

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA**

GEÓRGIA ALANA ANDRÉAS NOWAKOWSKI

**CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE LIMITES E POTENCIALIDADES DA
SUSTENTABILIDADE DE FONTES DE ENERGIA: um estudo da
cadeia produtiva das Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil**

DISSERTAÇÃO

**CURITIBA
2015**

GEÓRGIA ALANA ANDRÉAS NOWAKOWSKI

**CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE LIMITES E POTENCIALIDADES DA
SUSTENTABILIDADE DE FONTES DE ENERGIA: um estudo da
cadeia produtiva das Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Tecnologia, do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Tecnologia e Sociedade.

Orientador: Prof. Dr. Christian Luiz da Silva

CURITIBA

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação:

**CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE LIMITES E POTENCIALIDADES DA
SUSTENTABILIDADE DE FONTES DE ENERGIA: um estudo da cadeia
produtiva das Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil**

por

Geórgia Alana Andréas Nowakowski

Esta dissertação foi apresentada às 15 horas do dia 11 de março de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA, Área de Concentração – Tecnologia e Sociedade, Linha de Pesquisa – Tecnologia e Desenvolvimento, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____
_____. (aprovado, aprovado com restrições
ou reprovado)

Prof. Dr. Décio Estevão do Nascimento
(PPGTE – UTFPR)

Prof. Dr. Jamerson Viegas Queiroz
(UFRN)

Prof. Dr. Víctor Ernesto Pérez León
(UPR/Cuba)

Prof. Dr. Christian Luiz da Silva
(UTFPR)
(Orientador)

Visto da Coordenação:

Prof.^a. Dr.^a. Faimara do Rocio Strauhs
Coordenadora do PPGTE

AGRADECIMENTOS

Diferentes pessoas e instituições contribuíram de alguma forma, para a realização desta pesquisa. Ainda que não seja possível expressar toda a minha gratidão, com certeza todas farão parte da minha lembrança.

Primeiramente gostaria de agradecer ao Professor Dr. Christian Luiz da Silva, pelos conhecimentos compartilhados, pela sua dedicação e pela sua orientação neste trabalho. Obrigada pela paciência e por todas as oportunidades.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado e por me proporcionar a chance de aproveitar 100% esta experiência.

Aos pesquisadores e professores da banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo.

À todos os professores e professoras do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE), ao colegas e colaboradores deste, bem como os demais integrantes da comunidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Agradeço, em geral, a todos os amigos e amigas, que de maneira direta ou indireta, colaboram para tornar a minha vida e meu trabalho mais felizes, e em especial ao Justin Faubert pelo seu otimismo e senso de humor.

E por fim, gostaria de agradecer a minha família pelo apoio e pela compreensão durante o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

NOWAKOWSKI, Geórgia A. A. **Critérios para análise de limites e potencialidades da sustentabilidade de fontes de energia**: um estudo da cadeia produtiva das pequenas centrais hidrelétricas no Brasil. 2015. 194 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

Esta pesquisa apresenta como tema de estudo as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). O seu objetivo geral é identificar os principais limites e potencialidades da sustentabilidade da cadeia produtiva de PCHs no Brasil, ao contexto das dimensões ambiental, social, econômica e institucional. O referencial teórico contempla conceitos e questões referentes: a cadeia produtiva; a Teoria do Ator-rede; as fontes de energia renováveis, mais especificamente a hidroeletricidade; e aos fatores determinantes da competitividade. Para a identificação dos gargalos e potencialidades, foi realizado um mapeamento da estrutura da cadeia de produção das PCHs, assim como a descrição do panorama atual das PCHs no país. Em seguida, foram estudadas, de forma mais aprofundada, cinco etapas que compõem a cadeia: recurso natural; geração; transmissão; distribuição; e comercialização. Na sequência, foram utilizados cinco critérios (importância, probabilidade, temporalidade, efeito e abrangência) para classificar os fatores identificados em cada etapa. Por fim, através da multiplicação dos índices numéricos atribuídos aos critérios, foi obtido o Índice de Significância (IS). No que tange à metodologia da pesquisa, ela pode ser classificada como aplicada e exploratória. Os dados empregados são secundários e foi utilizada a técnica de análise qualitativa. Como resultado, foram identificados 20 limites e 17 potencialidades relacionadas com a cadeia produtiva das PCHs no Brasil, sendo que destes 37 itens, 8 foram enquadrados como muito significativos, segundo os critérios estabelecidos para o IS. No que se refere ao resultado principal da pesquisa, verifica-se que, apesar de existirem potencialidades significativas para o desenvolvimento das PCHs na matriz energética nacional (o potencial hidrelétrico das bacias hidrográficas, a sua capacidade de atuar como vetor de desenvolvimento regional, a consolidação dos fabricantes de turbinas e geradores, e o livre acesso), alguns gargalos existentes na sua cadeia de produção devem ser trabalhados, tais como a interferência na migração e reprodução da ictiofauna continental, a desigualdade na distribuição de energia elétrica, e os aspectos legais e técnicos relacionados com o meio ambiente e a comercialização de energia.

