + i)^{(t-t_0)} \quad \text{Equação 4.1.4}$$

$$i = e^{K_g} - 1 \quad \text{Equação 4.1.5}$$

$$K_g = \frac{\ln(P_2) - \ln(P_0)}{t_2 - t_0} \quad \text{Equação 4.1.6}$$

Onde:

$P_0, P_1, P_2$  = populações nos anos  $t_0, t_1, t_2$  (as fórmulas para taxa decrescente e crescimento logístico exigem valores equidistantes, caso não sejam baseadas na análise da regressão) (hab)

$P_t$  = população estimada no ano  $t$  (hab);  $P_s$  = população de saturação (hab)

$K_a, K_g, K_d, K_l, i, c$  = coeficientes

E a taxa de crescimento se dar por:

$$\frac{dP}{dt} = k_g * P \quad \text{Equação 4.1.7}$$

c) Taxa decrescente de crescimento (Von Sperling, 2005):

Premissa de que, na medida em que a cidade cresce, a taxa de crescimento torna-se menor. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear.

$$P_t = P_0 + (P_s - P_0) * [1 - e^{-K_d * (t-t_0)}] \quad \text{Equação 4.1.8}$$

$$P_s = \frac{2 * P_0 * P_1 * P_2 - P_1^2 * (P_0 + P_2)}{P_0 * P_2 - P_1^2} \quad \text{Equação 4.1.9}$$

$$K_d = \frac{-\ln[(P_s - P_2) / (P_s - P_0)]}{t_2 - t_0} \quad \text{Equação 4.1.10}$$

Onde:

$P_0, P_1, P_2$  = populações nos anos  $t_0, t_1, t_2$  (as fórmulas para taxa decrescente e crescimento logístico exigem valores equidistantes, caso não sejam baseadas na análise da regressão) (hab)

$P_t$  = população estimada no ano  $t$  (hab);  $P_s$  = população de saturação (hab)

$K_a, K_g, K_d, K_1, i, c$  = coeficientes

E a taxa de crescimento se dar por:

$$\frac{dP}{dt} = k_d * (P_s - P) \quad \text{Equação 4.1.11}$$

d) Crescimento Logístico (Von Sperling, 2005; Purohit e Kandpall, 2005; Tiago Filho; Barros e Silva, 2011; Barros et al., 2008):

O crescimento populacional segue uma relação matemática, que estabelece uma curva em forma de S. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão linear.

$$P_t = \frac{P_s}{1 + c * e^{K_1 * (t - t_0)}} \quad \text{Equação 4.1.12}$$

$$P_s = \frac{2 * P_0 * P_1 * P_2 - P_1^2 * (P_0 + P_2)}{P_0 * P_2 - P_1^2} \quad \text{Equação 4.1.13}$$

$$c = \frac{(P_s - P_0)}{P_0} \quad \text{Equação 4.1.14}$$

$$K_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} * \ln \left[ \frac{P_0 * (P_s - P_1)}{P_1 * (P_s - P_0)} \right] \quad \text{Equação 4.1.15}$$

Onde:

$P_0, P_1, P_2$  = populações nos anos  $t_0, t_1, t_2$  (as fórmulas para taxa decrescente e crescimento logístico exigem valores equidistantes, caso não sejam baseadas na análise da regressão) (hab)

$P_t$  = população estimada no ano  $t$  (hab);  $P_s$  = população de saturação (hab) e

$K_a, K_g, K_d, K_1, i, c$  = coeficientes

E a taxa de crescimento se dar por:

$$\frac{dP}{dt} = k_1 * P * \left( \frac{P_s - P}{P_s} \right) \quad \text{Equação 4.1.16}$$

## Capítulo 5- Resultados e Discussões

### 5.1- Projeção da Demanda de Energia

O presente estudo foi realizado executando-se etapas. Pode-se observar a seguir, as análises realizadas com dados de População, Produto Interno Bruto (PIB), Potencia Instalada e Energia.

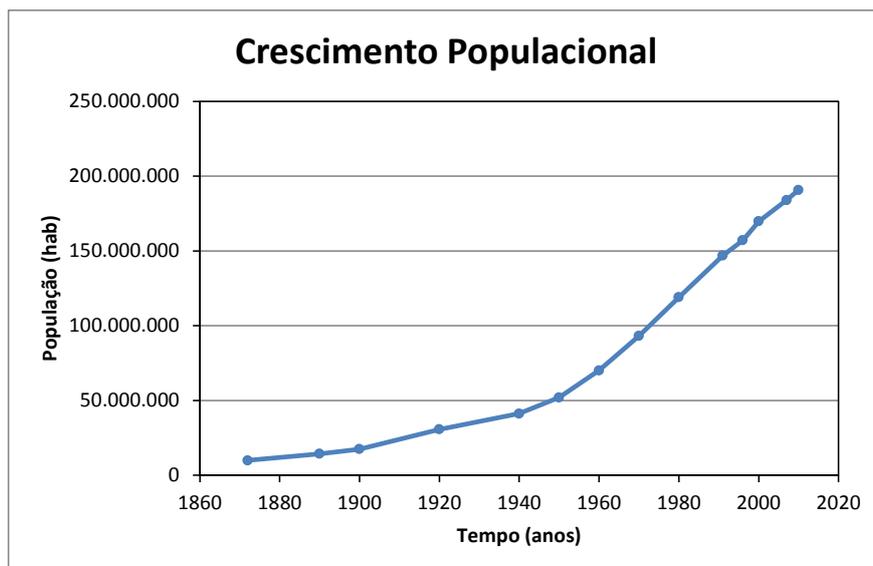
#### a) População:

Primeiramente realizaram-se projeções de população através de dados disponíveis do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2010). Foram utilizados os modelos: Aritmético, Geométrico, Taxa Decrescente de Crescimento e Logístico conforme mostrados no Capítulo 4. De acordo com IBGE, os dados de população estão descritos na tabela 16 e mostrados na figura 17.

**Tabela 16-** Dados de população do IBGE

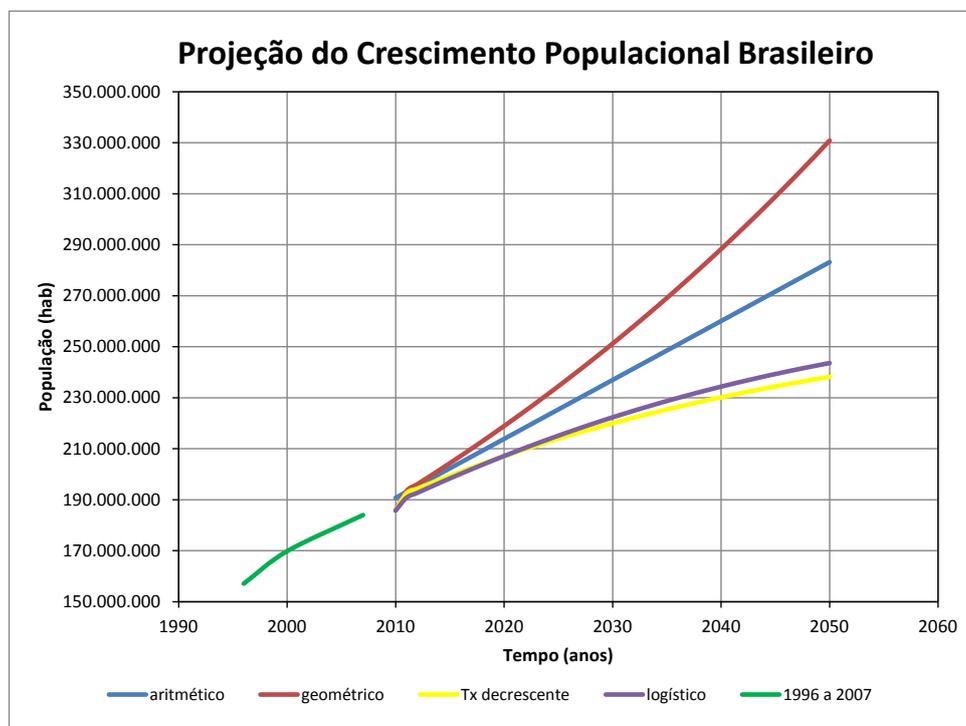
ANO	POPULAÇÃO (hab)
1872	9.930.478
1890	14.333.915
1900	17.438.434
1920	30.635.605
1940	41.236.315
1950	51.944.397
1960	70.070.457
1970	93.139.037
1980	119.002.706
1991	146.825.475
1996	157.070.163
2000	169.799.170
2007	183.987.291
2010	190.732.694

**Fonte:** IBGE (2010)



**Figura 17-** Crescimento Populacional Brasileiro  
**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em IBGE (2010)

Através dos dados expostos na tabela 16 foram realizadas as projeções até o ano de 2050, conforme mostra figura 18. Os dados utilizados para as projeções são referentes aos anos de 1991, 2000 e 2010 que são em média dez anos distantes entre si, conforme pede a literatura.



**Figura 18-** Projeção de Crescimento Populacional  
**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em IBGE (2010)

A tabela a seguir mostra a projeção de população realizada entre os quatro métodos. Pode-se observar que o crescimento logístico e a taxa decrescente de crescimento aproximaram-se. Isso ocorreu devido ao menor crescimento da população no Censo 2010.

**Tabela 17-** Comparativo entre as projeções de população (habitantes)

Ano	Projeção Aritmética	Projeção Geométrica	Crescimento Logístico	Taxa Decrescente de Crescimento
2015	202.287.225	204.327.172	198.329.595	199.374.495
2020	213.841.757	218.890.597	207.124.941	207.055.997
2025	225.396.288	234.492.030	215.114.619	213.883.911
2030	236.950.819	251.205.456	222.296.246	219.953.091
2035	248.505.351	269.110.132	228.690.576	225.347.848
2040	260.059.882	288.290.964	234.335.991	230.143.126
2045	271.614.413	308.838.910	239.283.123	234.405.540
2050	283.168.945	330.851.412	243.590.054	238.194.305

#### **b) Produto Interno Bruto (PIB):**

Segundo Mankiw (2009), o Produto Interno Bruto- PIB é o valor de mercado de todos os bens e serviços finais produzidos em um país, em um dado período de tempo. Soma vários tipos diferentes de produtos em uma única medida de valor da atividade econômica, para isso, usa preços de mercado. Como os preços de mercado medem o montante que as pessoas estão dispostas a pagar por diferentes bens, eles refletem o valor desses bens. Há, entretanto, alguns produtos que o PIB exclui por serem de difícil mensuração. O PIB desconsidera todos os itens produzidos e vendidos ilegalmente. Exclui também itens produzidos e consumidos em casa e que, portanto, nunca entram no mercado.

De acordo com o autor (op. cit.), o PIB inclui tanto bens tangíveis (alimentos, vestuário, carros, etc) quanto serviços intangíveis (corte de cabelo, faxinas, consultas médicas, etc). O PIB inclui somente o valor dos bens finais. O valor dos bens intermediários já está incluído no preço dos bens finais. Uma exceção importante a esse princípio surge quando um bem intermediário é produzido e, em vez de ser usado, é acrescentado ao estoque de bens de uma empresa para ser usado ou vendido em uma

data posterior. Nesse caso, o bem intermediário é considerado “final”, nesse momento, o seu valor como investimento em estoque é incluído como parte do PIB. Portanto os acréscimos ao estoque são somados ao PIB, quando o bem em estoque for, mais tarde, utilizado ou vendido, as reduções do estoque serão subtraídas do PIB.

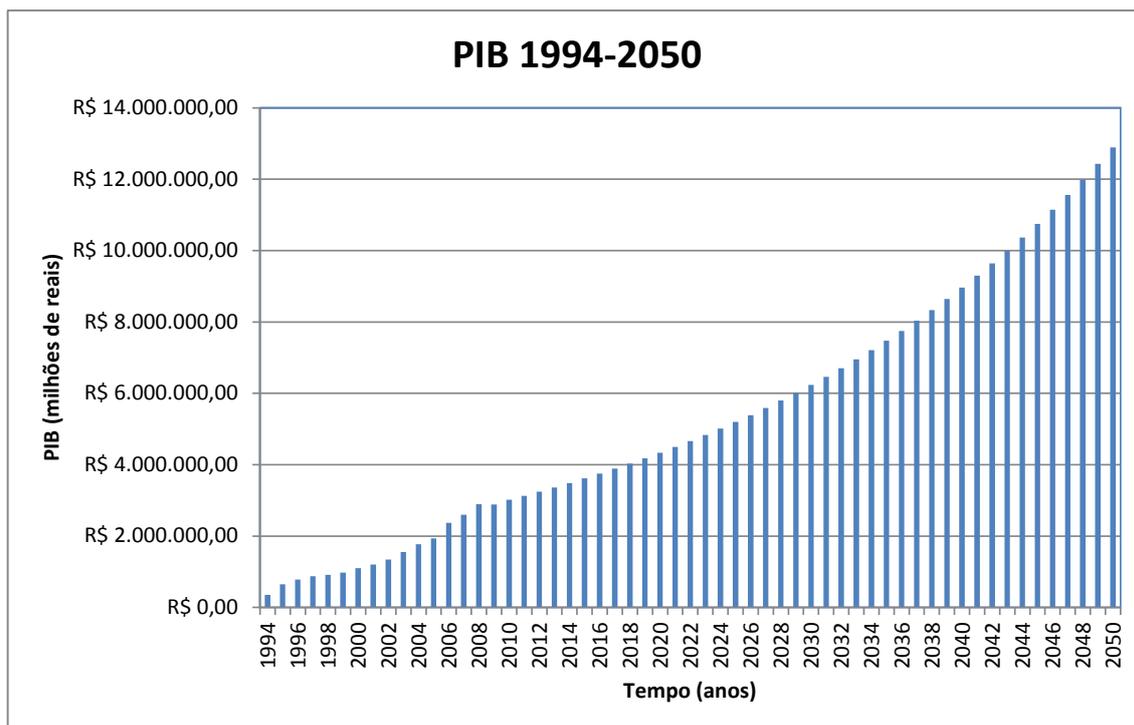
O PIB inclui os bens e serviços produzidos no presente dentro dos limites geográficos de um país e em um intervalo de tempo específico, que costuma ser de um ano ou um trimestre. Quando o governo divulga o PIB trimestral, apresenta os dados depois de terem sido modificados por um procedimento estatístico chamado ajustamento sazonal. Os dados não ajustados normalmente mostram com clareza que a economia produz mais bens e serviços em épocas do ano do que em outras, assim, ajustam os dados de maneira a excluir o ciclo sazonal (Mankiw, 2009).

Os dados históricos sobre o Produto Interno Bruto (PIB) foram coletados do banco de dados SIDRA, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE referentes aos anos de 1994 a 2009. Para o ano de 2010, a previsão é que seja entre 4,5% e 5%. Já para os anos seguintes, foi realizada uma progressão temporal, através da previsão realizada pelo Relatório - Previ da Fundação Getúlio Vargas (FGV) publicada em (20/08/2008) com crescimento do PIB brasileiro de 3,7% ao ano. A figura 19 representa a projeção do crescimento do PIB brasileiro até 2050.

**Tabela 18-** PIB brasileiro

Ano	PIB (milhões de Reais)
2004	1.769.202,00
2005	1.937.000,00
2006	2.369.797,00
2007	2.597.611,00
2008	2.889.718,00
2009	2.883.938,56
2010	3.013.715,80

**Fonte:** SIDRA, IBGE



**Figura 19-** Evolução do PIB brasileiro  
**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em FGV (2008) e SIDRA (2010)

A seguir, na tabela 19 está a lista de países organizados por ordem decrescente de Produto Interno Bruto (PIB) nominal, o valor total final de bens e serviços produzidos por uma nação em um dado ano. Na lista estão os dados referentes ao ano de 2010 segundo o Fundo Monetário Internacional- FMI. Todos os valores apresentados estão em dólares americanos.

**Tabela 19-** PIB, segundo FMI, em dólares americanos

Lugar	País	PIB (milhões de USD)
—	World	61,963,429
—	União Europeia	16,106,896
1	Estados Unidos	14,624,184
2	China	5,745,133
3	Japão	5,390,897
4	Alemanha	3,305,898
5	França	2,555,439
6	Reino Unido	2,258,565
7	Itália	2,036,687
8	Brasil	2,023,528
9	Canadá	1,563,664
10	Rússia	1,476,912

**Fonte:** FMI, atualizado em (2011)

### c) Capacidade Instalada:

Inicialmente conforme também apresentado em Barros *et al.* (2009), foram considerados os dados referentes aos relatórios da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) acerca da evolução da capacidade instalada de PCH's no Brasil (Tabela 20). Os dados da tabela 20 foram usados como os dados históricos da Capacidade Instalada Acumulada de PCH's de 2004 a 2009.

**Tabela 20-** Capacidade Instalada Acumulada de geração de energia em PCH's

ANO	POTÊNCIA INSTALADA (MW)
2004	1.219,57
2005	1.329,91
2006	1.673,06
2007	1.932,56
2008	2.459,30
2009	2.958,14
2010	3.248,00

O presente estudo fundamentou-se na curva de crescimento logístico  $P_{log} = f(t)$  (Equação 5.1.1) apresentada em Purohit e Kandpall (2005), assim como na curva com base em taxa decrescente de crescimento,  $P = f(t)$ , apresentada no Capítulo 4 (Von Sperling, 2005; Purohit e Kandpall, 2005; Tiago Filho; Barros e Silva, 2011, Barros et al. 2008).

$$P_{log}(t) = P_s \left[ \frac{e^{(a+b.t)}}{1+e^{(a+b.t)}} \right] \quad \text{Equação 5.1.1}$$

Onde os coeficientes de regressão  $a$  e  $b$  são calculados por uma regressão linear da forma *log-log* da Equação 5.1.2 como determinado pela equação 24.

$$\ln \left[ \frac{\left( \frac{P_{log}}{P_s} \right)}{1 - \left( \frac{P_{log}}{P_s} \right)} \right] = a + b.t \quad \text{Equação 5.1.2}$$

A Tabela 21 apresenta a evolução da capacidade instalada para diferentes fontes de geração ao longo do período de estudo (2010-2019) realizado pelo Plano Decenal de Expansão de Energia 2019.