Palavras-chave: Energia renovável. Pequenas Centrais Hidrelétricas. Cadeia Produtiva. Fatores determinantes da competitividade. Sustentabilidade.

ABSTRACT

NOWAKOWSKI, Geórgia A. A. **Criteria for analysis of limits and potential of sustainability of energy sources:** a study of the production chain of small hydroelectric power plants in Brazil. 2015. 194 p. Dissertation (Master's Degree in Technology) – Graduate Program in Technology, Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2015.

This research study has as a theme: Small Hydro Power Plants (SHP). Its overall objective is to identify the main limits and potential sustainabilities of the productive chain of power plants in Brazil to the context of environmental, social, economic and institutional dimensions. The theoretical framework includes concepts that concern: the production chain, the Actor-Network Theory, renewable energy sources (specifically hydroelectricity) and the determinants of competitiveness. For the identification of limits and potential, mapping of the production of SHP chain structure was carried out; as well as the description of the current landscape of the SHP in the country. They were then studied in more depth. The five steps that make up the chain being: natural resource, generation, transmission, distribution and commercialization. Next, five criteria were used: importance, likelihood, timeliness, effect and scope; in order to classify the factors identified in each step. Finally, by multiplying the numerical index assigned to the criteria; the significance index (SI) was obtained, which was used to frame the final significance of the aspects by: less significant, significant and very significant. Regarding research methodology; it can be classified as: exploratory and applied. The data used was secondary and was used as qualitative analysis. As a result, we identified 20 potential limits and 17 related to the production chain of power plants in Brazil, and of these 37 items, 8 were classified as very significant, according to the criteria established for the IS. With regard to the main search result, it appears that, although there are significant potential for the development of SHP in the national energy matrix (hydropower potential of river basins, their ability to act as regional development vector, consolidation of turbines and generators manufacturers, and free access), some hurdles in the production chain must be worked out, such as interference in the migration and reproduction of continental fish fauna, inequality in the distribution of electricity, and the legal and technical aspects related to the environment and the commercialization of energy.

Keywords: Renewable energy. Small Hydro Power Plants. Productive Chain. Determinants of competitiveness. Sustainability.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estrutura de pesquisa	24
Quadro 2 – Dimensões da energia e as interações que envolvem o setor energético	40
Quadro 3 – Principais tipos de energia renovável pesquisados e desenvolvidos no mundo	41
Quadro 4 - Classificação de turbinas de acordo com a faixa de quedas	48
Quadro 5 - Os países com mais da metade da geração de eletricidade a partir da energia hidrelétrica em 2010	50
Quadro 6 - Definição de Pequenas Centrais Hidrelétricas por País	54
Quadro 7 – Etapas da cadeia produtiva de uma PCH, detalhando a sua função	56
Quadro 8 – Definição das pesquisas quanto aos seus objetivos.....	70
Quadro 9 – Principais fontes consultadas por assunto da pesquisa.....	73
Quadro 10 - Critérios para análise dos limites e potencialidades	77
Quadro 11 – Índice de Significância (IS)	78
Quadro 12 – Protocolo de pesquisa.....	79
Quadro 13 – Número de pessoas/famílias atingidas com a construção das PCHs Fumaça e Santa Rosa I e UHEs Itaipu e Belo Monte	99
Quadro 14 – Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na etapa de recurso natural.....	103
Quadro 15 – Classes de qualidade das águas doces	105
Quadro 16 – Qualificação do Índice de Qualidade de Água em Reservatórios	105
Quadro 17 – Descrição do Grau de Severidade das Consequências das Vazões de Restrição (função da Vazão Defluente da UHE)	112
Quadro 18 – Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na etapa de geração.....	119
Quadro 19 – Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na etapa de transmissão	129
Quadro 20 – Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na etapa de distribuição	140
Quadro 21 – Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na etapa de comercialização	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Mapeamento de produção científica.....	22
Tabela 2 – Cenário global da energia renovável até 2040	43
Tabela 3 – Preço de geração de energia elétrica por fonte (R\$/MWh)	Erro! Indicador não definido.
Tabela 4 – Empreendimentos em operação no Brasil, por tipo – nov/2014.....	85
Tabela 5 – Empreendimentos em construção e com construção não iniciada no Brasil, por tipo – nov/2014	86
Tabela 6 – Potencial hidrelétrico brasileiro por Bacia Hidrográfica (em MW) – jul/2014	92
Tabela 7 – Parâmetros da emissão de carbono da PCH	96
Tabela 8 – Emissão evitada de carbono da PCH em relação a termelétricas equivalentes..	97
Tabela 9 – Domicílios particulares permanentes, por situação de domicílio e existência de energia elétrica - 2010	114
Tabela 10 – Principais características das turbinas fabricadas no Brasil.....	117
Tabela 11 – Níveis de Referência para campos elétricos e magnéticos, variantes no tempo, nas frequências de 50 e 60 Hz	126
Tabela 12 – Largura da faixa de segurança, em metros, aplicada pela CEMIG, CELG e CETEEP	128
Tabela 13 – Perdas comerciais, por região – 1980 e 2000	137
Tabela 14 – Impacto das perdas nas tarifas de energia em 10 distribuidoras brasileiras ...	138
Tabela 15 – Classificação dos limites da cadeia produtiva das PCHs no Brasil, segundo critérios estabelecidos, e os seus respectivos Índices de Significância (IS)	151
Tabela 16 – Classificação das potencialidades da cadeia produtiva das PCHs no Brasil, segundo critérios estabelecidos, e os seus respectivos Índices de Significância (IS).....	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação gráfica de uma cadeia produtiva	35
Figura 2 – Aproveitamento do Potencial Hidrelétrico no Brasil.....	46
Figura 3 – Exemplos de turbinas hidráulicas (Pelton, Francis e Kaplan, respectivamente) ..	48
Figura 4 – Ciclo hidrológico.....	57
Figura 5 – Exemplo de uma turbina e um gerador utilizados em uma usina hidrelétrica	59
Figura 6 – Arranjo típico de uma PCH com canal de adução.....	59
Figura 7 – Principais componentes das linhas de transmissão de energia.....	61
Figura 8 – Diagrama de geração, transmissão e distribuição de energia por uma hidrelétrica	62
Figura 9 – Fluxograma das etapas para a análise dos limites e potencialidades da sustentabilidade de fontes de energia.....	76
Figura 10 – Fluxograma de implantação de uma PCH.....	83
Figura 11 – Localização das PCHs no Brasil - 2014	87
Figura 12 – Exemplo de divisão de quedas	91
Figura 13 – Divisão hidrográfica segundo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – 2013	92
Figura 14 – Número de espécies de peixes em perigo de extinção no mundo, por País – 2014	107
Figura 15 – Escada para peixes da PCH José Barasuol, em Ijuí, no Rio Grande do Sul ...	109
Figura 16 – Evolução da melhoria potencial do desempenho hidráulico – 1900 a 2011.....	116
Figura 17 – Sistema de transmissão, existente e previsto - 2015.....	124
Figura 18 – Relação entre agentes e consumidores	131
Figura 19 – Taxa de eletrificação domiciliar, por município – 2010	133
Figura 20 – Visão geral das relações contratuais.....	141
Figura 21 – Energia comercializada no Mercado de Curto Prazo	145