**Tabela 21-** Evolução da Capacidade Instalada

Ano	UHE	Urânio	Gás Natural	Carvão	Óleo Combustível	Óleo diesel	PCH	Biomassa	Eólica
2010	83.169	2.007	8.860	1.765	3.380	1.728	4.043	5.380	1.436
2011	85.483	2.007	9.356	2.485	4.820	1.903	4.116	6.083	1.436
2012	86.295	2.007	9.856	3.205	5.246	1.703	4.116	6.321	3.241
2013	88.499	2.007	11.327	3.205	8.864	1.356	4.516	6.671	3.641
2014	89.681	2.007	11.533	3.205	8.864	1.149	5.006	7.071	4.041
2015	94.656	3.412	11.533	3.205	8.864	1.149	5.566	7.421	4.441
2016	100.476	3.412	11.533	3.205	8.864	1.149	5.816	7.621	4.841
2017	104.151	3.412	11.533	3.205	8.864	1.149	6.066	7.771	5.241
2018	108.598	3.412	11.533	3.205	8.864	1.149	6.416	8.121	5.641
2019	116.699	3.412	11.533	3.205	8.864	1.149	6.966	8.521	6.041

Fonte: PDE 2010-2019

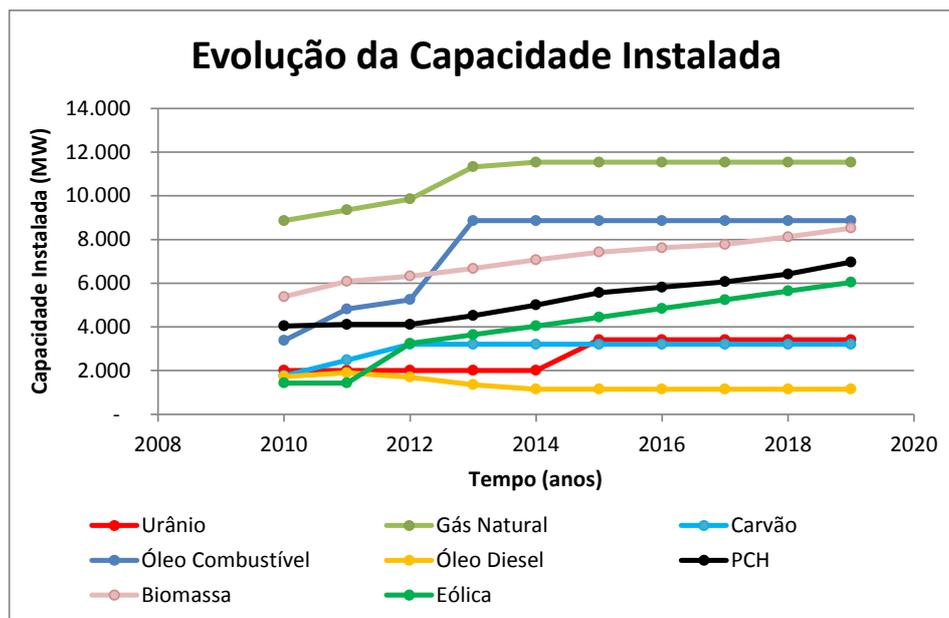
O crescimento de PCH's indicado pelo PDE 2019 indica evolução de aproximadamente 325 MW ao ano. Já a Matriz Energética Nacional 2030 publicada em 2007 pelo Ministério de Minas Energia, indica crescimento das PCH's de 400 MW ao ano, como mostra a tabela 22:

**Tabela 22-** Expansão da oferta de energia no período 2015 a 2030

Fonte	Acréscimo por ano (MW)
Hidrelétricas	4.090
Térmicas	2.000
Gás Natural	1.000
Nuclear	400
Carvão	600
PCH	400
Eólicas	220
Biomassa da cana	320

Fonte: Matriz Energética Nacional 2030

A figura 20 apresenta graficamente a previsão de crescimento da capacidade instalada até o ano de 2019 para algumas fontes de energia:



**Figura 20-** Evolução da capacidade instalada até 2019

**Fonte:** PDE (2010)

Como as projeções realizadas neste estudo vão até o ano de 2050, consideraram-se quatro cenários de saturação ( $P_s$ ). Esses quatro cenários representam aproximadamente 3, 4, 6 e 7 vezes a potência instalada para o ano de 2010:

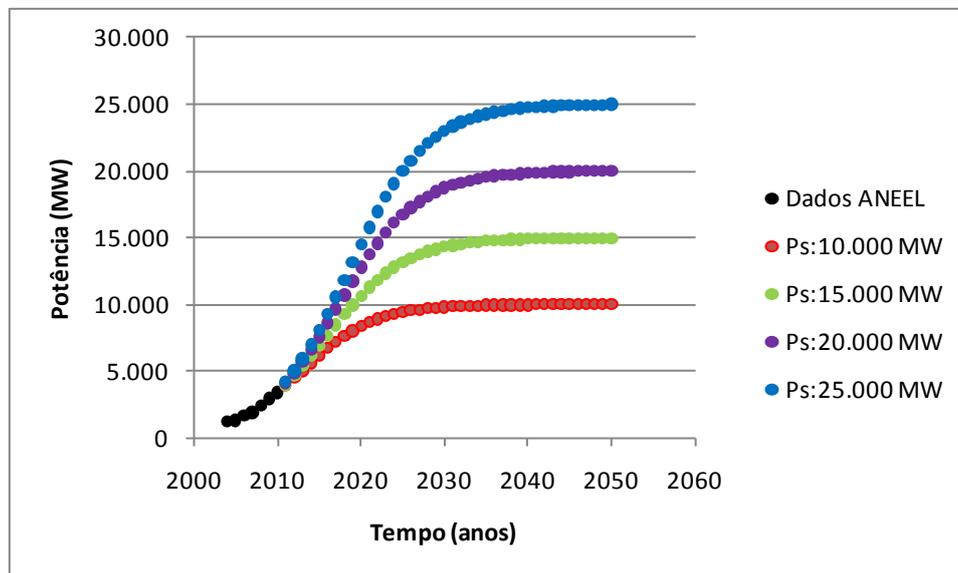
- i) 10.000 MW
- ii) 15.000 MW
- iii) 20.000 MW
- iv) 25.000 MW

Assim como realizado por Barros et al. (2008) e através das Equações 5.1.1 e 5.1.2, foi possível calcular os coeficientes a e b, para cada simulação de potência com auxílio do método dos mínimos quadrados e da ferramenta Solver® do Microsoft Excel®; como mostra a tabela 23:

**Tabela 23-** Coeficientes de saturação a e b

Potencia Máxima de Saturação (MW)	Coefficiente a	Coefficiente b
10.000	-465,572	0,231296
15.000	-427,227	0,211944
20.000	-427,226	0,211779
25.000	-427,220	0,211653

Foi possível então, traçar o gráfico de previsão de potência a partir de 2011, além dos dados compilados de ANEEL (2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 e 2010) conforme mostra a figura 21:

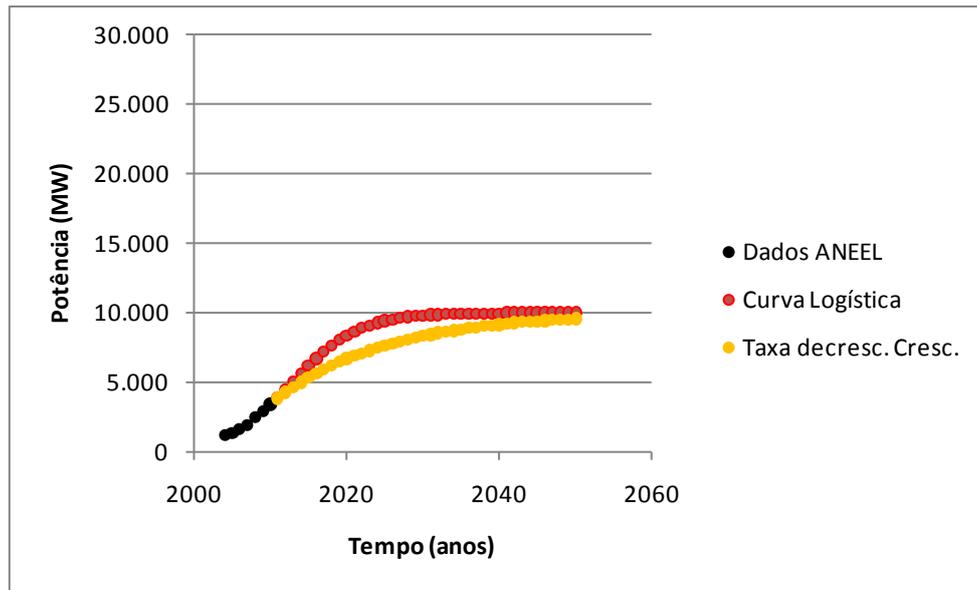


**Figura 21-** Previsão de crescimento logístico da Potência instalada

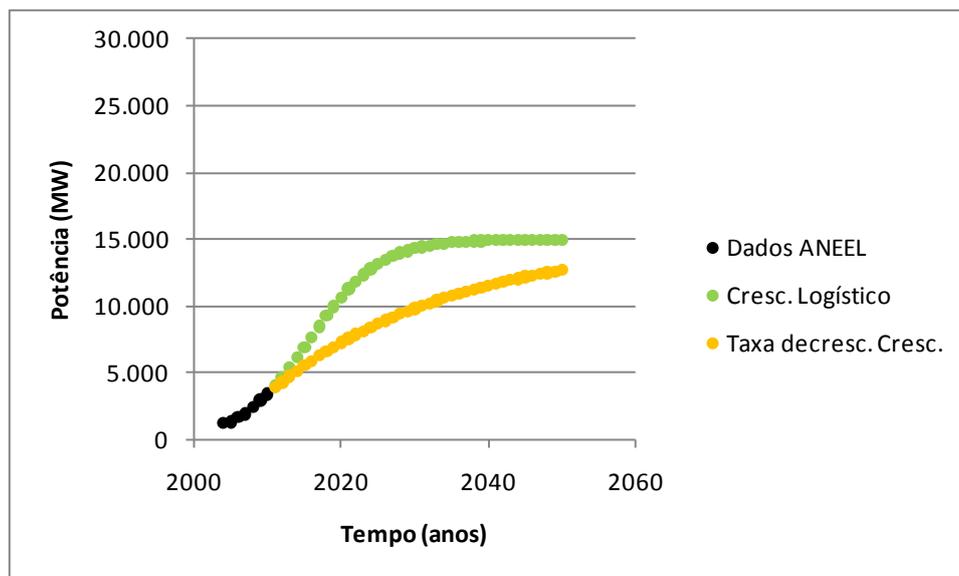
Verifica-se no gráfico da figura 21, por meio do uso da curva de crescimento logístico proposta por Purihit & Kandpall (2005) que a capacidade acumulada  $P(t)$  de expansão de projetos disseminados até o ano de 2050 alcança para a potência de saturação de 25 mil MW valores de 24.974,32 MW, já para saturação de 20 mil MW, alcança 19.980,29 MW. Para a saturação de 15 mil MW, a potência acumulada foi de 14.989,95 MW e para saturação de 10 mil MW, a potência acumulada foi de 9.998,13 MW.

Observa-se que a diferença entre os valores de capacidade instalada aumentam com o acréscimo do valor da potência de saturação nos cenários considerados, ou seja, de  $P_s$  de 10.000 a 25.000 MW.

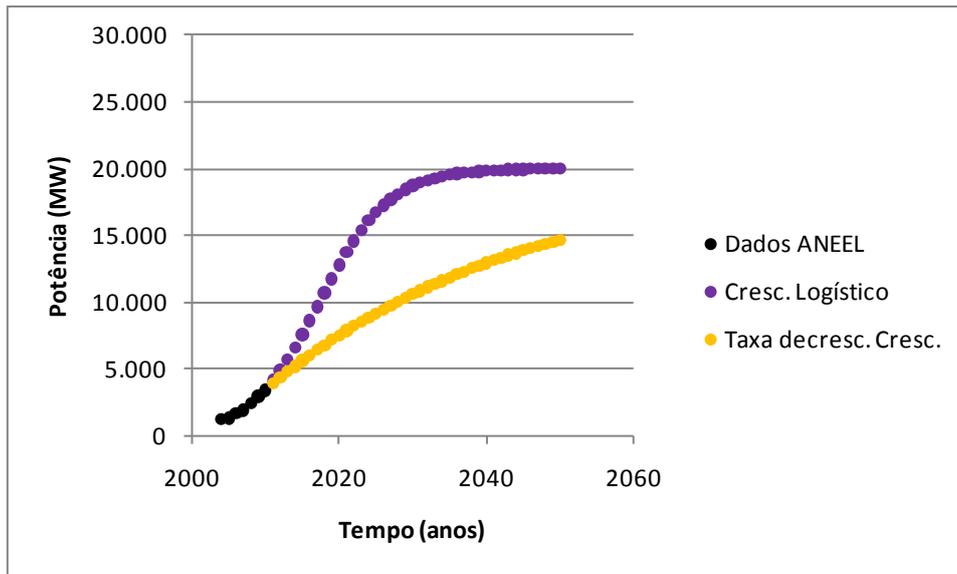
Também foram inseridas nos gráficos, a previsão decrescente de energia conforme mostram as figuras 22, 23, 24 e 25 mostradas a seguir:



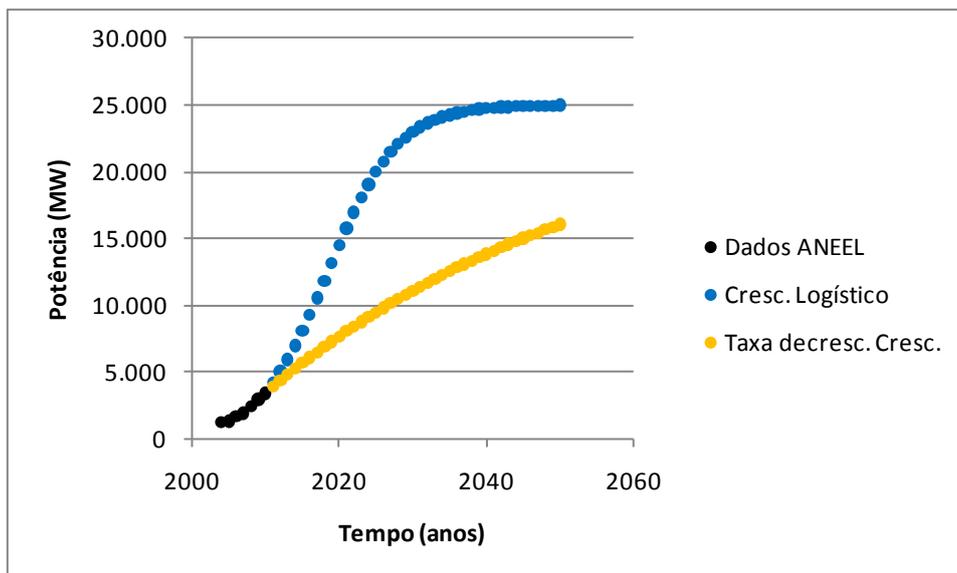
**Figura 22-** Evolução da capacidade instalada para o cenário de  $P_{\text{saturação}}$  de 10.000 MW



**Figura 23-** Evolução da capacidade instalada para o cenário de  $P_{\text{saturação}}$  de 15.000 MW

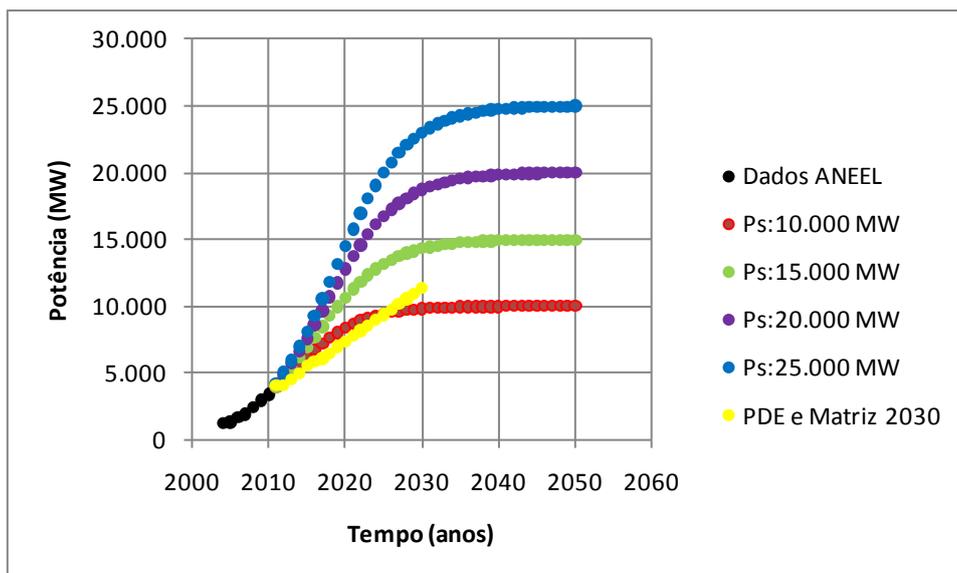


**Figura 24-** Evolução da capacidade instalada para o cenário de  $P_{\text{saturação}}$  de 20.000 MW



**Figura 25-** Evolução da capacidade instalada para o cenário de  $P_{\text{saturação}}$  de 25.000 MW

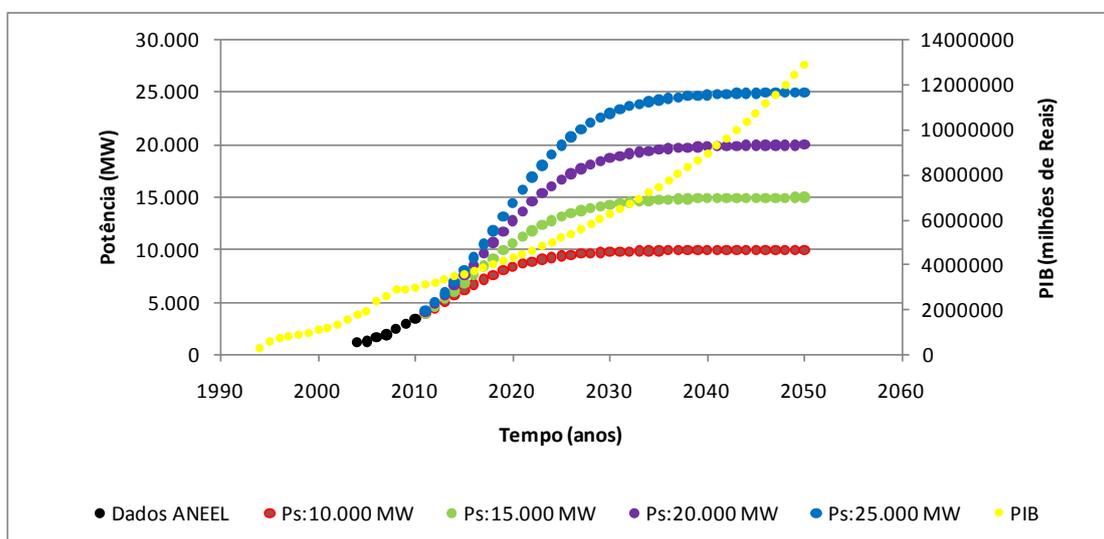
O crescimento previsto pelos relatórios do Plano Decenal de Expansão de Energia 2010-2019 e pela Matriz Energética Nacional 2030 foi traçado no gráfico representado pela figura 26. Observa-se que essa previsão até 2030 é de 11.366 MW, representando apenas 3,3 vezes a potência instalada de 2010.



**Figura 26-** Representação da previsão do PDE 2019

Através do gráfico da figura 27, observa-se que o crescimento da potência instalada tende a ser estabilizada enquanto o crescimento do Produto Interno Bruto cresce de forma constante.

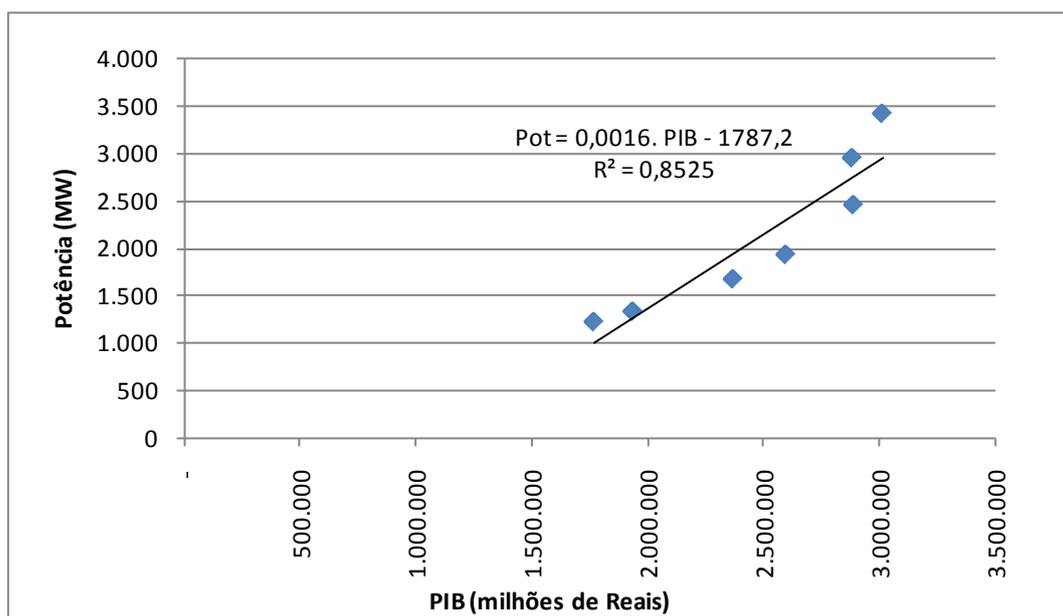
Em 2050 o crescimento de energia para saturação de 10.000 MW foi de aproximadamente 1,46 vezes o crescimento do PIB para o mesmo ano.



**Figura 27-** Representação do crescimento do PIB e potencias pelo método do crescimento logístico.

Segundo estudos realizados pela PricewaterhouseCoopers (2010), o PIB brasileiro está previsto para ser o 4º maior do mundo com US\$ 9,7 trilhões em 2050 (aproximadamente 16,6 milhões de Reais). Através desse valor, foi possível projetar a potência instalada baseada no PIB até o ano de 2050 com dados de potência (ANEEL

2004 a 2010) e PIB (SIDRA 2004 a 2010), conforme metodologia proposta por Tiago Filho; Barros e Silva (2011).



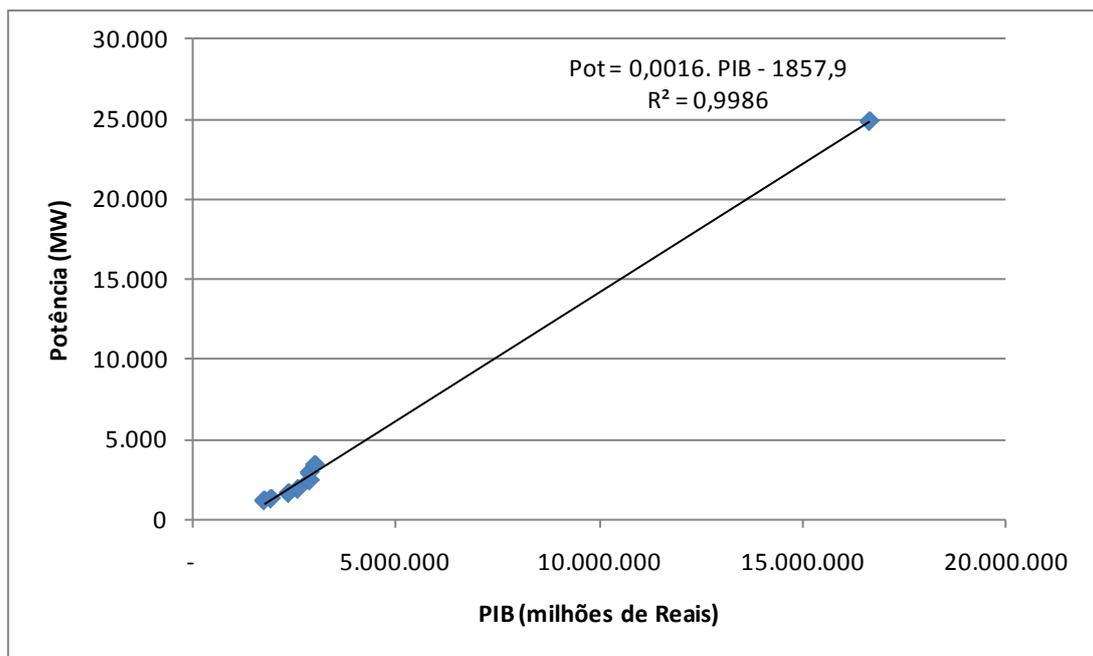
**Figura 28-** Relação do PIB com a Potência entre os anos de 2004 a 2010

Gerando a seguinte equação:

$$P = 0,0016 * PIB - 1787,2$$

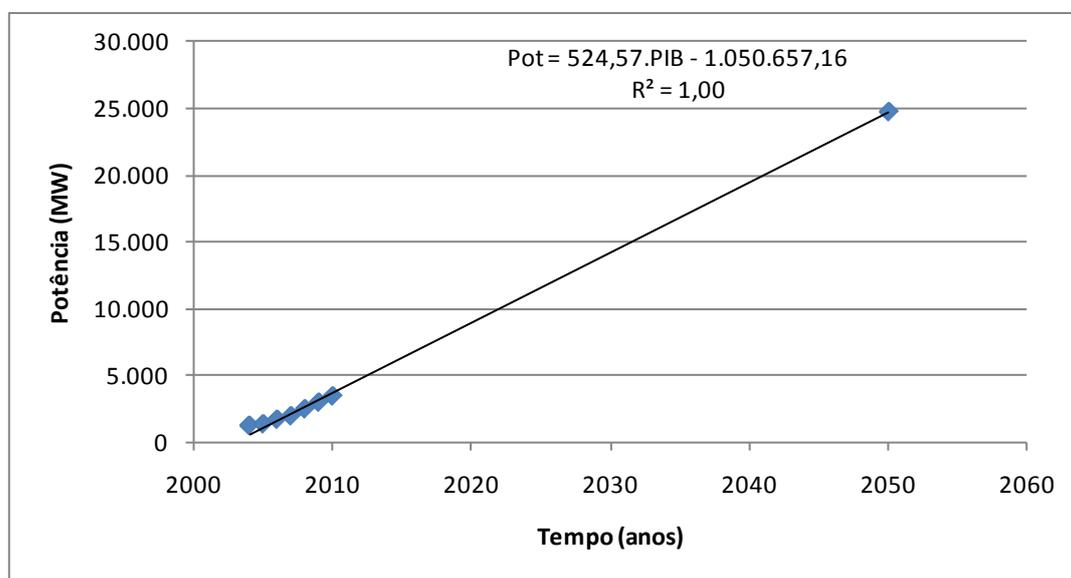
Equação 5.1.3

Através da equação 5.1.3 e para o PIB da PricewaterhouseCoopers (2010), de aproximadamente 16,6 milhões de Reais, obteve-se o ponto para o ano de 2050 de PIB igual a 16.620.949,50 milhões de Reais e 24.806 MW de potência instalada e assim, traçou-se a curva da figura 29, conforme metodologia proposta por Tiago Filho; Barros e Silva (2011).



**Figura 29-** Lançamento do ponto previsto pela PricewaterhouseCoopers (2010)

Para relacionar a curva do PIB ao tempo, gerou-se o gráfico da figura 30, conforme metodologia proposta por Tiago Filho; Barros e Silva (2011).



**Figura 30-** Representação da potência relacionada ao PIB ao longo do tempo

No que se referem ao cálculo dos anos nos quais as potências de saturação seriam alcançadas (10.000 MW, 15.000 MW, 20.000 MW e 25.000 MW), e conforme a equação da figura 30 estão descritas a seguir e o resultado final dos métodos estão mostrados na tabela 24:

$$10000 = 524,57 * t - 1.050.657,16 \quad \text{Equação 5.1.4}$$

$$t = 2022$$

$$15000 = 524,57 * t - 1.050.657,16 \quad \text{Equação 5.1.5}$$

$$t = 2031$$

$$20000 = 524,57 * t - 1.050.657,16 \quad \text{Equação 5.1.6}$$

$$t = 2041$$

$$25000 = 524,57 * t - 1.050.657,16 \quad \text{Equação 5.1.7}$$

$$t = 2051$$

**Tabela 24-** Variação de Potência de Saturação

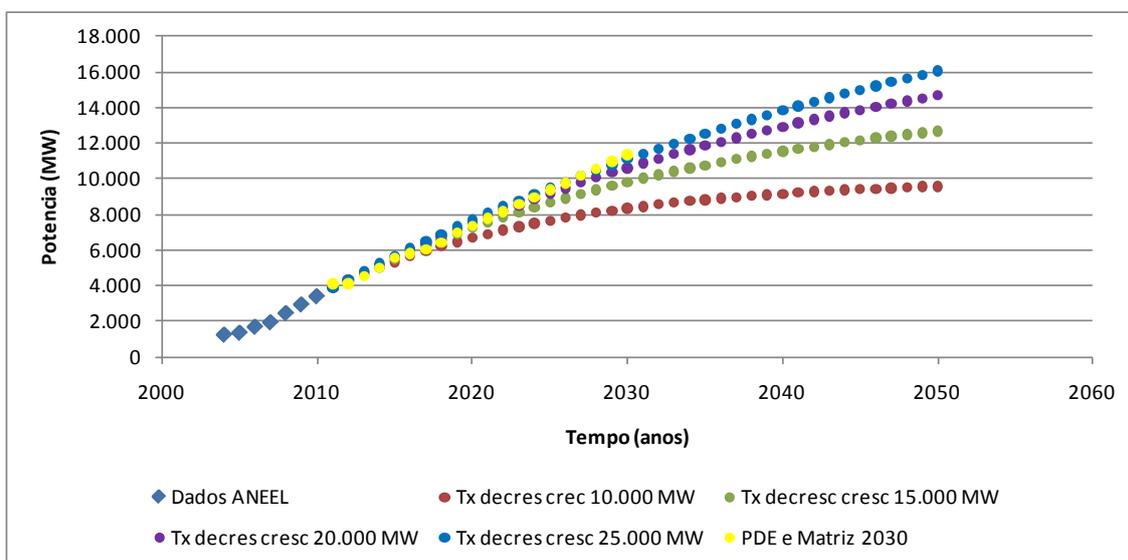
Potência de saturação	Ano de saturação	Potência (MW) através de Curva de crescimento logístico	Potência (MW) através da evolução da capacidade instalada baseada no PIB (EQ da figura 30)	Potência (MW) através da taxa decrescente de crescimento	Diferença entre Cresc. Logístico e TX decresc. $\delta s$	Diferença entre Pot relacionada ao PIB e TX decresc. $\delta s$
10.000	2022	8.918,01	10.023,38	7.119,86	1.798,14	2.903,52
15.000	2031	14.429,67	14.744,51	10.024,71	4.404,95	4.719,80
20.000	2041	19.868,14	19.990,21	13.129,96	6.738,18	6.860,25
25.000	2051	24.974,32	25.235,91	16.233,78	8.740,54	9.002,13

No presente estudo, optou-se pela escolha da curva de evolução da capacidade instalada com base na taxa decrescente de crescimento, objetivando-se uma proposta mais conservadora conforme pode-se observar nos gráficos das figuras 22 a 25.

Avaliando-se as diferenças numéricas dos valores de evolução da capacidade instalada pelo crescimento logístico e a evolução da capacidade instalada por taxa decrescente de crescimento, observou-se que a medida que o valor de potência de saturação aumentou (10.000, 15.000, 20.000 e 25.000), também foi aumentado os valores das saturações, observados pelos autores Tiago Filho; Barros e Silva (2011), conforme mostra a tabela 24.

Ao fazer a comparação entre as curvas de potência instalada de taxa decrescente de crescimento para os cenários de saturação e a previsão feita pelo governo através do Plano Decenal de Expansão Energia 2010- 2019 e a Matriz Energética 2030,

observa-se a aproximação da curva de saturação de 25.000 MW, conforme pode-se observar na figura 31.

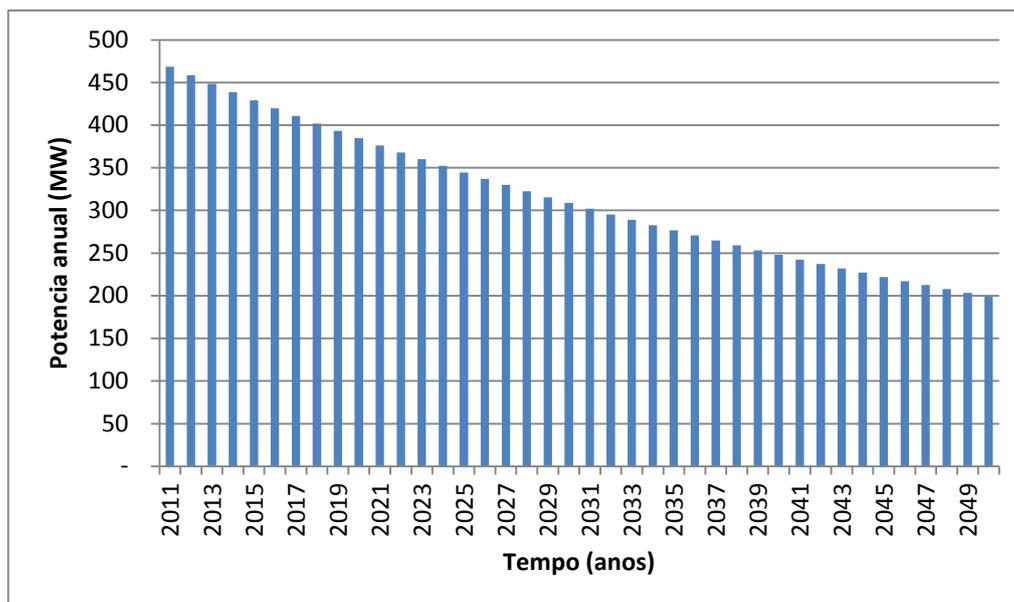


**Figura 31-** Curvas de taxa decrescente de crescimento, PDE e Matriz Energética 2030

Tiago Filho et al. (2010), avaliou custos de implantação de PCH's no Brasil deduzindo equações que estipulam custos mínimos, médios e máximos relacionando com a potência e queda bruta. Essa relação foi chamada de Razão de Aspecto (RA). O custo médio encontrado foi de R\$ 5.229.691,36/ MW para a central com potência de 12,6 MW operando a uma queda de 30 metros.

O valor de custo médio (R\$ 5.230.000 / MW) para implantação de PCH's será utilizado para analisar a curva coincidente à PDE e Matriz 2030 para projeções de potência instalada.

O gráfico da figura 32 mostra a potencia instalada acrescida ao sistema a partir do ano de 2011 até 2050.