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Participação de energia renovável na matriz de geração elétrica	43
Gráfico 2 – Evolução da capacidade instalada, por tipo de fonte renovável – 2013 a 2022 .	45
Gráfico 3 – Composição da matriz energética mundial, em percentual, por tipo de combustível, nos anos de 1973 e 2012.....	51
Gráfico 4 – Geração de energia elétrica mundial em percentual, por tipo de combustível, nos anos de 1973 e 2012	51
Gráfico 5 – Distribuição global do potencial de recursos de PCHs com capacidade de até 10 MW	55
Gráfico 6 – Evolução da capacidade instalada das PCHs no Brasil (em MW) – 2002 a 2012	85
Gráfico 7 – Participação percentual da potência instalada por região – nov/2014.....	86
Gráfico 8 – Potência instalada (em MW) das PCHs no Brasil, por tipo e Unidade da Federação – nov/2014	88
Gráfico 9 – Previsão da participação percentual da capacidade instalada por tipo de fonte geradora no Brasil para 2022.....	88
Gráfico 10 – Evolução da rede de transmissão no Brasil (em km) – 1995 a 2009.....	121
Gráfico 11 – Evolução no número de Unidades Consumidoras no Brasil – 2003 a 2014 ...	132
Gráfico 12 – Evolução do índice DEC, em horas – 2005 a 2013.....	136
Gráfico 13 – Evolução do índice FEC, em número de interrupções – 2005 a 2013.....	136
Gráfico 14 – Participação das fontes eólica, biomassa e PCH nos leilões específicos do ACR	143
Gráfico 15 – Energia contratada e preço-teto das PCHs, no PROINFA e nos leilões do ACR	144
Gráfico 16 – Evolução do PLD no Sudeste/Centro-oeste (em R\$/MWh) – 2000 a 2014	146
Gráfico 17 – Gráfico de energia gerada e garantia física	147
Gráfico 18 – Distribuição da Receita Líquida de uma PCH no MRE, em milhões	148
Gráfico 19 – Radar limites	152
Gráfico 20 – Radar potencialidades	152