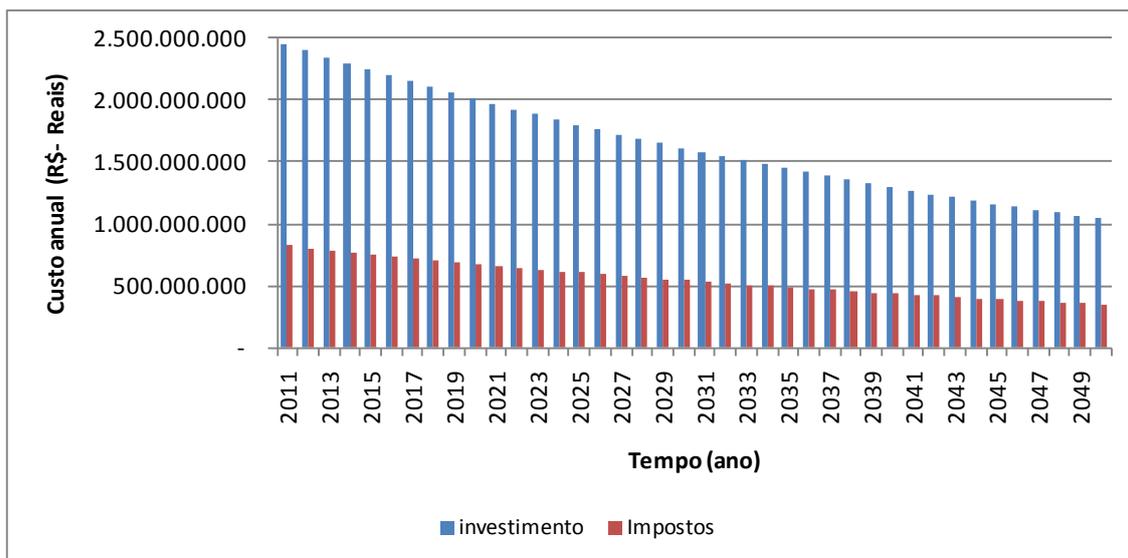


**Figura 32-** Acréscimo de potência anual para a curva decrescente de crescimento para saturação de 25.000 MW

O crescimento médio da potencia instalada ao longo desses 39 anos será de aproximadamente 315 MW acrescidos ao ano. Até 2019, a média do crescimento é de aproximadamente 430 MW. Já a média de crescimento até o ano de 2030, é de 383 MW. A PDE 2010-2019 previu o crescimento da potencia instalada para PCH's até o ano de 2019 de 325 MW ao ano. Já a Matriz Energética Nacional prevê para as Pequenas Centrais Hidrelétricas em 2030, o acréscimo de 400 MW ao ano.

Para que as metas do governo sejam alcançadas, serão necessários incentivos à fabricação de equipamentos, aos processos ambientais e agilidade aos processos de outorgas.

Na figura 33 foi traçada em azul a curva de custo de implantação para PCH's utilizando o custo médio estudado por Tiago Filho et al. (2010). A curva vermelha representa impostos com construção, custos sócio - ambientais, de administração do proprietário, custos pré - operacionais e outros, que representam 33,51% do investimento, segundo estudos realizados por Pigatto (2007).



**Figura 33-** Investimento anual para implantação e impostos

A receita média anual de 2011 a 2050 será de aproximadamente 1,1 bilhão de reais. Já com os impostos, o governo arrecadará em média, 553 milhões ao ano. Os 33,51% de impostos estão subdivididos da seguinte forma:

a) Construção: 81,3%

Obras Civis: 45%

Fornecimento de equipamento: 18%

Montagem Eletromecânica: 3,3%

Sistema de transmissão: 4,5%

Engenharia executiva: 2,9%

Outros: 7,6%

b) Custo Sócio – Ambiental: 12,1%

c) Administração do Proprietário: 3,6%

d) Custos pré- operacionais: 2,5%

e) Outros: 0,5%

As obras civis são responsáveis por 18% dos impostos na fase de construção. Como exemplo, será citado os encargos específicos para esta atividade.

-PIS (0,65%): **Programa de Integração Social**, mais conhecido como PIS/PASEP ou **PIS**, é uma contribuição social de natureza tributária, devida pelas pessoas jurídicas, com objetivo de financiar o pagamento do seguro-desemprego e do abono para os trabalhadores que ganham até dois salários mínimos.

-CONFIS (3%): A **Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social** (COFINS) é uma contribuição federal, de natureza tributária, incidente sobre a receita bruta das empresas em geral, destinada a financiar a seguridade social. Sua alíquota é de 7,6% para as empresas tributadas pelo lucro real (sistemática da não-cumulatividade) e de 3,0% para as demais. Tem por base de cálculo o faturamento mensal (receita bruta da venda de bens e serviços), ou o total das receitas da pessoa jurídica.

-ISS (5%): O ISS (**Imposto Sobre Serviços**) é cobrado , de acordo com a legislação atual , sobre a mão-de-obra utilizada para a execução dos serviços. É um imposto municipal e sua alíquota varia de 2 a 5%.

-IRPJ/ CSLL (5%): IRPJ é a sigla de **Imposto de Renda para Pessoa Jurídica** e pode ser aplicado a qualquer empresa ou pessoa jurídica e CSLL é a **Contribuição Social sobre o Lucro Líquido** que incide sobre as pessoas jurídicas e entes equiparados pela legislação do Imposto de Renda e se destina ao financiamento da Seguridade Social.

- FGTS (8%): **Fundo de Garantia do Tempo de Serviço** é formado por contribuições compulsórias do empregador sobre a folha de pagamento, depositadas na Caixa Econômica Federal em conta específica do empregado. O resgate da conta é admissível em determinadas situações, como despedida sem justa causa.

-INSS (28%): O **Instituto Nacional do Seguro Social** (INSS) é uma autarquia do Governo Federal do Brasil que recebe as contribuições para a manutenção do Regime Geral da Previdência Social, sendo responsável pelo pagamento da aposentadoria, pensão por morte, auxílio-doença, auxílio-acidente, entre outros benefícios previstos em lei.

-CPMF (0,38%): A **Contribuição Provisória sobre a Movimentação ou Transmissão de Valores e de Créditos e Direitos de Natureza Financeira** (CPMF) foi um tributo brasileiro. Sua esfera de aplicação foi federal e vigorou de 1997 a 2007. Sua última alíquota foi de 0,38%.

Os custos sócios ambientais podem ser decisivos na viabilidade de uma PCH. Após a Licença Prévia adquirida através dos órgãos ambientais, seja ele federal ou estadual, o empreendedor recebe uma série de condicionantes sócio-ambientais que, através do Plano de Controle Ambiental – PCA contem programas de maximização dos impactos positivos da instalação da PCH, assim como de mitigação dos impactos negativos. O órgão ambiental pode exigir o cumprimento de algumas das condicionantes para a liberação das Licenças de Instalação e Operação.

Para os impactos sociais, podem ser tomadas várias ações como: Propor um Plano de Mobilização e Qualificação/ Reciclagem da mão-de-obra a ser contratada em função das demandas previstas; Estabelecer prioridade de contratação da mão-de-obra local; realizar programa de educação ambiental com objetivo de: Fazer compreender, claramente, a existência e a importância da interdependência econômica, social, política e ecológica, nas zonas urbanas e rurais; Proporcionar às comunidades inseridas neste programa, a possibilidade de adquirir conhecimentos, o sentido dos valores, o interesse ativo e as atitudes necessárias para proteger e melhorar o ambiente em que vivem; Desenvolver a visão integrada da bacia hidrográfica e mecanismos de funcionamento dos sistemas aquáticos através de atividades de educação ambiental e formação/capacitação de recursos humanos;

Em relação à saúde e segurança podem-se ter ações como: exames pré-admissionais nos empregados das empreiteiras visando controle de endemias; Disponibilizar uma ambulância para os operários, prevendo também atendimento à comunidade local; estabelecer convênio com hospital ou clínica no município mais próximo dotado de leito para internação e ambulância, visando atendimento aos casos de maior complexidade; Proporcionar policiamento preventivo em horário integral na delegacia local (24 horas); Possibilitar o reforço policial nas festas e eventos especiais que adensem público além do existente no distrito; Pode-se haver também um programa de comunicação social com objetivo de: Instrumentalizar o empreendedor nos diversos momentos e etapas do processo de negociação com os segmentos sociais direta e indiretamente envolvidos com a construção da PCH; Promover a interação entre a população e o Empreendedor, de forma a que o empreendimento satisfaça as necessidades de ambas as partes; Definir uma estratégia de reconhecimento (com representante direto do empreendedor) e negociação com as instâncias de representação da população; Captar as opiniões, necessidades e encaminhar as reivindicações da população;

O Plano de Controle Ambiental- PCA inclui programas para impactos físicos como: Separador Água/ Óleo (SAO) e Sistemas de Tratamento de Esgoto Doméstico para alojamentos e canteiro de obras; Separação de resíduos; de prevenção e controle dos processos erosivos; Manutenção permanente de espelho de água entre a barragem e a casa de força visando preservação da vida aquática, harmonia paisagística e condições sanitárias e de qualidade de água adequadas no trecho situado entre a barragem e a casa de força; Acompanhamento dos efeitos da construção e operação da PCH sobre os recursos hídricos e a comparação entre as condições quali-quantitativas dos recursos hídricos a montante e a jusante de atividades e estruturas do empreendimento; Plano de Recuperação de Área Degradadas- PRAD; Revegetação entre outras.

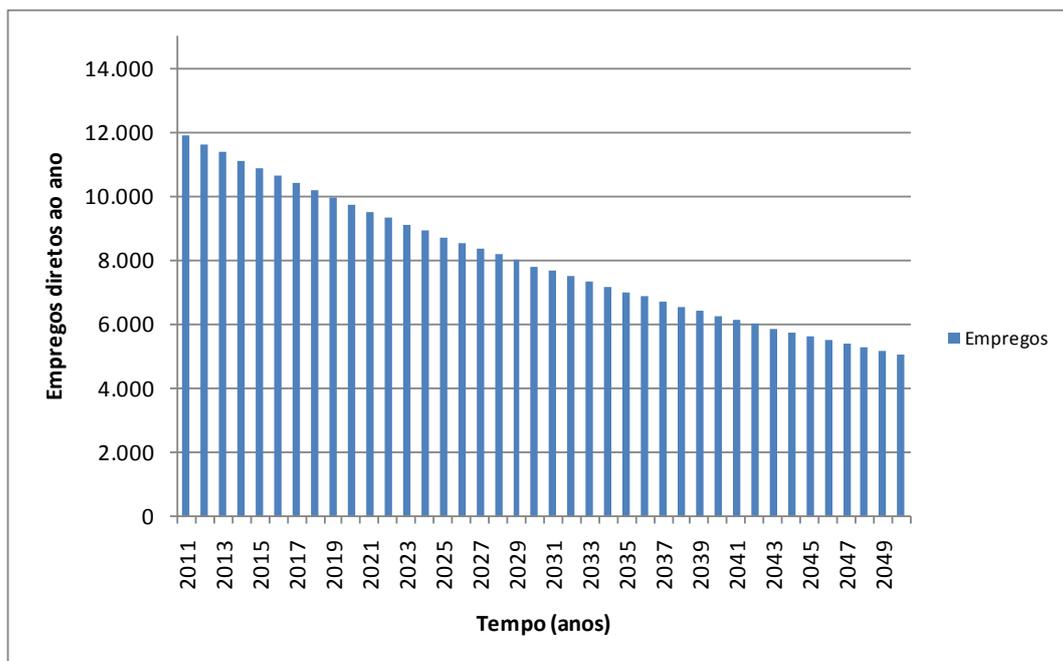
Ao tratar das ações bióticas, os planos podem conter: Monitoramento da Ictiofauna (Peixes); herpetofauna (Anfíbios e Répteis); Avifauna (Aves); Mastofauna (Mamíferos). Coleta de sementes; Salvamento de possíveis espécies de flora na área alagada; Resgate de fauna entre outros.

Para mensuração dos empregos indiretos e de efeito-renda foi usado por Tiago Filho et al. (2008), o Modelo de Geração de Emprego desenvolvido pelo BNDES que procura quantificar os empregos gerados a partir de um aumento da demanda final em cada setor da economia. Considerando-se o equilíbrio entre oferta e demanda e supondo-se que não existam variações no nível de estoques, todo aumento de demanda corresponde a um aumento de produção.

A variável que permite formar o elo entre o aumento de demanda e seu impacto no nível de emprego é a produção. O emprego é relacionado à produção por meio de uma relação linear com o cálculo de um coeficiente de emprego, definido como a relação entre o número de trabalhadores e a produção desse setor. Permanecendo constante esse coeficiente, a qualquer aumento de produção corresponderá proporcionalmente um aumento no nível de emprego.

Segundo Tiago Filho et al. (2008), são gerados em média para uma PCH de 20MW, aproximadamente 507 empregos diretos, 733 indiretos e 3.923 de efeito renda.

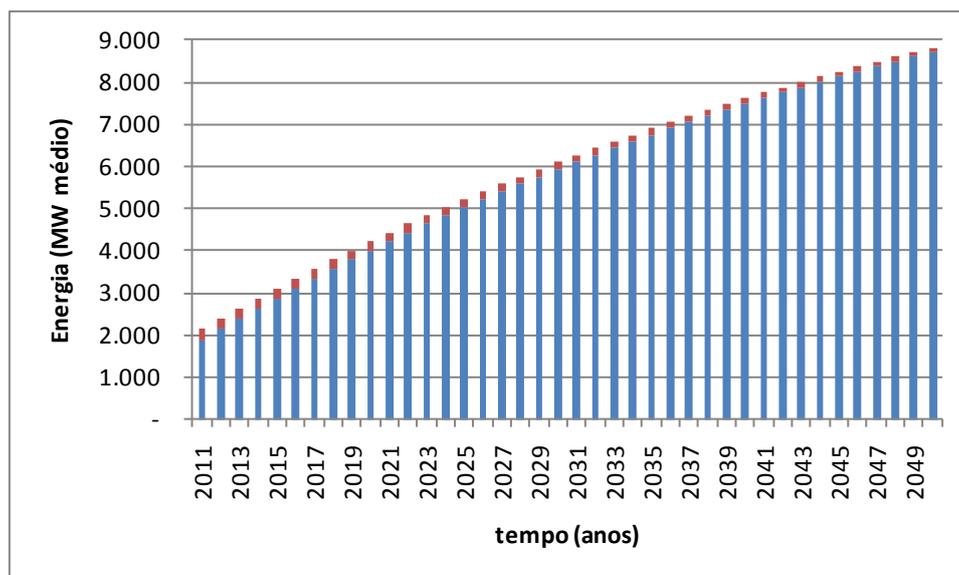
Na figura 34 foi calculado o número de empregos diretos baseados na potência instalada da curva decrescente de crescimento para saturação de 25.000 MW. Em 2011, a previsão de geração de empregos é da ordem de 12 mil postos de trabalho. Em 2025 o número cai para 9 mil e chega em 2050 gerando 5 mil postos de trabalho.



**Figura 34-** Curva de geração de postos de trabalho relacionados com a implantação de PCHs

Segundo a Eletrobrás, em Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, a energia firme estimada em MW médios, é o fator de capacidade (deve ser igual a 0,55) multiplicado pela potência em MW.

A previsão da energia acrescida para o cenário da curva decrescente de crescimento está representada a seguir na figura 35. A curva vermelha representa o acréscimo anual da energia em MW médio.



**Figura 35-** Energia firme acrescida ao sistema para a curva de taxa decrescente de crescimento de energia com saturação de 25.000 MW.

Pela figura 35, a energia gerada ao sistema pelas PCH's até o final do ano de 2011 para o cenário de saturação de 25.000 MW, será da ordem de 2.143 MW médios e chegará em 2050 com aproximadamente 8.820 MW médios. Atualmente, as PCH's representam 3% da Matriz Energética Nacional e poderá chegar em 2030 representando 4,25%.

Segundo Lopes (2011), a geração distribuída é aquela localizada próxima ao centro de carga, conectada ao sistema de distribuição de pequeno porte e não despachada pelo ONS. Sua potência deve ser menor que 30 MW e cogeração com eficiência energética maior ou igual a 75%.

Os tipos de tecnologias empregadas na geração distribuída a partir de fontes renováveis são: PCH, CGH, biomassa, eólica, solar fotovoltaica e resíduos urbanos.

Espera-se benefícios a esse tipo de geração, tornando os impactos ambientais menores, menor tempo de implantação, redução no carregamento das redes, redução de perdas, melhoria do nível de tensão da rede no período de carga pesada, aumento da confiabilidade do atendimento, diversificação da matriz energética.

## Capítulo 6- Conclusões

O Brasil possui atualmente aproximadamente 70% da capacidade de geração de energia de forma hídrica desses, aproximadamente 3,17% são de PCH's. Os investimentos para os próximos anos assegurarão a manutenção de uma matriz energética mais limpa, renovável e ecológica do que a média dos outros países. O sistema de produção e consumo mundial, ao contrário da brasileira, é fortemente dependente de fontes não renováveis e poluentes como petróleo, carvão e gás natural.

A evolução da demanda de energia está condicionada a três fatores chave como o crescimento populacional, referente ao número de consumidores de energia; econômico, para o qual o Produto Interno Bruto (PIB) é o indicador mais usado normalmente e a intensidade energética, ou a quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de PIB.

Nesse sentido, buscou-se avaliar e demonstrar, por meio de proposição de equações de correlação, a projeção de crescimento entre as curvas de evolução da capacidade instalada de PCHs no Brasil, com base na taxa decrescente de crescimento e de projeção com base no PIB.

Tais ajustes foram realizados tomando-se com base cenários de saturação da capacidade instalada de 10.000 MW, 15.000 MW, 20.000 MW e 25.000 MW. Com base no estudo realizado, foi possível concluir conforme descrito a seguir.

As diferenças entre os valores de previsão da evolução da capacidade instalada de PCHs entre as metodologias propostas por Purohit e Kandpall (2005) e Von Sperling (2005) aumentam com o aumento do valor de saturação nos cenários considerados.

As curvas da previsão de capacidade instalada com base em taxa decrescente de crescimento aumentam em menor proporção quando comparada às curvas da metodologia propostas por Purohit e Kandpall (2005), com valores não atingindo a saturação no período considerado. Entretanto, optou-se pela escolha da curva de saturação da capacidade instalada com base nas mesmas, objetivando-se uma proposta matemática mais conservadora relativamente à projeção com base no crescimento logístico.

Sobre estas últimas, os coeficientes de regressão a e b calculados por uma regressão linear da forma log-log para diversas potências de saturação ( $P_s$ ) resultaram em coeficientes numericamente diferentes para cada cenário. Com relação às curvas

obtidas por meio da taxa decrescente de crescimento também resultaram em valores distintos de  $K_d$  para as diferentes saturações, porém, muito próximos.

Considerando-se as diferenças numéricas dos valores de evolução da capacidade instalada com base no PIB e evolução da capacidade instalada por meio da taxa decrescente de crescimento, foi verificado que à medida que o valor de  $P_s$  aumentou nos cenários analisados (10.000 MW, 15.000 MW, 20.000 MW e 25.000 MW), também aumentou a diferença de saturação ( $\delta s$ ).

No que tange à correlação entre as curvas de evolução da capacidade instalada com base na taxa decrescente de crescimento (fundamentalmente numérica) e de projeção com base no PIB (considera em sua composição o crescimento econômico do país), verificou-se que para o cenário de  $P_s = 10.000$  MW, o tempo de saturação dar-se-ia no ano de 2022;  $P_s = 15.000$  MW, o tempo de saturação dar-se-ia no ano de 2031;  $P_s = 20.000$  MW, o tempo de saturação dar-se-ia em 2041 e para  $P_s = 25.000$  MW, o tempo de saturação dar-se-ia no ano de 2051.

Pôde-se observar que o Plano Decenal de Expansão Energia 2010 a 2019 assim como a Matriz Energética 2030, não utilizou métodos de crescimento logístico, prevendo assim como esse trabalho, uma previsão mais conservadora. A curva projetada pelo governo indicou aproximação com a curva da taxa decrescente de crescimento com potência de saturação de 25.000 MW.

Observa-se atualmente a inserção de equipamentos eletro e hidromecânicos estrangeiros, como os vindos da China. Esses equipamentos possuem baixos preços, pois é subsidiado pelo governo Chinês e tem preocupado os fabricantes nacionais.

O crescimento anual médio da potencia instalada de 2011 a 2050 será de aproximadamente 315 MW acrescidos ao ano. Até 2019, a média do crescimento é de aproximadamente 430 MW. Já a média de crescimento até o ano de 2030, é de 383 MW. A PDE 2010-2019 previu o crescimento anual da potencia instalada para PCHs até o ano de 2019 de 325 MW ao ano. Já a Matriz Energética Nacional prevê para as Pequenas Centrais Hidrelétricas em 2030, o acréscimo de 400 MW ao ano.

Para que as metas do governo sejam alcançadas, serão necessários incentivos à fabricação de equipamentos, aos processos ambientais e agilidade aos processos de outorgas.

São gerados em média para uma PCH de 20MW, aproximadamente 507 postos de trabalho diretos. Baseando-se na curva decrescente de crescimento para saturação de 25.000 MW, a previsão de geração de empregos para 2001 é da ordem de

12 mil oportunidades. Em 2025 o número cai para 9 mil e chega em 2050 gerando 5 mil empregos.

A energia gerada ao sistema pelas PCHs até o final do ano de 2011 para o cenário de saturação de 25.000 MW, será da ordem de 2.143 MW médios e chegará em 2050 com aproximadamente 8.820 MW médios. Atualmente, as PCHs representam 3% da Matriz Energética Nacional e poderá chegar em 2030 representando 4,25%.

No Brasil há vários incentivos para as PCH, no entanto, é necessário também, valorizar a geração distribuída de pequeno porte que está conectada à rede de distribuição (inclusive de baixa tensão), enfrenta barreiras técnicas, regulatórias e legais para conexão e comercialização da energia, assim como dificuldades para viabilizar economicamente os projetos.

O presente trabalho foi realizado baseando-se em pesquisas voltadas às pequenas centrais hidrelétricas. O mesmo estudo poderá ser realizado também, para outras fontes de energia renováveis ou não.

## Capítulo 7- Referências Bibliográficas

ABBASI, Tasneem e ABBSI, S. A., Small hydro and the environmental implications of its extensive utilization, Centre for Pollution Control & Environmental Engineering, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, India, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2008). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. – Brasília. Aneel 236 p.ISBN: 978-85-87491-10-7. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=1689](http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689) . Acesso em 20 de março de 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2011). **Capacidade de geração do Brasil**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp> . Acesso em 14 de janeiro de 2011.

2005. **Relatório ANEEL 2004**. Brasília: ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/EdicaoLivros2005relatorio2004.cfm> . Acesso em 13 de agosto de 2009.

2006. **Relatório ANEEL 2005**. Brasília: ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/EdicaoLivros2006relatorioaneel.cfm>. Acesso em 13 de agosto de 2009.

2007. **Relatório ANEEL 2006**. Brasília: ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/EdicaoLivros2007relatorioaneel.cfm> . Acesso em 13 de agosto de 2009.

2008. **Relatório ANEEL 2007**. Brasília: ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/EdicaoLivros2008relatorioaneel.cfm> . Acesso em 13 de agosto de 2009.

2009. **Relatório ANEEL 2008**. Brasília: ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/EdicaoLivros2009relatorioaneel.cfm> . Acesso em 13 de agosto de 2009.

2010. **Relatório ANEEL 2009**. Brasília: ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/EdicaoLivros2010relatorioaneel.cfm> . Acesso em 19 de maio de 2010.

AGÊNCIA BRASIL, Abinee quer medidas compensatórias para valorização do real, *Jornal do Comercio*, publicado em 14 de outubro de 2011. Disponível em: [http://www.jcom.com.br/noticia/129938/Abinee\\_quer\\_medidas\\_compensatorias\\_para\\_valorizacao\\_do\\_real](http://www.jcom.com.br/noticia/129938/Abinee_quer_medidas_compensatorias_para_valorizacao_do_real) . Acesso em: 16 de outubro de 2011.

AMARANTE, O. A.. et al. Atlas do potencial eólico brasileiro. Brasília: MME; Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2001. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/atlas\\_eolico\\_brasil/atlas.htm](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/atlas_eolico_brasil/atlas.htm) Acesso em: 29 agosto de 2009.

ASAFU-ADJAYE, John; The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries; **Energy Economics** 22 \_2000. 615]625; Department of Economics, The University of Queensland, Brisbane, Q4072, Austrália.

BARBIERI, Roberto; As soluções para pré-pagamento de energia elétrica: Visão Abinee (Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica); **Abinee**; 2011. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/hotsite/seminario/apresentacoes/21-09%20manha/Roberto%20Barbieri%20-%20ApresAbinee\\_21out11.pdf](http://www.aneel.gov.br/hotsite/seminario/apresentacoes/21-09%20manha/Roberto%20Barbieri%20-%20ApresAbinee_21out11.pdf) . Acesso em: 05 de setembro de 2011.

BARROS, Regina Mambeli; Estimativas preliminares acerca das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no panorama brasileiro; In: **Conferência de PCH Mercado & Meio Ambiente**, 5. , 2009.

BARTLE, Alison; Hydropower potential and development activities; **Elsevier Science Ltd**; Reino Unido, 2002.

BERTELLI, Luiz Gonzaga, A energia necessária na próxima década. **Portal PCH**. Disponível em: [http://www.portalpch.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3984:082010-](http://www.portalpch.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=3984:082010-)

[a-energia-necessaria-na-proxima-decada&catid=13:artigos&Itemid=134](#). Acesso em: agosto de 2010.

Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul- BRDE; Novo Marco Regulatório do Setor Elétrico; **Informe sobre PCH's**, 2002. Disponível em: [http://www.brde.com.br/media/brde.com.br/doc/estudos\\_e\\_pub/Informe%20Sobre%20PCHs.pdf](http://www.brde.com.br/media/brde.com.br/doc/estudos_e_pub/Informe%20Sobre%20PCHs.pdf) . Acesso em: 29 de setembro de 2011.

CARNEIRO, Daniel Araujo, PCH's: Pequenas Centrais Hidrelétricas: aspectos jurídicos, técnicos e comerciais. Synergia, **Canal Energia**, Rio de Janeiro, 2010.

CHADE, Jamil; Estudo prevê o Brasil como o 4º PIB mundial em 2050; **O Estado de S. Paulo**; 07 de janeiro de 2011; Disponibilizado em: [http://economia.estadao.com.br/noticias/Economia+Brasil,estudo-preve-o-brasil-como-o-4-pib-mundial-em-050,not\\_50225.htm](http://economia.estadao.com.br/noticias/Economia+Brasil,estudo-preve-o-brasil-como-o-4-pib-mundial-em-050,not_50225.htm)

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE; Consumo de Energia Elétrica no País Permanece Elevado, **RESENHA MENSAL DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA**; ANO IV; NUMERO 39; DEZEMBRO DE 2010. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/20101222\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/20101222_1.pdf). Acesso em: 15 de janeiro de 2011.

ERNST & YOUNG, Brasil Sustentável- Desafios do Mercado de Energia; Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.institutoideal.org/docs/ernst1.pdf> . Acesso em: 12 de julho de 2011.

ERNST & YOUNG, Brasil Sustentável- Crescimento Econômico e potencial de consumo; Brasília, 2008. Disponível em: [http://www.ey.hu/Publication/vwLUAssets/Brasil\\_Sustentavel\\_-\\_Crescimento\\_Economico\\_-\\_Atualizado/\\$FILE/PDF\\_potencial.de.consumo\\_port.2011.pdf](http://www.ey.hu/Publication/vwLUAssets/Brasil_Sustentavel_-_Crescimento_Economico_-_Atualizado/$FILE/PDF_potencial.de.consumo_port.2011.pdf) . Acessado em: 15 de julho de 2011.

GHOSH, Debyani ; SHUKLA, P.R.; AMIT GARG P., RAMANA, Venkata, Renewable energy technologies for the Indian power sector: mitigation potential and operational strategies; **Renewable and Sustainable Energy Reviews**; 2002

GREENPEACE, CONSELHO EUROPEU DE ENERGIA RENOVÁVEL (EREC), Revolução Energética- A caminho do desenvolvimento limpo, São Paulo, 2010

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY -IEA; Key World Energy Statistics; France; 2010

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE.  
Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/> Acesso em: 07 de junho de 2010

LEMOS, Tatiana; Usinas Eólicas e PCHs no foco dos investimentos; Workshop Câmara Brasil Alemanha; **Brasil Alemanha News**; 11 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.brasilalemanhanews.com.br/Noticia.aspx?id=614> Acesso em: 15 de agosto de 2010.

LENZI, Charles; Tempo de mudanças, Presidente da APMPE, **Revista PCH Notícias & SHP News**, ano 12, revista nº46, jul/ago/set- 2010.

LIMING, Huang; Financing Rural Renewable Energy: A Comparison between China and India, **ISAS Working Paper**; 2008

LELLIS, Mauro Maia; **Fontes Alternativas de energia elétrica no contexto da matriz energética brasileira: meio ambiente mercado e aspectos jurídicos**; 2007; 134f; Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia); Curso de pós graduação da Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI; Minas Gerais , 2007.

LOPES, P. H. Silvestre; O papel da ANEEL na regulação da geração distribuída; Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição- SRD; São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.tec.abinee.org.br/2011/arquivos/s410.pdf> . Acesso em: 29 de setembro de 2011.

MALESIOS Chrisovalantis, ARABATZIS Garyfallos, Small hydropower stations in Greece: The local people's attitudes in a mountainous prefecture; Department of Agricultural Development, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Grecia, 2010

MANKIW, N. Gregory; **Introdução à Economia**; Tradução Allan Vidigal Hasting; Elisete Paes e Lima; São Paulo; Cengage Learning; 2009.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA, MME: Manual de Inventario Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, CEPEL. – Rio de Janeiro : **E-papers**, 2007.684p. : il.ISBN 978-85-7650-137-4.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA, MME: Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, 2000. Disponível em: [http://www.portalpch.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2866&Itemid=217](http://www.portalpch.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2866&Itemid=217)

MARQUES M., Haddad J., MARTINS A., Conservação de Energia: eficiência energética de equipamentos e instalações; Itajubá, MG, 2006.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA ; **Plano Nacional de Energia 2030**; colaboração Empresa de Pesquisa Energética . \_ Brasília : MME : EPE, 2007. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas\\_publicacoes.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html)  
Acesso em 10 de janeiro de 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA ; Empresa de Pesquisa Energética; **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019**. Brasília: MME/EPE, 2 v.: il. Disponível em: [www.mme.gov.br/mme/galerias/.../PDE2019\\_03Maio2010.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/.../PDE2019_03Maio2010.pdf)  
Acesso em: 10 de janeiro de 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA ; **Matriz Energética Nacional 2030**; colaboração Empresa de Pesquisa Energética . \_ Brasília : MME : EPE, 2007. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas\\_publicacoes.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html)  
Acesso em 10 de janeiro de 2010.

NILTON, Cássio Luiz; O impacto ambiental das Pequenas Centrais Hidrelétricas PCHs no meio ambiente. 2009; Dissertação; Universidade Federal de Lavras; Lavras; Minas Gerais; 2009.

PAISH, Oliver; Small hydro power: technology and current status; **Renewable and Sustainable Energy Reviews**; Reino Unido, 2002

PIGATTO, Ricardo, apresentação: PCH – Investimentos, Comercialização e Viabilidade; (presidente da Associação Brasileira dos Pequenos e Médios Produtores de Energia Elétrica -APMPE-),APMPE; RJ,2007.

PRICEWATERHOUSECOOPERS, PWC, **The World in 2050; The accelerating shift of global economic power: challenges and opportunities**, 2010. Disponível em: [www.pwc.com/en\\_GX/gx/world-2050/pdf/world-in-2050-jan-2011.pdf](http://www.pwc.com/en_GX/gx/world-2050/pdf/world-in-2050-jan-2011.pdf)  
Acesso em: 15 de janeiro de 2011.

PUC-RIO, Os Leilões de Energia, 2006. Disponível em: [http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0610509\\_08\\_cap\\_03.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0610509_08_cap_03.pdf) . Acesso em: 29 de setembro de 2011.

PUROHIT, P. Small hydro power projects under clean development mechanism in India: A preliminary assessment. **Energy Policy**, v. 36, n. 6, p. 2000-2015. Jun./ 2008. ISSN 0301-4215.

PUROHIT, P.; KANDPAL, T. C. Renewable energy technologies for irrigation water pumping in India: projected levels of dissemination, energy delivery and investment requirements using available diffusion models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 9, n. 6, p. 592-607. Dec./ 2005. ISSN 1364-0321.

PCH perde espaço no mercado para eólicas; **Revista Grandes Construções**, edição 10; publicada em 07 de dezembro de 2010. Disponível em: [http://www.grandesconstrucoes.com.br/br/index.php?option=com\\_contenido&task=viewMateria&id=340](http://www.grandesconstrucoes.com.br/br/index.php?option=com_contenido&task=viewMateria&id=340). Acesso em: 22 de janeiro de 2011.

TIAGO FILHO, Geraldo Lucio; GALHARDO, Camila Rocha; BARBOSA, Adriana de Cássia: Uma análise do cenário Político e Regulatório Brasileiro das PCHs no Biênio, CERPCH, artigos, 2009. Disponível em: <http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/artigos/26c3af0564b35781270e2d14b36d2351.pdf>  
Acesso em: 29 de setembro de 2011.

TIAGO FILHO, Geraldo Lucio; GALHARDO, Camila Rocha; DUARTE, Elaine Regina Bortone de Carvalho; NASCIMENTO, Jose Guilherme Antloga do; Impactos Sócio-econômicos das Pequenas Centrais Hidrelétricas inseridas no Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia (Proinfa), **Revista Brasileira de Energia**, Vol. 14, No. 1, 1o Sem. 2008, pp. 145-166 145.

TIAGO FILHO *et al.*; Pequenos aproveitamentos hidroelétricos- Soluções energéticas para a Amazônia. Brasília: Ministério de Minas e Energia- MME. 216 p. 216p. : il. ; isbn 978-85-98341-03-3; **cdd** ( 22ª ed.) , 2008

TIAGO FILHO, G. L.; MORAES, R. G. M.; PIERONI, M.F.; GALHARDO C.; BARROS, R. M.; SILVA, F.G. B.; Procedimento para Estimativa da Tarifa Mínima de Atratividade para Implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas- Pch nas Condições Atuais do Mercado de Energia Brasileiro; **PCH Notícias & SHP News**, 2010.

TIAGO FILHO; BARROS; SILVA: Tendências para o crescimento de potência instalada de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no Brasil, com base no Produto Interno Bruto (PIB); Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá; Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas, Itajubá, 2008.

TIAGO FILHO, G. L.; BARROS, R. M.; SILVA, F. G. B.; Trends for the growth of installed capacity of Small Hydro Power (SHPs) in Brazil, based on their Gross Domestic Product (GDP). **Renewable Energy**, 2011

TOLMASQUIM, Mauricio T; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo; MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA; **NOVOS ESTUDOS** 79, *CEBRAP*, novembro 2007. - pp. 47-69.

SINGAL S. K., SAINI R.P., RAGHUVANSHI C. S; Optimization of low-head, dam-toe, small hydropower projects; Department of Water Resources Development and Management, **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, India, 2010.

STANO JÚNIOR, Ângelo, TIAGO FILHO; Geraldo Lúcio; BITENCOURT; Valdinéa Aparecida; BARBOSA; Adriana ; GALHARDO, Camila Rocha; BASTOS, Adriano Silva; **Série Energias Renováveis: Hidráulica, Energia Solar** , 44p. Itajubá, MG : FAPEPE, 2007.

VAN DE VATE, J. F. Comparison of energy sources in terms of their full energy chain emission factors of greenhouse gases. **Energy Policy**, v. 25, n. 1, p. 1-6. Jan. 1997. ISSN 0301-4215.

VON SPERLIG, Marcos; Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos- 3ed.- Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental p.60.

ZHOU, S.; ZHANG, X.; LIU, J. The trend of small hydropower development in China. **Renewable Energy**, v. 34, n. 4, p. 1078-1083. Apr./ 2009. ISSN 0960-1481.