LISTA DE SIGLAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
AID	Área de Influência Direta
APP	Área de Preservação Permanente
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
CCC	Conta de Consumo de Combustível
CCEAR	Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCEI	Contrato de Compra e Venda de Energia Incentivada
CERPCH	Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
EDF	Électricité de France
EDP Escelsa	Espírito Santo Centrais Elétricas S.A
ICSHP	International Center on Small Hydro Power
IEA	International Energy Agency
IEA HYDROPOWER	The International Energy Agency Implementing Agreement For Hydropower Technologies And Programs
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IS	Índice de Significância
IQAR	Índice de Qualidade de Água em Reservatórios
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
LT	Linhas de Transmissão
MME	Ministério de Minas e Energia
MRE	Mecanismo de Relocação de Energia
ONS	Operador Nacional de Sistema Elétrico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PBA	Projeto Básico Ambiental
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PLD	Preço de Liquidação das Diferenças
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PPGTE	Programa de Pós-Graduação em Tecnologia
RPS	Sistema de leilões (Renewable Portfolio Standard)
SGPA	Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
TD	Tecnologia e Desenvolvimento
TR	Tempo de Retorno
UC	Unidades Consumidoras
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UTN	Usina Termonuclear
WCD	World Commission on Dams
WSHPDR	World Small Hydropower Development Report

LISTA DE UNIDADES E ABREVIATURAS

a.C.	Antes de Cristo
C/ano	Carbono por ano
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO ₂ eq	Dióxido de Carbono equivalente
Gt	Gigatonelada
GW	Gigawatt
ha	Hectare
ha/ano	Hectares por ano
hrs	Horas
hrs/ano	Horas por ano
Hz	Hertz
km	Quilômetros
km ²	Quilômetros quadrados
kV	Quilovolt
kV/m	Quilovolt por metro
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
m	Metros
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo
MW	Megawatts
MWh	Megawatts-hora
(M)tEP	Milhões de Toneladas equivalentes de petróleo
tC	Tonelada de carbono
tC/MWh	Tonelada de carbono por megawatts-hora
TWh	Terawatt-hora
μT	Microtesla

LISTA DE ACRÔNIMOS

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ADA	Área Diretamente Afetada
AIA	Área Indiretamente Afetada
ANA	Agencia Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEM	Balço Energético Nacional
BIG	Banco de Informações de Geração
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CEIG	Companha Energética de Goiás
CETEEP	Companha de Transmissão de Energia Elétrica Paulista
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ENERSUL	Empresa Energética de Mato Grosso do Sul
EOL	Central Geradora Eólica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EREC	European Renewable Energy Council
EWEA	The European Energy Association
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor
FIT	Tarifa fixa (Feed-in Tariff)
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IRENA	International Renewable Energy Agency
MAB	Movimento dos Afetados por Barragens
PATRICH	Proteção Associada ao Tempo de Retorno Implicado de Cheias
PAE	Plano de Ação de Emergência
PIE	Produtor Independente de Energia
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia
RAA	Relatório de Avaliação Ambiental
RAS	Relatório Ambiental Simplificado
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SEB	Sistema Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Elétrico Interligado Nacional
SIFEM	Sistema de Identificação de Fraudes e Erros de Medição
SIGEL	Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico
SIPOT	Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro
TAR	Teoria Ator-rede
TEO	Tarifa de Otimização
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso de Sistema de Transmissão
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 TEMA DE PESQUISA	16
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	19
1.3 OBJETIVOS	21
1.3.1 Objetivo geral	21
1.3.2 Objetivos específicos.....	21
1.4 RELEVÂNCIA DO TRABALHO	21
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	24
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	25
1.7 EMBASAMENTO TEÓRICO	25
1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	27
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS)	29
2.2 CONCEITO DE CADEIA PRODUTIVA	34
2.3 ENERGIA	37
2.3.1 Breve histórico.....	38
2.3.2 Energia Renovável	41
2.4 HIDROELETRICIDADE.....	46
2.4.1 Energia hidráulica.....	47
2.4.2 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)	53
2.4.3 Cadeia Produtiva de uma PCH	55
2.4.3.1 Etapa 1: Recurso Natural	56
2.4.3.2 Etapa 2: Geração	58
2.4.3.3 Etapa 3: Transmissão.....	60
2.4.3.4 Etapa 4: Distribuição	61
2.4.3.5 Etapa 5: Comercialização.....	62
2.5 FATORES DETERMINANTES DA COMPETITIVIDADE	64
2.5.1 Fatores Internos da Competitividade.....	65
2.5.2 Fatores Estruturais da Competitividade.....	65
2.5.3 Fatores Sistêmicos da Competitividade	66
2.6 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS.....	67

3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	69
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	69
3.2 TIPOLOGIA DOS DADOS.....	70
3.3 TÉCNICAS DE COLETA.....	71
3.3.1 Seleção e fontes de informação	72
3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISE	73
3.4.1 Elementos de análise	74
3.4.2 Critérios de análise.....	75
3.5 PLANEJAMENTO DA PESQUISA	78
4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	80
4.1 PANORAMA DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO BRASIL	80
4.2 ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DE PCHs NO BRASIL.....	89
4.2.1 Etapa 1: Recurso Natural	89
4.2.2 Etapa 2: Geração	104
4.2.3 Etapa 3: Transmissão.....	119
4.2.4 Etapa 4: Distribuição	130
4.2.5 Etapa 5: Comercialização.....	140
4.3 ÍNDICE DE SIGNIFICÂNCIA DOS LIMITES E POTENCIALIDADES	150
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	157
REFERÊNCIAS.....	160

1 INTRODUÇÃO

Neste primeiro capítulo serão apresentados o tema, seguido pela exposição do problema e premissas adotadas. Na sequência, serão explicitados os objetivos, geral e específicos, assim como a relevância do tema pesquisado. Por fim, serão apresentados os procedimentos metodológicos empregados, a delimitação da pesquisa, o embasamento teórico utilizado e a estrutura geral dos demais capítulos que compõem esta dissertação.