WEBNG, [http://www1.webng.com/nbittencourt/prods/websoft/web\\_soft\\_pch/port\\_websoft\\_pch.asp](http://www1.webng.com/nbittencourt/prods/websoft/web_soft_pch/port_websoft_pch.asp), acesso em 29/09/2011

Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Pará- SEMA; <http://www.sema.pa.gov.br/interna.php?idconteudocoluna=6374>, acesso em 29/09/2011.

#### **Leis, Normas, Resoluções e decretos:**

BRASIL, LEI Nº 10.438, DE 26 DE ABRIL DE 2002; Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica. **Diário Oficial da União** 29.04.2002, seção 1, p. 1, v. 139, n. 89-A.

BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL; Estabelece procedimentos para registro, elaboração, aceite, análise, seleção e aprovação de projeto básico e para autorização de aproveitamento de potencial de energia hidráulica com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH; RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 343, DE 9 DE DEZEMBRO DE 2008; **Diário Oficial da União** de 08.10.2010, seção 1, p. 103, v. 147, n. 194.

BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL; Estabelece os critérios para o enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica (PCH); RESOLUÇÃO Nº 652, DE 9 DE DEZEMBRO DE 2003; **Diário Oficial da União** de 11.12.2003, seção 1, p. 149, v. 140, n. 241.

BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL; Estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação de estudos de viabilidade e projeto básico de empreendimentos de geração hidrelétrica, assim como da autorização para exploração até 30 MW e dá outras providências. **RESOLUÇÃO Nº 395, DE 4 DE DEZEMBRO DE 1998;**

BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL; Regulamenta o Mercado Atacadista de Energia Elétrica, define as regras de organização do Operador Nacional do Sistema Elétrico, de que trata a Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, e dá outras providências. DECRETO Nº 2.655, DE 2 DE JULHO DE 1998; **Diário Oficial da União** de 29.11.2004, seção 1, p. 1, v. 141, n. 228.

BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL; Estabelece critérios para a utilização do Mecanismo de Realocação de Energia - MRE por centrais hidrelétricas não despachadas centralizadamente. RESOLUÇÃO n.º 169, de 3 de maio de 2001; **Diário Oficial da União** de 08.08.2003, seção 1, p. 81, v. 140, n. 152.

BRASIL , LEI Nº 11.943, DE 28 DE MAIO DE 2009; Autoriza a União a participar de Fundo de Garantia a Empreendimentos de Energia Elétrica - FGEE; altera o § 4º do art. 1º da Lei nº 11.805, de 6 de novembro de 2008 <sup>(1)</sup>; dispõe sobre a utilização do excesso de arrecadação e do superávit financeiro das fontes de recursos existentes no Tesouro Nacional; altera o art. 1º da Lei nº 10.841, de 18 de fevereiro de 2004 <sup>(2)</sup>, as Leis nºs 9.074, de 7 de julho de 1995 <sup>(3)</sup>, 9.427, de 26 de dezembro de 1996 <sup>(4)</sup>, 10.848, de 15 de março de 2004 <sup>(5)</sup>, 3.890-A, de 25 de abril de 1961 <sup>(6)</sup>, 10.847, de 15 de março de 2004 <sup>(7)</sup>, e 10.438, de 26 de abril de 2002 <sup>(8)</sup>; e autoriza a União a repassar ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES recursos captados junto ao Banco Internacional para a Reconstrução e o Desenvolvimento - Bird. **Diário Oficial da União** de 29/05/2009 nº 101, Seção 1, pág. 1.

BRASIL, LEI Nº 9.427, DE 26 DE DEZEMBRO DE 1996; Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União** de 28.09.1998.

BRASIL, LEI Nº 10.848, DE 15 DE MARÇO DE 2004; Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências.. **Diário Oficial da União** de 16.03.2004, seção 1, p. 2, v. 141, n. 51.

BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL; Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. DECRETO Nº 5.163, DE

30 DE JULHO DE 2004; **Diário Oficial da União** de 30.07.2004, seção 1, p. 1, v. 141, n. 146-A.

BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME; Estabelecer a metodologia para o cálculo dos montantes de garantia física de energia de usinas hidrelétricas não despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS, para fins de participação no Mecanismo de Realocação de Energia - MRE, inclusive para fins de participação nos Leilões de Compra de Energia Elétrica. PORTARIA No 463, DE 3 DE DEZEMBRO DE 2009; **Diário Oficial da União** de 4.12.2009.

BRASIL; DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DNAEE ; Estabelecer que projeto relativo a pequena central hidrelétrica - PCH, terá conformidade com as recomendações constantes no "Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas", cuja elaboração foi promovida pelo DNAEE e pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS. Portaria Nº 109, de 24 de Novembro de 1982; **Diário Oficial da União** de 26.11.1982.

## **ANEXO 1**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL  
RESOLUÇÃO ANEEL Nº 395, DE 04. DE DEZEMBRO DE 1998

Estabelece os procedimentos gerais para Registro e Aprovação de Estudos de Viabilidade e Projeto Básico de empreendimentos de geração hidrelétrica, assim como da Autorização para Exploração de Centrais Hidrelétricas até 30 MW e dá outras providências.

[Texto Original](#)

*Nota:*

*Revogada pela REN ANEEL [412](#) de 05.10.2010, referente aos dispositivos constantes nesta resolução no que concerne à potência do regime de produção independente ou auto-produção.*

*Nota:*

*“Ficam revogados os dispositivos constantes desta Resolução no que concerne às Pequenas Centrais Hidrelétricas, que passam a ser tratadas pela Resolução ANEEL nº [343](#), de 09.12. 2008.”*

O DIRETOR-GERAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, em exercício, no uso de suas atribuições que lhe foram conferidas pela Portaria ANEEL nº 88, de 18 de novembro de 1998, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto nos arts. 3º, 26 e 28 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, com a redação dada aos dois primeiros, pelo art. 4º da Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, o que consta no Processo nº 48500.004078/98-58 e considerando:

a necessidade de estabelecer procedimentos para o registro de estudos e projetos de que trata o art. 28 da Lei nº 9.427 de 26 de dezembro de 1996;

a competência da ANEEL para estabelecer restrições, limites e condições para a obtenção e transferência de concessões, permissões e autorizações, de forma a propiciar concorrência efetiva entre os agentes e impedir a concentração econômica nas atividades de energia elétrica;

que a implantação de aproveitamentos hidrelétricos de potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, caracterizados como Pequenas Centrais Hidrelétricas, depende de autorização da ANEEL;

as contribuições recebidas dos diversos agentes e setores da sociedade através da Consulta Pública nº 010, realizada no período de 11 a 26 de novembro de 1998,

RESOLVE:

**Art. 1º.** Estabelecer, na forma desta Resolução:

I - os procedimentos gerais para registro, seleção e aprovação de estudos de viabilidade e projeto básico de empreendimentos de geração hidrelétrica;

II - autorização de exploração de potenciais hidráulicos até 30.000 kW;

III - emissão de declaração de utilidade pública, para fins de desapropriação ou instituição de servidão administrativa, das áreas necessárias à implantação de instalações de geração de energia elétrica;

IV - disciplinar a comunicação quanto à realização dos aproveitamentos hidrelétricos até 1.000 kW.

## **Capítulo I Das Disposições Preliminares**

**Art. 2º.** A autorização para exploração de aproveitamentos hidrelétricos de potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, a que se refere o inciso I do art. 26 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, com a redação dada pelo art. 4º da Lei 9.648, de 27 de maio de 1998, será outorgada após a aprovação do projeto básico pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.

Parágrafo único. Os aproveitamentos referidos neste artigo que não atenderem o disposto na Resolução nº 394, de 04 de dezembro de 1998, que define as características de Pequena Central Hidrelétrica - PCH, serão objeto de outorga de concessão mediante processo licitatório.

**Art. 3º.** Os interessados em obter concessão para exploração de aproveitamentos hidrelétricos com potência superior a 30.000 kW ou daqueles a que se refere o parágrafo único do artigo anterior, previstos ou não no Planejamento Indicativo do Setor Elétrico, deverão apresentar os estudos de viabilidade ou o projeto básico à ANEEL, solicitando a sua inclusão no programa de licitação de concessões.

§ 1º Após análise da solicitação, a ANEEL expedirá comunicado ao interessado, informando sobre o resultado do pleito, podendo solicitar informações adicionais que julgar necessárias.

§ 2º Caso o pleito seja considerado válido, após a aprovação do estudo de viabilidade ou do projeto básico, a ANEEL iniciará o procedimento de licitação para outorga de concessão.

## **Capítulo II Dos Registros de Estudos de Viabilidade e do Projeto Básico**

**Art. 4º.** Para efeito do que dispõe o art. 28 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, o registro de realização de estudos e projetos será iniciado com a autuação do requerimento, específico para cada potencial hidráulico, sendo seu comprovante o número do processo da ANEEL.

**Art. 5º.** Os registros podem assumir duas condições, em relação à sua validade:

I - registro ativo: são aqueles considerados válidos pela ANEEL, com acompanhamento contínuo do andamento dos estudos;

II - registro inativo: são aqueles considerados insubsistentes pela ANEEL.

**Art. 6º.** A ANEEL divulgará, periodicamente, a relação dos registros ativos, assim como dos estudos de viabilidade e projetos básicos apresentados ou aprovados.

**Art. 7º.** Para que o registro de estudo de viabilidade ou projeto básico seja considerado ativo, o interessado deverá apresentar para cada potencial hidráulico as seguintes informações:

I - qualificação do interessado;

II - denominação do curso d'água e o número da bacia e da sub-bacia hidrográfica;

III - denominação do aproveitamento, indicando município(s) e estado(s);

IV - coordenadas geográficas do aproveitamento;

V - potência estimada a ser instalada;

VI - regime de exploração da energia a ser produzida;

VII - cópia de carta geográfica publicada por entidade oficial, com indicação do local do aproveitamento pretendido;

VIII - cronograma e condições técnicas de realização indicando a data de término dos estudos de viabilidade ou projeto básico;

IX - informação dos estudos de inventário hidrelétrico realizados, adotados como referência para as características do aproveitamento;

X - relatório de reconhecimento do sítio onde se localiza o potencial;

XI - previsão do dispêndio com os estudos de viabilidade ou projeto básico, o qual será auditado pela ANEEL, no caso de ressarcimento, com base nos seus custos finais.

**Art. 8º.** Após o registro, a ANEEL informará ao interessado os prazos para apresentação dos relatórios de andamento dos estudos de viabilidade ou do projeto básico, compatíveis com a sua complexidade e com as articulações e licenças legais necessárias, de modo que o registro permaneça na condição de ativo.

§ 1º A não apresentação das informações e relatórios nos prazos determinados implicará declaração de abandono e transferência do registro para a condição de inativo.

§ 2º Exceto na hipótese fundamentada da necessidade de maiores investigações de campo ou estudos especiais, não serão concedidas prorrogações dos prazos a que se refere o "caput" deste artigo.

§ 3º Após trinta dias da passagem do registro para a condição de inativo, e não havendo nenhuma manifestação do interessado, inclusive sobre a intenção de retirar a documentação eventualmente encaminhada à ANEEL, o processo será arquivado.

**Art. 9º.** O titular de registro ativo pode comunicar à ANEEL, em qualquer fase dos estudos e projetos, sua desistência em continuar desenvolvendo-os, podendo retirar as informações porventura apresentadas.

**Art. 10.** A autorização para a realização de levantamentos de campo será emitida mediante solicitação do interessado e apresentação à ANEEL do recibo de depósito da caução.

§ 1º O valor da caução a ser depositado em conta específica da ANEEL, corresponderá a 2% (dois por cento) do dispêndio de que trata o inciso XI do art. 7º desta Resolução.

§ 2º A caução será devolvida ao autorizado sessenta dias após expirado o prazo da autorização, mediante declaração da inexistência de ações judiciais indenizatórias, decorrentes da autorização.

**Art. 11.** Será anulado o registro de estudos de viabilidade ou de projeto básico quando houver fundados indícios que o seu titular, direta ou indiretamente, visa apenas alcançar resultado que iniba ou desestime a iniciativa de outros interessados no mesmo potencial hidráulico, ou objetive a formação de reserva de potenciais para seu uso futuro.

**Art. 12.** Os estudos de viabilidade e projetos básicos serão objeto de avaliação quanto aos seguintes aspectos:

I - desenvolvimento dos estudos ou projetos fundamentados em estudos básicos consistentes e adequados à etapa e ao porte do empreendimento;

II - atendimento à boa técnica em nível de projetos e soluções para o empreendimento, especialmente quanto às condições de atualidade, eficiência e segurança, e apresentação de custos com precisão adequada às diversas etapas de desenvolvimento dos estudos, de modo a garantir uma correta definição do

dimensionamento ótimo, de acordo com as normas técnicas e procedimentos instituídos pela ANEEL;

III - articulação com os órgãos ambientais e de gestão de recursos hídricos, nos níveis Federal e Estadual, bem como junto a outras instituições com interesse direto no empreendimento, quando for o caso, visando a definição do aproveitamento ótimo e preservando o uso múltiplo das águas;

IV - obtenção do licenciamento ambiental pertinente.

### **Capítulo III**

#### **Da Escolha dos Estudos de Viabilidade ou Projetos Básicos de Empreendimentos a serem Licitados**

**Art. 13.** Examinado e aceito o primeiro requerimento para inclusão no programa de licitação de concessões, com a apresentação do estudo de viabilidade ou projeto básico, a ANEEL informará aos demais interessados que possuam registro ativo para o mesmo aproveitamento, assinalando-lhes prazo de cento e vinte dias para apresentação dos estudos e projetos.

§ 1º O prazo referido neste artigo não implica ampliação do cronograma apresentado pelos demais interessados no empreendimento, que tenham vencimento anterior aos cento e vinte dias.

§ 2º O exame do requerimento para inclusão no programa de licitação de concessões será realizado segundo metodologia descrita no art. 12 desta Resolução e a ANEEL somente iniciará o processo de convocação dos demais interessados caso considere concluídos os estudos e projetos apresentados pelo requerente e adequados ao caso específico.

§ 3º Verificado pela ANEEL que os estudos e projetos do requerente estão inconclusos ou necessitam de detalhamento para seu exame, o pedido será indeferido sem a convocação dos demais interessados, sendo comunicado ao requerente o prazo em que ele poderá reapresentá-lo, que não será inferior a noventa dias.

§ 4º O não encaminhamento do estudo de viabilidade ou projeto básico à ANEEL, no prazo assinalado neste artigo, será considerado como desistência dos interessados na conclusão dos estudos e projetos.

**Art. 14.** Ocorrendo o envio de outros estudos de viabilidade ou projetos básicos para o mesmo aproveitamento hidrelétrico, em condições de ser aprovados, todos serão colocados à disposição dos interessados para o processo de licitação.

Parágrafo único. Somente o estudo de viabilidade ou projeto básico escolhido pelo vencedor da licitação fará jus ao ressarcimento, de acordo com o respectivo edital.

### **Capítulo IV**

#### **Das Autorizações para Exploração de Centrais Hidrelétricas até 30 MW, com Características de Pequena Central Hidrelétrica**

**Art. 15.** O exame do requerimento para a autorização de que trata o inciso I do art. 26 da Lei nº 9.427/96, com a redação dada pelo art. 4º da Lei nº 9.648/98, dependerá de ter o interessado promovido, na forma desta Resolução, o prévio registro dos estudos e projetos, e de ser o pedido instruído com o projeto básico do aproveitamento.

Parágrafo único. Sendo o requerente pessoa jurídica controlada direta ou indiretamente pelo poder público, deverá o requerimento vir acompanhado de declaração que a implantação do aproveitamento hidrelétrico tem os recursos assegurados para a sua realização no Plano Plurianual de Investimentos da organização.

**Art. 16.** Para outorga de autorização serão desconsiderados os estudos e projetos que não atendam as características de Pequena Central Hidrelétrica, conforme exigido pelo inciso I do art. 26 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, com a redação dada pelo art. 4º da Lei 9.648, de 27 de maio de 1998.

**Art. 17.** Examinado e aceito o primeiro requerimento de autorização, a ANEEL informará aos outros interessados que possuam registro ativo para o mesmo aproveitamento, assinalando-lhes prazo de noventa dias para apresentação do projeto básico.

§ 1º O prazo referido neste artigo não implica ampliação do cronograma apresentado pelos demais interessados no empreendimento, que tenham vencimento anterior aos noventa dias.

§ 2º O exame do requerimento para autorização será realizado segundo metodologia descrita no art. 12 desta Resolução e a ANEEL somente iniciará o processo de convocação dos demais interessados, caso considere concluídos os estudos e projetos apresentados pelo requerente e adequados ao caso específico.

§ 3º Verificado pela ANEEL que os estudos e projetos do requerente estão inconclusos ou necessitam de detalhamento para seu exame, o pedido será indeferido sem a convocação dos demais interessados, sendo comunicado ao requerente o prazo em que ele poderá reapresentá-lo, que não será inferior a noventa dias.

§ 4º A não apresentação do projeto básico no prazo referido no "caput" deste artigo, será considerado como desistência do interessado em concorrer à autorização do aproveitamento.

**Art. 18.** Decorrido o prazo previsto no art. 17 desta Resolução, e existindo, além do primeiro requerente, outros interessados no aproveitamento, com projetos em condições de ser aprovados, a ANEEL, visando aumentar o número de agentes produtores de energia elétrica e assegurar maior competitividade para a outorga de autorização, utilizará os seguintes critérios de seleção, pela ordem:

I - aquele que possuir participação percentual na produção de energia elétrica do sistema interligado inferior a 1% (um por cento);

II - aquele que não seja agente distribuidor de energia elétrica na área de concessão ou sub-concessão na qual esteja localizado o aproveitamento hidrelétrico objeto da autorização;

III - aquele que for proprietário ou detiver direito de livre dispor da maior área a ser atingida pelo aproveitamento em questão, com base em documentação de cartório de registro de imóveis;

IV - aquele que possuir participação na comercialização de energia elétrica no território nacional inferior ao volume de 300 GWh/ano.

**Art. 19.** Findo o processo de seleção definido no artigo anterior, e após a publicação do seu resultado, a ANEEL exigirá dos interessados a apresentação, em trinta dias, dos documentos que comprovem sua regularidade jurídica e fiscal, bem como a sua qualificação técnica e capacidade de investimento para execução do empreendimento.

§ 1º Os interessados deverão apresentar, a título de qualificação jurídica, os seguintes documentos:

I - ato constitutivo da empresa, devidamente registrado no órgão competente;

II - contrato de constituição de consórcio, quando for o caso, com a indicação da participação de cada empresa, sua condição na futura exploração do aproveitamento e a designação da líder do consórcio.

§ 2º Os interessados deverão apresentar, a título de regularidade fiscal, os seguintes documentos:

I - inscrição no Cadastro Geral de Contribuintes (CGC);

II - inscrição no cadastro de contribuintes estadual ou municipal, se houver, relativo à sede do interessado;

III - certificados de regularidade perante a Seguridade Social e o FGTS;

IV - certidões de regularidade para com as Fazendas Federal, Estadual e Municipal do domicílio ou sede do interessado.

§ 3º Deverão ser apresentados, a título de comprovação de qualificação técnica, os seguintes documentos:

I - comprovante de registro e regularidade perante o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CREA, do interessado ou de empresas com as quais o mesmo tenha firmado compromisso ou pré-contrato para execução das obras;

II - comprovação de aptidão do responsável técnico, mediante atestado fornecido pelo CREA, do interessado ou de empresas com as quais tenha firmado compromisso ou pré-contrato para execução das obras;

III - atestados fornecidos por pessoas jurídicas, de direito público ou privado, devidamente certificados pelo CREA, que comprovem a aptidão para desempenho de atividade pertinente e compatível em características, quantidades e prazos com a obra e instalações de implantação do objeto da autorização e a boa qualidade de obras e serviços de engenharia similares, realizados pelo interessado ou por empresas com as quais tenha firmado compromisso para a execução das obras.

§ 4º Os interessados deverão apresentar um demonstrativo de capacidade financeira para realização do empreendimento, incluindo:

I - certidão negativa de pedido de falência ou concordata, expedida pelo distribuidor da sede do interessado ou, na hipótese de pessoa física, certidão negativa de protesto expedida pelo distribuidor do local de seu domicílio;

II - balanço patrimonial e demonstrações contábeis do último exercício social, já exigíveis, apresentados na forma da lei;

III - patrimônio líquido ou, na hipótese de pessoa física, patrimônio pessoal, constante da última declaração do imposto de renda;

IV - quadro de usos e fontes dos recursos de investimento;

§ 5º A ANEEL examinará o histórico do interessado, quanto ao comportamento e penalidades acaso imputadas, no desenvolvimento de outros processos de autorização e concessão dos serviços de energia elétrica.

**Art. 20.** Somente após a comprovação exigida no art. 19 desta Resolução será outorgada a autorização.

§ 1º Caso o interessado não apresente as condições exigidas, será proclamado como novo vencedor o 2º colocado e, assim sucessivamente, até que um dos interessados apresente as condições exigidas.

§ 2º Caso nenhum dos interessados apresente as condições exigidas, será iniciado um novo processo de outorga de autorização.

## **Capítulo V**

### **Da Obtenção de Declaração de Utilidade Pública**

**Art. 21.** (Revogado pela Resolução ANEEL nº [259](#), de 09.06.2003)

## **Capítulo VI**

### **Da Comunicação dos Aproveitamentos Hidrelétricos com potência igual ou inferior a 1.000 kW**

**Art. 22.** Os aproveitamentos hidrelétricos com potência igual ou inferior a 1.000 kW deverão ser comunicados à ANEEL, conforme o art. 8º da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, de acordo com formulário a ser disponibilizado pela ANEEL.

§ 1º O aproveitamento de potencial hidráulico de que trata este artigo, que vier a ser afetado por aproveitamento ótimo de curso d'água, não acarretará ônus de qualquer natureza ao Poder Concedente.

§ 2º A comunicação referida no "caput" deste artigo não exime o interessado das responsabilidades quanto aos aspectos ambientais e de recursos hídricos.

## **Capítulo VII Das Disposições Finais e Transitórias**

**Art. 23.** Esta Resolução se aplica aos registros de estudos de viabilidade e projetos básicos e aos requerimentos de autorização para implantação de aproveitamentos hidrelétricos que se encontrem em tramitação na ANEEL.

**Art. 24.** Os registros de estudos de viabilidade e projeto básico, de que trata o Capítulo II, e os requerimentos de autorização para exploração de potenciais hidráulicos de potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, referidos no Capítulo IV, em tramitação na ANEEL, deverão ter sua documentação complementada no prazo de sessenta dias, contados da publicação desta Resolução, sendo considerados insubsistentes no caso de não atendimento deste prazo.

**Art. 25.** O disposto nos arts. 11 e 18 desta Resolução aplica-se ao interessado, ao seu controlador, às suas controladas e coligadas ou vinculadas.

**Art. 26.** Para os fins desta Resolução, as definições de acionista controlador, de sociedades coligadas ou vinculadas, controladoras e controladas, são as expressas na Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, e na Resolução ANEEL nº 094, de 30 de março de 1998.

**Art. 27.** A ANEEL regulamentará, em resolução específica, a forma e as condições de ressarcimento do custo dos estudos e projetos aprovados.

**Art. 28.** Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

AFONSO HENRIQUES MOREIRA SANTOS

Este texto não substitui o publicado no D.O. de 10.06.2003, seção 1, p. 74, v. 140, n. 110.

## AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL

## RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 343, DE 9 DE DEZEMBRO DE 2008

Estabelece procedimentos para registro, elaboração, aceite, análise, seleção e aprovação de projeto básico e para autorização de aproveitamento de potencial de energia hidráulica com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH.

(\*) Vide alterações e inclusões no final do texto.

[Texto Atualizado](#)

[Relatório](#)

[Voto](#)

[Anexos](#)

O DIRETOR-GERAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto nos arts. 3º, 26 e 28 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, com base no art. 4º, incisos I, IV, XXI, XXXI, XXXIII e XXXIV, Anexo I, do Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, o que consta do Processo nº 48500.003159/2007-56, e considerando:

a necessidade de revisão dos procedimentos para registro, elaboração, aceite, análise, seleção e aprovação de projeto básico, assim como para autorização de aproveitamento de potencial de energia hidráulica, com características de Pequena Central Hidrelétrica - PCH;

a competência da ANEEL para estabelecer restrições, limites e condições para a obtenção e transferência de autorizações, de forma a propiciar concorrência e competitividade efetivas entre os agentes, bem como a necessidade de incentivo à prospecção de novos estudos de inventário a serem realizados, tendo como premissa o melhor uso do potencial hidráulico; e

as contribuições recebidas dos diversos agentes e setores da sociedade, no período de 12 de junho a 31 de agosto de 2008, por ocasião da Audiência Pública nº 38/2008, que contribuíram para o aperfeiçoamento deste ato regulamentar, resolve:

**Art. 1º** Estabelecer os procedimentos para registro, elaboração, aceite, análise, seleção e aprovação de projeto básico e para autorização, relativos a aproveitamento de potencial hidráulico de potência superior a 1.000 kW e igual ou

inferior a 30.000 kW, em regime de produção independente ou autoprodução, com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH.

## **Capítulo I DO REGISTRO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO**

**Art. 2º** Para fins de registro para elaboração de projeto básico, o interessado deverá protocolar na ANEEL os seguintes documentos:

I – requerimento de registro assinado por pessoa física interessada ou representante legal de pessoa jurídica, inclusive consórcios, nos termos da legislação vigente;

II – termo de compromisso e formulário de registro disponíveis no endereço eletrônico [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br), acompanhados dos documentos requeridos;

III – documentação que assegure devida autorização de uso, no caso de aproveitamentos que utilizem estruturas de propriedade da União, dos Estados, do Distrito Federal ou dos Municípios; e

IV – comprovante de aporte da garantia de registro, conforme disposto no Capítulo II.

Parágrafo único. Não será dado provimento à solicitação de registro de elaboração de projeto básico para aproveitamentos que não dispuserem do respectivo estudo de inventário aprovado.

**Art. 3º** O registro poderá assumir duas condições:

I - ativo: é o registro considerado válido e eficaz; e

II - inativo: é o registro ativo que venha a se tornar insubsistente, seja por descumprimento às disposições constantes desta Resolução, seja por outro motivo considerado relevante.

§ 1º A efetivação da condição do registro se dará por meio de Despacho.

§ 2º Caso o pedido de registro não seja concedido, o interessado será informado sobre as razões da recusa.

§ 3º Somente serão admitidos outros pedidos de registro para o mesmo aproveitamento durante o prazo de sessenta dias depois de efetivado o primeiro registro na condição de ativo.

§ 4º Efetivado o primeiro registro como ativo, a entrega do respectivo projeto básico e, quando couber, dos demais projetos para o mesmo aproveitamento, deverá ser feita em até quatorze meses contados da publicação do primeiro Despacho de registro ativo, podendo este prazo ser prorrogado nos casos fortuitos ou de força maior, ou nos casos provocados por atos do Poder Público.

§ 5º A partir da efetivação do registro na condição de ativo, o interessado deverá apresentar relatórios trimestrais contendo o andamento e a evolução dos trabalhos, bem como as articulações com os demais órgãos envolvidos com vistas à adequada definição do potencial hidráulico, podendo a periodicidade ser alterada, a critério da ANEEL.

§ 6º O interessado assumirá, por sua conta e risco, a elaboração do projeto básico, inclusive quanto à administração do prazo de validade e demais condições e informações referentes ao registro, incluindo o acompanhamento do Diário Oficial da União, no que couber, sendo responsável por eventuais ônus decorrentes da atividade ou da aplicação desta Resolução.

§ 7º Somente o interessado detentor de registro ativo, ou seu representante legal, serão reconhecidos para fins de instrução processual.

**Art. 4º** O processo será encerrado, em qualquer etapa, caso ocorra a passagem do registro para a condição de inativo.

**Art. 5º** O interessado, em até cento e oitenta dias da efetivação do primeiro registro na condição de ativo, poderá manifestar formalmente sua desistência em prosseguir no processo.

§ 1º Uma vez protocolado na ANEEL, o projeto básico não poderá ser substituído ou complementado até o aceite, e não poderá haver desistência em prosseguir no processo.

§ 2º A ANEEL divulgará os casos de desistência formalizados por parte do interessado.

**Art. 6º** A autorização para levantamentos de campo, quando solicitada pelo interessado, dar-se-á por meio de Despacho, depois de cumpridos os requisitos constantes do endereço eletrônico [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br).

## Capítulo II

### DAS GARANTIAS DE REGISTRO E DE FIEL CUMPRIMENTO

**Art. 7º** A garantia de registro será equivalente aos valores dados pela fórmula:

$$VG = [(V_{\max} (P - 1.000) - V_{\min} (P - 30.000))] / 29.000:$$

onde:

VG = Valor da garantia, em R\$;

P = Potência da PCH estimada no estudo de inventário aprovado pela ANEEL, em kW;

V<sub>min</sub> = Valor mínimo da garantia = R\$ 100.000,00 (cem mil reais);

V<sub>max</sub> = Valor máximo da garantia = R\$ 500.000,00 (quinhentos mil reais).

§ 1º Os valores mínimo e máximo da garantia de registro poderão ser revistos, a critério da ANEEL.

§ 2º As modalidades e formas de aporte da garantia de registro serão colocadas à disposição no endereço eletrônico [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br).

§ 3º A garantia de registro deverá ter a ANEEL como beneficiária e o interessado como tomador e vigorar por, no mínimo, vinte e quatro meses a partir da data de solicitação de registro, devendo ser renovada tantas vezes quantas forem necessárias, sempre quinze dias antes do vencimento ou sempre que solicitada pela ANEEL, de modo que permaneça válida até que atenda as condições para uma eventual devolução, quando couber, ou até a troca da garantia nos termos previstos neste Capítulo.

§ 4º O interessado que não mantiver a garantia de registro nas condições previstas nesta Resolução estará sujeito às sanções administrativas e judiciais.

§ 5º A garantia de registro será devolvida nas seguintes condições:

I – em trinta dias, caso não ocorra a concessão do registro ativo, contados da informação sobre as razões da recusa;

II – em noventa dias, contados da manifestação formal do interessado em desistir do processo, observado o prazo disposto no Capítulo I;

III – nos casos em que houver mais de um interessado, trinta dias após a publicação do Despacho de aceite aos concorrentes que não se classificarem em primeiro lugar;

IV – em trinta dias, contados da devolução do projeto básico por não ter sido aceito, desde que seja a primeira devolução;

V – dez dias após o aporte da garantia de fiel cumprimento, quando couber; ou

VI – nos casos em que for declarada pelo órgão competente a inviabilidade ambiental do aproveitamento, trinta dias após esta declaração.

§ 6º A garantia de registro somente será devolvida após apresentação, por parte do interessado, de inexistência de ações judiciais indenizatórias decorrentes dos eventuais levantamentos de campo realizados.

§ 7º A garantia de registro será executada, por determinação expressa da ANEEL, nas seguintes hipóteses:

I – descumprimento aos termos desta Resolução ou à legislação vigente;

II – descumprimento às determinações da ANEEL;

III – por reincidência de devolução do projeto básico, por não ter sido aceito;

IV – não aprovação do projeto básico;

V – não atendimento às condições para obtenção da outorga em fase anterior ao aporte da garantia de fiel cumprimento; ou

VI – no caso de enquadramento ao previsto no art. 20 desta Resolução.

§ 8º A execução da garantia de registro ocorrerá após instrução do termo de encerramento do processo.

**Art. 8º** Para obter a outorga de autorização de que trata o Capítulo VI, o interessado deverá apresentar a garantia de fiel cumprimento, no valor de 5% (cinco por cento) do investimento, equivalente a R\$ 4.000,00 (quatro mil reais)/kW instalado, tendo como referência a potência do projeto básico aprovado, podendo este valor ser revisto a critério da ANEEL.

§ 1º A garantia de fiel cumprimento deverá ter a ANEEL como beneficiária e o interessado como tomador e vigorar por até trinta dias após a entrada em operação comercial da última unidade geradora do empreendimento, devendo ser mantida nas condições previstas nesta Resolução, e prorrogada quinze dias antes do vencimento, sempre que este marco ocorrer antes da entrada em operação comercial da última unidade geradora.

§ 2º A garantia poderá ser substituída por outras garantias aceitas pela ANEEL, de valores progressivamente menores, à medida que, mediante comprovação junto à fiscalização da Agência, forem sendo atingidos os marcos descritos a seguir:

I – início da concretagem da casa de força – redução de 10% (dez por cento) do valor originalmente aportado;

II – descida do rotor da turbina da 1ª unidade geradora – redução de 40% (quarenta por cento) do valor originalmente aportado; e

III – início da operação em teste da 1ª unidade geradora – redução de 60% (sessenta por cento) do valor originalmente aportado.

§ 3º A garantia de fiel cumprimento será executada, por determinação expressa da ANEEL, nas seguintes hipóteses:

I – descumprimento do cronograma de implantação do empreendimento;

II – descumprimento das condições previstas no ato autorizativo quanto à potência instalada e ao número de máquinas;

III – alterações no Projeto Básico aprovado pela ANEEL, sem anuência prévia da Agência, que resultem em redução da energia gerada ou interfiram na partição de quedas aprovada; ou

IV – revogação da outorga de autorização.

§ 4º A empresa deverá recompor a garantia no caso de execução total ou parcial da mesma.

§ 5º A execução da garantia de fiel cumprimento não exime a autorizada das penalidades previstas na regulamentação específica.

§ 6º A garantia de fiel cumprimento será devolvida nas seguintes condições:

I – no trigésimo dia posterior ao início da operação comercial da última unidade geradora; ou

II – se for declarada pelo órgão competente a inviabilidade ambiental do empreendimento, trinta dias após esta declaração.

§ 7º No caso de transferência da outorga durante o período de validade da garantia de fiel cumprimento, a nova autorizada deverá substituir as garantias originais, as quais somente serão devolvidas após a validação das novas garantias.

§ 8º As modalidades e formas de aporte da garantia de fiel cumprimento serão disponibilizadas no endereço eletrônico [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br).

### **Capítulo III DAS CONDIÇÕES GERAIS DO PROJETO BÁSICO**

**Art. 9º** Atendidas as disposições previstas nos Capítulos I e II, relativas às etapas de registro e elaboração, o projeto básico deverá ser protocolado na ANEEL conforme condições e termo de responsabilidade dispostos no endereço eletrônico [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br).

§ 1º O projeto básico deverá ser desenvolvido em estudos fundamentados, consistentes e adequados à etapa e ao porte do aproveitamento, devendo ser atendida a boa técnica quanto a projetos e soluções para o aproveitamento, especialmente quanto às condições de regularidade, atualidade, continuidade, eficiência e segurança.

§ 2º A critério da ANEEL, e dependendo da complexidade e especificidade do aproveitamento, poderão ser solicitados, em qualquer etapa, estudos, avaliações adicionais, auditorias independentes, laudos específicos e/ou documentos não explicitados nas condições de que trata o *caput*.

§ 3º São de total responsabilidade do interessado o conteúdo, veracidade, consistência e legalidade das informações e documentos apresentados, incluindo os possíveis direitos autorais de estudos e referências que fizerem parte do projeto básico.

§ 4º Eventuais inconsistências identificadas em relação ao estudo de inventário aprovado deverão ser imediatamente informadas à ANEEL, com as

devidas justificativas para análise e providências cabíveis, observado o disposto no Capítulo IV.

#### **Capítulo IV** **DO ACEITE DO PROJETO BÁSICO E DA SELEÇÃO DO INTERESSADO**

**Art. 10.** Para que o projeto básico seja aceito, avaliar-se-á o atendimento ao conteúdo e abrangência de que trata o art. 9º desta Resolução, bem como a compatibilidade com o respectivo estudo de inventário aprovado.

§ 1º Serão admitidos, a critério da ANEEL e devidamente justificado pelo interessado, eventuais ajustes no projeto básico em relação ao inventário, desde que não caracterizem alteração não fundamentada do potencial hidráulico aprovado e/ou não incorram em prejuízos para outros aproveitamentos da cascata.