1.1 TEMA DE PESQUISA

O aumento da demanda mundial por energia elétrica somado à crescente movimentação em prol de atividades ecologicamente sustentáveis, têm estimulado os países a buscarem fontes alternativas de fornecimento energético. O desenvolvimento destas fontes tem por objetivo viabilizar o incremento da oferta de energia e, paralelamente, reduzir a dependência mundial de combustíveis fósseis e nuclear. Os principais tipos de fontes renováveis que têm sido pesquisados e desenvolvidos nos últimos anos são a biomassa, a eólica, a solar, a geotérmica e a hidrelétrica (SILVA, 2006; MANZANO-AGUGLIARO et al., 2013; SILVA, 2013).

A energia hidrelétrica encontra-se disponível em uma ampla gama de tipos de projetos e escalas, sendo que eles podem ser projetados para atender necessidades particulares e condições específicas dos locais onde serão realizados (YÜKSEL, 2010). Ela é considerada uma das maiores fontes alternativas de energia e é explorada em mais de 160 países, sendo que cinco deles (China, Brasil, Canadá, Estados Unidos e Rússia) foram responsáveis por mais da metade da produção mundial em 2011 (INTERNATIONAL..., 2013). Além disso, quase 100% da geração de energia elétrica de alguns países, como é o caso do Congo, do Nepal e do Paraguai, provém da hidroeletricidade (INTERNATIONAL..., 2011).

Apesar dos benefícios relacionados à utilização da energia hidrelétrica, tais como, a possibilidade dos chamados usos múltiplos da água e a menor dependência dos combustíveis fósseis, as grandes usinas, as quais necessitam da construção de

grandes barragens e reservatórios, têm sido alvo de críticas desde o final do século XX. Isto tem ocorrido devido, principalmente, aos seus impactos ambientais e sociais negativos mais visíveis. Dentre os mais significativos, destacam-se a inundação de grandes áreas (muitas vezes produtivas), a necessidade de realocação de pessoas e a perda da biodiversidade (TUNDISI, 2007; ARDIZZON et al., 2014).

Está previsto que a demanda por energia continue aumentando nos próximos anos, resultado, principalmente do crescimento populacional e do aumento do nível do consumo. Tendo em vista que a tendência é que fique cada vez mais difícil a implantação de grandes empreendimentos hidrelétricos, voltam ao interesse dos países a construção e revitalização das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) (PERIUS; CARREGARO, 2012; MANZANO-AGUGLIARO et al., 2013).

As PCHs têm como vantagem principal uma maior simplicidade na concepção e operação, e geralmente operam a fio d'água¹ (REIS, 2003; ARDIZZON et al., 2014). Segundo Reis (2003, p. 70), elas apresentam três características principais: rápida entrada no sistema de potência e flexibilidade para mudar rapidamente a quantidade de energia proporcionada ao sistema; baixos custos de operação, manutenção e de produção de energia; e propriedades mais suaves (*soft*) de inserção ambiental.

As primeiras PCHs foram introduzidas no Brasil no final do século XIX, com a instalação do primeiro aproveitamento hidrelétrico na mineração Santa Maria em Diamantina, denominado “Ribeirão do Inferno” em 1883. Seis anos mais tarde, em 1889, foi instalada em Minas Gerais a primeira hidrelétrica de porte, com 250 kW, conhecida como Usina Bernardo Mascarenhas (TOLMASQUIM et al., 2005, p. 29). De acordo com Perius e Carregaro (2012, p. 139), as primeiras unidades tinham por objetivo “atender sistemas isolados nos estados, financiadas pelos pequenos empresários da época e pelas prefeituras locais”.

Até a década de 1940 as PCHs cresceram moderadamente no país, porém, após a Segunda Guerra Mundial, o Estado optou pela implantação das grandes usinas hidrelétricas para garantir o processo de industrialização pesada. Conseqüentemente, as PCHs deixaram de ser construídas. Apenas com o estabelecimento de uma política de proteção ambiental mais rígida em relação à implantação de grandes reservatórios

¹ Este tipo de usina permite a passagem contínua do rio com uma capacidade nominal estável (REIS, 2003).

e a mudança na legislação do setor elétrico², é que as PCHs voltaram a ser consideradas opções à expansão da capacidade geradora do país (TOLMASQUIM et al., 2005, p. 32).