§ 2º Para fins de aceite, serão admitidos eventuais esclarecimentos ao projeto básico apresentado, os quais deverão ser prestados pelo interessado no prazo estabelecido pela ANEEL.

§ 3º Caso o projeto básico não esteja em condições de aceite, será devolvido ao interessado com notificação formalizada por meio de Despacho, alterando a condição do registro para inativo.

**Art. 11.** Existindo dois ou mais projetos básicos para o mesmo aproveitamento, a ANEEL utilizará os seguintes critérios com vistas à seleção e hierarquização do interessado, pela ordem:

I – aquele cujo projeto básico esteja em condições de obter o aceite dentro dos prazos estabelecidos;

II – aquele que tenha sido o responsável pela elaboração do respectivo estudo de inventário, observados os termos da Resolução nº [393](#), de 4 de dezembro de 1.998; e

III – aquele que for proprietário da maior área a ser atingida pelo reservatório do aproveitamento em questão, com documentação devidamente registrada em cartório de imóveis até o prazo de quatorze meses após a efetivação do primeiro registro na condição de ativo.

§ 1º A seleção de que trata o *caput*, se aplicável, somente ocorrerá após a entrega do último projeto básico na ANEEL, observado o prazo previsto no Capítulo I.

§ 2º Caso o interessado tenha o seu registro inativado em qualquer etapa do processo por descumprimento aos termos desta Resolução, perderá o direito de preferência previsto no inciso II do *caput*, inclusive, quando couber, na situação em que venha a solicitar novo pedido de registro para o aproveitamento em questão.

§ 3º A ANEEL publicará Despacho com o resultado do aceite e, quando aplicável, da seleção, neste caso hierarquizando os interessados detentores de aceite conforme critérios dispostos no *caput*.

§ 4º Após a publicação do Despacho de que trata o § 3º, o interessado classificado em primeiro lugar deverá protocolar trimestralmente, ou com outra periodicidade, a critério da ANEEL, documentos que comprovem o andamento do processo de licenciamento ambiental pertinente, incluindo o pedido formal do Termo de Referência para elaboração do Estudo do Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA ou estudos simplificados, quando for o caso, e demais documentos de interação junto ao órgão ambiental competente, além de um plano de trabalho contendo cronograma e demais tratativas com vistas à obtenção do licenciamento.

§ 5º Caso não haja projeto básico aceito e, quando aplicável, interessado selecionado, serão admitidos novos pedidos de registro de elaboração de projeto básico para o aproveitamento em questão.

## **Capítulo V**

### **DA ANÁLISE E APROVAÇÃO DO PROJETO BÁSICO**

**Art. 12.** Concluída a etapa de aceite e, se for o caso, da seleção do interessado, a ANEEL procederá à análise do projeto básico único ou do primeiramente classificado, tendo como ênfase os aspectos definidores do potencial hidráulico.

§ 1º O início efetivo da análise do projeto básico condiciona-se ao atendimento dos critérios de prioridade de análise disponibilizados no endereço eletrônico [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br).

§ 2º O projeto básico será avaliado quanto à obtenção do licenciamento ambiental pertinente e quanto aos parâmetros da reserva de disponibilidade hídrica, ou atos equivalentes, emitidos pelos respectivos órgãos competentes.

§ 3º A ANEEL poderá convocar o interessado para expor/justificar os principais pontos do projeto básico, especialmente aqueles relacionados às disciplinas definidoras do potencial hidráulico.

§ 4º Serão admitidas eventuais complementações ao projeto básico aceito, as quais deverão ser prestadas pelo interessado no prazo estabelecido pela ANEEL, limitado a noventa dias quando não especificado.

§ 5º Se as complementações de que trata o § 4º não atenderem ao solicitado ou no caso do descumprimento de prazos, o projeto básico não será aprovado, com notificação formalizada por meio de Despacho, alterando a condição do registro para inativo.

**Art. 13.** A aprovação final do projeto básico, dada por Despacho, após a conclusão das análises nos termos deste Capítulo, dependerá de apresentação do licenciamento ambiental pertinente e da reserva de disponibilidade hídrica, os quais deverão estar compatíveis com o projeto,.

§ 1º A aprovação do projeto básico se restringirá à adequabilidade ao uso do potencial hidráulico, não eximindo o interessado e eventuais subcontratados de suas responsabilidades integral e exclusiva, nas esferas civil, penal, administrativa e técnica, inclusive perante o CREA, tanto pela elaboração quanto pela execução do projeto, compreendendo, também, os aspectos de segurança relacionados à barragem e demais estruturas do empreendimento.

§ 2º A não aprovação do projeto básico por descumprimento aos termos desta Resolução acarretará na inativação do registro correspondente com formalização por meio de Despacho e, quando couber, na proclamação como novo vencedor do processo de seleção o próximo colocado, conforme previsto no art. 11, § 3º, desta Resolução, até que um dos interessados tenha o seu projeto básico aprovado.

§ 3º Na convocação do próximo colocado de que trata o § 2º, o interessado deverá reapresentar a garantia de registro em até trinta dias, nos termos do Capítulo II desta Resolução.

§ 4º Caso não haja projeto básico aprovado, serão admitidos novos pedidos de registro de elaboração de projeto básico para o aproveitamento em questão.

## **Capítulo VI DA OUTORGA DE AUTORIZAÇÃO**

**Art. 14.** Após a publicação da aprovação do projeto básico, o interessado deverá protocolar, em até trinta dias, prorrogáveis por igual período, a critério da ANEEL, os seguintes documentos originais ou cópias devidamente autenticadas:

I – Organograma do Grupo Econômico, promovendo abertura do quadro de acionistas, até a participação acionária final, inclusive de quotista/acionista pessoa física, constando o nome ou razão social, obedecendo às seguintes regras:

o organograma deverá apresentar as participações diretas e indiretas, até seu último nível;

a abertura deve considerar todo tipo de participação, inclusive minoritária, superior a 5% (cinco por cento); e  
as participações inferiores a 5% (cinco por cento) também devem ser informadas, quando o acionista fizer parte do Grupo de Controle por meio de Acordo de Acionistas.

II – ato constitutivo, estatuto ou contrato social em vigor, devidamente registrado no órgão competente, acompanhado do ato que instituiu a atual administração, observando, no que couber, o disposto na Lei nº 6.404, de 15 de setembro de 1976;

III – Contrato de Constituição de Consórcio, quando for o caso, firmado por instrumento público ou particular, na forma estabelecida no art. 279 da Lei nº 6.404, de 1976, e no art. 33 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, subscrito pelos representantes legais das empresas consorciadas e com firma reconhecida, o qual deverá contemplar as seguintes cláusulas específicas:

indicação da participação percentual de cada empresa; e

designação da líder do consórcio, com quem a ANEEL se relacionará e será perante ela responsável pelo cumprimento das obrigações descritas no ato autorizativo, sem prejuízo da responsabilidade solidária das demais empresas consorciadas.

IV – inscrição no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ);

V – certificado de regularidade relativo às Contribuições Previdenciárias e às de Terceiros e ao Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS);

VI – Certidões de regularidade perante as Fazendas Federal, Estadual e Municipal, sendo que a regularidade para com a Fazenda Federal deverá ser comprovada por meio de Certidão Conjunta Negativa de Débitos ou Positiva com Efeito de Negativa, relativos a Tributos Federais e à Dívida Ativa da União, expedida pela Secretaria da Receita Federal e Procuradoria-Geral da Fazenda Nacional.

VII – Certidão Civil de Falências e Processo de Recuperação, emitida em até trinta dias corridos anteriores à data de protocolo dos documentos na ANEEL, que comprove inexistir distribuição de ações de falência, ou Certidão de Insolvência Civil, no caso de sociedades civis;

VIII – Informação de Acesso emitida pela concessionária de distribuição, transmissão ou pelo ONS, a respeito da viabilidade e do ponto de conexão do empreendimento;

IX - cronograma físico completo atualizado da implantação do empreendimento, apresentado por meio de diagrama de barras e tabela, onde deverão ser destacadas as datas dos principais marcos, conforme relação abaixo:

- a) obtenção da Licença de Instalação – LI, baseado no histórico do licenciamento ambiental e nos prazos previstos nos regulamentos ambientais;
- b) início da montagem do canteiro de obras;
- c) início das obras civis das estruturas;
- d) desvio do rio (discriminando por fase);
- e) início da concretagem da casa de força;
- f) início da montagem eletromecânica das unidades geradoras;  
início das obras da subestação e linha de transmissão de interesse restrito;
- h) conclusão da montagem eletromecânica;
- i) obtenção da Licença de Operação – LO;
- j) início do enchimento do reservatório;
- k) início da operação em teste de cada unidade geradora; e
- l) início da operação comercial de cada unidade geradora.

§ 1º O cronograma físico a ser apresentado será constituído em compromisso do empreendedor para a implantação do empreendimento, e constará do ato autorizativo, determinando o acompanhamento do andamento do empreendimento pela fiscalização da ANEEL.

§ 2º Os interessados deverão estar adimplentes com as obrigações setoriais de que tratam as Leis nº 8.631, de 4 de março de 1993, e nº 9.427, de 1996, se forem titulares de concessão ou autorização para exploração de serviço de energia elétrica.

§ 3º Empresas estrangeiras e Fundos de Investimentos em Participações – FIP, para receber a outorga de autorização, deverão constituir, sob as leis brasileiras, empresa específica que atenda a todos os requisitos de qualificação e regularidade previstos.

§ 4º O não cumprimento do prazo previsto no *caput* implicará na convocação do segundo colocado na seleção, quando for o caso, e na inativação do registro, com consequente execução da respectiva garantia.

**Art. 15.** Para fins de outorga, a ANEEL examinará o histórico do requerente quanto ao comportamento e penalidades acaso imputadas no desenvolvimento de outros processos de autorização e concessão dos serviços de energia elétrica.

§ 1º A análise do processo de outorga será sobrestada caso se verifique a existência de irregularidades.

§ 2º Na ocorrência do disposto no § 1º, o interessado terá até sessenta dias para regularização, findos os quais, sem manifestação do interessado ou descumpridas as determinações da ANEEL, será inativado o registro correspondente e, quando for o caso, convocado o segundo colocado no processo de seleção.

§ 3º Sanadas as irregularidades, os documentos exigidos pelo art. 14 deverão ser atualizados e a ANEEL retomará a análise do processo de outorga.

§ 4º Considerado o histórico do requerente, ainda que sua situação esteja regular, a ANEEL poderá convocar o segundo colocado no processo de seleção, quando for o caso, ou inativar o registro de Projeto Básico.

**Art. 16.** No caso de empresas organizadas sob a forma de consórcio:

I - as obrigações pecuniárias perante a ANEEL são proporcionais à participação de cada consorciada; e

II - posteriormente a outorga, caso haja transferência parcial ou total da autorização, deverá ser solicitada prévia anuência da ANEEL, conforme legislação em vigor.

**Art. 17.** Atendidos os requisitos constantes deste Capítulo e após o aporte da garantia de fiel cumprimento, nos termos do Capítulo II, a ANEEL emitirá a outorga de autorização para a PCH em questão.

**Art. 18.** No caso de transferência total ou parcial da titularidade da autorização, o sucessor deverá atender, no que couber, às condições estabelecidas nesta Resolução.

**Art. 19.** A instrução do Processo de outorga será sobrestada caso o interessado manifeste a intenção de participar do leilão de energia nova subsequente.

Parágrafo único. Caso o interessado não venda energia no referido leilão, o processo de outorga será retomado nos termos do art. 14.

## **Capítulo VII DAS DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS**

**Art. 20.** Será revogado o registro de projeto básico ou a autorização quando, a qualquer tempo, houver fundados indícios de que seu titular, direta ou indiretamente, vise apenas alcançar resultado que iniba ou desestimule a iniciativa de outros interessados no mesmo potencial hidráulico, ou objetive a formação de reserva de potenciais para seu uso futuro.

Parágrafo único. Também será revogado o registro ou a autorização daquele que fornecer informações inexatas quando do envio dos documentos previstos no art. 14.

**Art. 21.** O registro de projeto básico poderá ser revogado ou o processo de autorização poderá ser encerrado, a qualquer tempo, se verificado que não foram atendidas as condições estipuladas para a adequada instrução processual nas fases inerentes aos mesmos.

**Art. 22.** Para os pedidos de registro protocolados antes da publicação desta Resolução, que estejam adequados e forem efetivados como ativo, aplicam-se as regras previstas na Resolução nº [395](#), de 4 de dezembro de 1998.

**Art. 23.** Os aproveitamentos de PCHs para os quais já existirem registros ativos para elaboração do projeto básico, antes da data de publicação desta Resolução, ou que atendam ao disposto no art. 22, não poderão ser objeto de novos pedidos de registro, após sessenta dias da data de publicação desta Resolução, e os demais trâmites processuais desses registros dar-se-ão nos termos da Resolução nº 395, de 1998.

Parágrafo único. Caso o aproveitamento enquadrado no *caput* venha a ter todos os registros na condição de inativo, os novos pedidos de registro seguirão os trâmites previstos nesta Resolução.

**Art. 24.** Somente fazem jus ao critério de seleção constante do art. 11, inciso II, os desenvolvedores de estudos de inventário e de revisão de inventário que venham a protocolar pedido de registro em data posterior à publicação desta Resolução.

**Art. 25.** Os arts. 3º e 15 da Resolução nº [393](#), de 4 de dezembro de 1998, passam a vigorar com a seguinte redação:

“Art	3º.
.....	
.....	

§ 3º Adicionalmente, é assegurado ao autor dos estudos de inventário e de revisões de inventário o direito de preferência a, no máximo, 40% (quarenta por cento) do potencial inventariado, ou, no mínimo, um aproveitamento identificado, desde que enquadrado(s) como PCH(s).

§ 4º O disposto no § 3º não se aplica às revisões de inventários, cujos estudos tenham sido aprovados pela ANEEL, em período inferior a oito anos, contados da data de solicitação do registro para as revisões.

“Art.15. Parágrafo único. Apenas o estudo de inventário ou de revisão de inventário definido na forma deste artigo terá direito ao ressarcimento de custos a que se referem os §§ 1º e 2º do art. 3º; e/ou ao direito de preferência a aproveitamentos de PCH porventura identificados a que se refere o § 3º do art. 3º da presente Resolução”.

**Art. 26.** Acrescenta-se o art. 19-A na Resolução nº [393](#), de 4 de dezembro de 1998, com a seguinte redação:

“Art. 19-A Os titulares de registro para elaboração de estudos de inventário e de revisões de inventário, para fazerem jus ao direito de preferência em aproveitamento(s) enquadrado(s) como PCH(s), nos termos dos arts. 3º e 15, deverão apresentar, na ocasião da entrega dos referidos estudos de inventário, o(s) aproveitamento(s) de seu interesse que atendam ao critério estabelecido.

§ 1º A não apresentação, de maneira objetiva, dos aproveitamentos de interesse ou a apresentação de maneira a ferir a regulamentação vigente, implica em desistência, por parte do interessado, em exercer o direito de preferência.

§ 2º Somente fará jus ao(s) aproveitamento(s) de seu interesse, observadas as demais disposições prevista na Resolução Normativa nº [343](#), de 9 de dezembro de 2008, o interessado que solicitar o(s) registro(s) correspondente(s) em até sessenta dias da aprovação do respectivo estudo de inventário.”

§ 3º O efetivo exercício do direito de preferência dar-se-á pelos critérios de seleção nos termos do art. 11, inciso II, da Resolução Normativa nº [343](#), de 9 de dezembro de 2008.

§ 4º Quando da aplicação dos critérios de seleção supracitados, se o desenvolvedor do estudo de inventário não for o selecionado por enquadramento de concorrente em critério predecessor, o direito de preferência é automaticamente perdido, caso o selecionado não seja desqualificado nas etapas subsequentes”.

**Art. 27.** A ANEEL divulgará periodicamente a relação dos registros ativos e dos projetos aceitos, assim como os critérios de hierarquização definidores das prioridades de análises.

**Art. 28.** Noventa dias após a liberação para operação comercial da última unidade geradora do empreendimento, o interessado deverá apresentar na ANEEL, à Superintendência responsável pela fiscalização dos serviços de geração, o relatório “como construído” para efeito de registro das informações efetivamente executadas na obra.

Parágrafo único. O interessado estará sujeito às penalidades previstas em regulamento específico, sem prejuízo do previsto nesta Resolução, caso o empreendimento seja implementado com modificações que afetem o potencial hidráulico considerado adequado, ou com outras modificações consideradas relevantes, imotivadamente e sem prévia anuência da ANEEL.

**Art. 29.** Para viabilização do acesso aos sistemas de distribuição e transmissão, os interessados devem seguir o disposto nos procedimentos específicos.

**Art. 30.** Ficam revogadas, no que concerne às PCHs, as disposições em contrário constantes das Resoluções nº [393](#) e nº [395](#), de 1998, e do Despacho nº [173](#), de 7 de maio de 1999, observadas as regras de transição previstas neste Capítulo.

**Art. 31.** Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

JERSON KELMAN

Este texto não substitui o publicado no D.O. de 22.12.2008, seção 1, p. 307, v. 145, n. 248. (\*) Alterados os art. 2º, 3º, 6º, 7º, 8º, 9º e 12º, pela REN ANEEL [382](#) de 01.12.2009, D.O. de 08.12.2009, seção 1, p. 81, v. 146, n. 234.

(\*) Alterações tornadas sem efeito pela REN ANEEL [383](#) de 08.12.2009, D.O. de 09.12.2009, seção 1, p. 64, v. 146, n. 235.

(\*) Alterado o art. 9º e incluídos os Anexos I, II e III, pela REN ANEEL [404](#) de 06.07.2010, D.O. de 19.07.2010, seção 1, p. 65, v. 147, n. 136.

(\*) Alterada a redação do art. 28, pela REN ANEEL [412](#) de 05.10.2010, D.O. de 08.10.2010, seção 1, p. 103, v. 147, n. 194.