Segundo o Banco de Informações de Geração (BIG) da ANEEL (AGÊNCIA..., 2014) em novembro de 2014, o Brasil possuía no total 3.524 empreendimentos de geração de energia elétrica em operação, totalizando 132.488 MW de potência instalada. Deste total, 470 usinas eram PCHs que correspondiam a 4.679 MW (3,53% do total instalado no país). Ademais, existiam 43 empreendimentos em construção (499 MW) e 130 outorgados (1.889 MW), mas com a construção não iniciada, resultando em uma adição de 2.388 MW na capacidade de geração brasileira.

Entretanto, no Brasil existe dificuldades para legitimar a necessidade e conveniência das PCHs no fornecimento de energia elétrica. O desestímulo existente aos investidores em potencial é resultado, principalmente, da elevação dos custos dos novos empreendimentos, tendo em vista que o potencial remanescente encontra-se mais distantes do centro de consumo, assim como a questão ambiental, o deslocamento da população e a falta de clareza do setor e de alguns órgãos governamentais (JANNUZZI, 2010; MORAES, 2010). Para que haja retomada dos investimentos deste tipo, é necessário que ocorra uma recomposição da atratividade econômica desta alternativa energética (MICHELLIS, 2012).

Diante deste cenário, analisar como está estruturada a cadeia produtiva das PCHs no Brasil, apresentando os seus gargalos e as suas potencialidades, mostra-se relevante, considerando que, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2022 (2013), até 2022 a oferta interna de energia proveniente de fontes renováveis deverá apresentar um crescimento de 4,7% ao ano. Com isso, há uma expectativa de mudança da matriz energética nacional, porém é preciso verificar se há sustentação do mercado para que isto aconteça.

² Esta mudança na legislação institucionalizou o Produtor Independente de Energia (PIE) como agente gerador, deixando-o totalmente exposto ao regime de mercado livre (TOLMASQUIM et al., 2005).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Avançando no detalhamento do contexto introduzido anteriormente e focando na apresentação do problema de pesquisa, é oportuno reforçar que a questão energética se constitui uma prioridade indiscutível no século XXI. A expectativa de escassez das fontes não renováveis e os problemas socioambientais causados pelo seu uso, tais como, os acidentes com vazamento de petróleo no mar e o aumento da concentração de gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄), gases precursores do efeito estufa³, colocou em dúvida o modelo de desenvolvimento capitalista vigente (MENKES, 2004; SILVA, 2013).

Conseqüentemente, entende-se que a substituição de fontes convencionais por fontes de energia renovável constitui-se, não apenas, em uma solução para os problemas das mudanças climáticas induzidas pelo homem, mas também uma forma de harmonizar a expansão econômica com as demandas ambientais e sociais (SILVA, 2013). Segundo Rampazzo (2002, p. 159), “é preciso repensar a organização econômica da sociedade, o uso qualitativo e quantitativo que ela faz de seus recursos naturais e as conseqüências da ação dos agentes econômicos”.

Apesar do alto investimento inicial necessário para a implementação das fontes renováveis ter inibido o seu desenvolvimento durante o século XX, em 2011 elas representavam cerca de 13,3% do total de energia primária ofertada no mundo, sendo que em termos de geração de eletricidade, foram responsáveis por 20,3% do total gerado (SAUER et al., 2006; INTERNATIONAL..., 2013).

No Brasil, a participação das fontes renováveis na oferta de energia tem aumentado significativamente nos últimos anos. Este fato é resultado de políticas públicas adotadas sistematicamente pelo Brasil nas últimas décadas, direcionadas para superar a escassez de petróleo no seu território. Pereira (2013, p. 169) afirma que, a conseqüência desta ação foi a “criação de um importante sistema de geração e transmissão de energia hidrelétrica, que integra quase todo o território nacional, e uma invejável estrutura agroindustrial voltada para a produção, a distribuição e o consumo de etanol”.

³ O CO₂ e o CH₄ são liberados pela queima dos combustíveis fósseis (MENKES, 2004).

Levando em consideração que os avanços tecnológicos e as inovações envolvendo o desenvolvimento das fontes renováveis visam, não apenas reduzir os custos envolvidos, mas também aumentar a eficiência destas fontes, fica cada vez mais difícil para os agentes escolherem opções que melhor expressem a relação custo x benefício sustentável (EUROPEAN RENEWABLE..., 2006; INTERNATIONAL..., 2010, 2014; THE EUROPEAN ENERGY..., 2013). Segundo Jannuzzi (2000), o grande desafio do setor energético nacional, além de tornar a indústria de eletricidade mais competitiva, é atender aos objetivos sociais e de proteção ambiental, e assegurar investimentos que promovam maior sustentabilidade no sistema energético para o longo prazo.

Silva (2013) afirma que, os avanços nos estudos referentes à questão energética apontam que os aspectos puramente técnicos, ou seja, envolvendo apenas a oferta e demanda de energia, são muito simples e não apresentam soluções para o problema do crescimento e desenvolvimento sustentável. Pinto Junior et al. (2007, p. 22) destacam que, “a importância da oferta e da demanda de energia para o desempenho do sistema econômico é um resultado das múltiplas interações entre as diferentes dimensões que envolvem o setor energético”.

Tendo em vista que a cadeia produtiva de uma PCH envolve diversas etapas e cada uma destas etapas apresenta dinâmicas de mercado diferentes, para avaliar se a PCH constitui-se como alternativa as fontes convencionais, é necessário estudar os principais mercados da sua cadeia e os fatores e dimensões que os afetam. Desta forma, a pesquisa proposta pretende responder a seguinte questão:

Quais são os principais limites e as potencialidades para que as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) se desenvolvam no Brasil de modo sustentável?

Repousa sobre a problemática e a pergunta apresentada, a premissa inicial de que as dimensões que interagem com o setor energético são elementos essenciais para compreender a dinâmica da cadeia produtiva das PCHs. Além disso, adotou-se também a premissa de que o desenvolvimento das energias renováveis deve ser paralelo ao da matriz energética já existente.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral e os específicos desta dissertação encontram-se discriminados nos subitens 1.3.1 e 1.3.2.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é identificar os principais limites e potencialidades da sustentabilidade da cadeia produtiva de PCHs no Brasil, ao contexto das dimensões ambiental, social, econômica e institucional.

1.3.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral proposto, são explicitados a seguir os objetivos específicos:

- a) Mapear a estrutura da cadeia produtiva das PCHs;
- b) Descrever o panorama atual das PCHs no Brasil; e
- c) Estruturar critérios para a avaliação dos limites e potencialidades da cadeia de produção de PCHs no país.

1.4 RELEVÂNCIA DO TRABALHO

A relevância do trabalho está relacionada à metodologia utilizada para a análise da cadeia produtiva das PCHs no Brasil, visando facilitar a identificação dos fatores significativos para o desenvolvimento de fontes renováveis no Brasil. Conforme a ANEEL (2014), as principais fontes alternativas que têm sido desenvolvidas no país são a eólica, a fotovoltaica, a biomassa e as pequenas centrais

hidrelétricas (AGÊNCIA..., 2014). Contudo, o país precisa conhecer melhor as interações destas fontes com o setor energético para poder tomar decisões de longo prazo.

Silva (2013, p. 10) sugere que “a decisão da matriz energética não depende apenas da disponibilidade de recursos naturais ou potencial de desenvolvimento de determinada fonte de energia, mas também de decisões oriundas das relações sociais e políticas”. Diante disso, para que o planejamento e tomada de decisão seja o mais próximo da realidade, é preciso analisar as relações entre os recursos energéticos com suas respectivas cadeias energéticas. Com o intuito de contribuir com informações relevantes para o planejamento do setor energético, optou-se por estudar especificamente a estrutura da cadeia produtiva das PCHs no Brasil e apresentar os gargalos e as potencialidades para o seu desenvolvimento.

Para verificar se o tema proposto tem sido estudado nos últimos anos, foi realizada uma pesquisa bibliométrica⁴ no banco de dados do *Google Scholar*, utilizando o *software Harzing's Publish or Perish*. O conjunto de palavras-chaves utilizados foi definido entre o orientador e a pesquisadora, e a busca ocorreu em fevereiro de 2014, utilizando-se como horizonte temporal o período de 2009 a 2014, conforme mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 1 – Mapeamento de produção científica

Termos selecionados	Materiais publicados	Citações
"pequena central hidrelétrica"	885	495
"pequena central hidrelétrica" + "Brasil"	857	484
"pequena central hidrelétrica" + "limite" + "potencialidade"	66	31
"small hydro power plant"	524	1277
"small hydro power plant" + "Brazil"	78	224
"small hydro power plant" + "limits" + "potencial"	3	10
"energia eólica" ou "energia solar"	Mais de 1000	1107
"wind energy" ou "solar energy"	Mais de 1000	81982

Fonte: Autoria própria.

Apesar da quantidade razoável de materiais encontrados na pesquisa bibliométrica, o assunto proposto não tem sido abordado nos últimos anos de forma significativa, quando comparada com as buscas realizadas utilizando palavras-chave referentes a outras energias renováveis, como “energia eólica” e “energia solar”. De acordo com Manzano-Agugliaro et al. (2013), isto ocorre porque a tecnologia utilizada

⁴ Esta técnica é utilizada para identificar os trabalhos e autores mais importantes a respeito do tema pesquisado (MUNIZ JUNIOR; MAIA; VIOLA, 2011).

nas hidrelétricas é considerada bem desenvolvida se comparada com as outras fontes renováveis, o que torna as outras fontes mais atraentes para a elaboração de pesquisas científicas.

Dos materiais encontrados durante a pesquisa bibliométrica, foram utilizadas algumas referências para a elaboração deste estudo, tais como:

- a dissertação “Participação e democracia na gestão de recursos hídricos: estudo sobre os efeitos da atividade de geração hidrelétrica na bacia hidrográfica do litoral paranaense” de Ricardo Gama (2009);
- a dissertação “Metodologia de prospecção de pequenas centrais hidrelétricas” de Felipe Faria (2011);
- o artigo “Scientific production of renewable energies worldwide: An overview” de Manzano-Agugliaro et al. (2013); e
- o artigo “A new generation of small hydro and pumped-hydro power plants: Advances and future challenges” de Ardizzon et al. (2014).

Cabe destacar também sua relevância para o Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE). Além de se tratar de um estudo interdisciplinar, o qual envolve principalmente os assuntos de energia, economia e meio ambiente, está diretamente relacionada com o propósito do Programa, que consiste em pesquisar as transformações que as alterações tecnológicas provocam nas atividades realizadas pela sociedade e verificar como as inovações interferem na vida das pessoas (PROGRAMA..., 2014).

Ademais, a pesquisa pode contribuir para o desenvolvimento do projeto de pesquisa elaborado por meio da cooperação internacional entre UTFPR/ PPGTE e a Universidad de Pinar del Río (Cuba), intitulado “Energias Renováveis: construção de uma matriz de decisão multicritério para a opção da matriz tecnológica” e financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio do aprimoramento dos estudos na área de energia renovável (SILVA, 2013).

No que diz respeito a sua importância para a linha de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento (TD), especificamente, observa-se que, de acordo com a apresentação dos objetivos desta linha, é preciso analisar as consequências do desenvolvimento e da aplicação de novas tecnologias, avaliando se há uma adequação da tecnologia às características regionais, econômicas, socioculturais e ambientais (PROGRAMA..., 2014). Sendo assim, é possível verificar o alinhamento

da pesquisa com os objetivos da linha de TD, uma vez que a pesquisa se propõe a apresentar a estrutura da cadeia produtiva das PCHs no Brasil, de acordo com as diferentes dimensões que ela envolve.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A utilização de categorias para classificar uma pesquisa tem por objetivo atribuir maior racionalidade as etapas necessárias para a sua realização. De acordo com Gil (2010, p. 26), é possível estabelecer diversos sistemas de classificação e defini-la, principalmente, quanto a sua natureza, o seu propósito, a sua abordagem teórica e as suas técnicas de coleta e análise de dados.

No que diz respeito a natureza da pesquisa, este estudo caracteriza-se como uma pesquisa científica aplicada, tendo em vista que ele está voltado para a aquisição de novo conhecimento. Quanto aos seus objetivos, ela é considerada exploratória haja vista que não serão elaboradas hipóteses, mas será proporcionado maior familiaridade com o problema, visando torná-lo mais explícito (GIL, 2010, p. 27). Já quanto ao método empregado, a pesquisa é caracterizada como bibliográfica, sendo realizada com base em materiais já publicados. No que tange a tipologia dos dados, foram utilizados apenas dados secundários e a técnica de análise empregada foi a análise qualitativa.

Com o intuito de facilitar o entendimento da metodologia utilizada, o Quadro 1 apresenta as etapas da pesquisa realizadas, acompanhadas pelo detalhamento das respectivas ações.

Etapa	Descrição
Pesquisa bibliográfica	- Mapeamento dos principais conceitos base ao entendimento das relações entre a tecnologia e a sociedade, da caracterização de uma cadeia produtiva e da questão energética atual; e - Identificação das etapas que constituem a cadeia de produção de uma PCH
Identificação dos gargalos e potencialidades	- Análise dos principais fatores que interagem com dimensões ambientais, sociais, econômicas e institucionais
Elaboração do quadro final	- Detalhamento dos limites e potencialidades da cadeia - Classificação dos fatores segundo os critérios estabelecidos - Cálculo do Índice de Significância
Considerações finais	- Verificação do atendimento dos objetivos da pesquisa; - Elaboração das contribuições da pesquisa; e - Redação das sugestões para trabalhos futuros.

Quadro 1 – Estrutura de pesquisa

Fonte: Autoria própria.

Informações mais detalhadas sobre a metodologia e os procedimentos metodológicos empregados ao longo desta pesquisa são apresentados no Capítulo 3.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Diante da abrangência do assunto estudado, algumas delimitações tiveram que ser realizadas. No que tange à relação entre as escolhas tecnológicas e sociedade, optou-se por focar na abordagem da Teoria do Ator-rede, pois ela compreende a sociedade como um complexo heterogêneo de interações dinâmicas e circunstanciais que pode ser formado entre atores humanos e não humanos (CAVIQUIOLO, 2010).

Em relação à delimitação do tema, a pesquisa foca na estruturação da cadeia produtiva das PCHs no Brasil. Por PCH entende-se uma usina hidrelétrica com potência instalada entre 1.000 kW e 30.000 kW e cujo reservatório tenha superfície igual ou inferior a 3,0 km² (BRASIL, 2003).

A cadeia produtiva das PCHs foi dividida em cinco etapas principais⁵: recurso natural; geração; transmissão; distribuição; e comercialização. Foram utilizadas as dimensões ambientais, sociais, institucionais e econômicas para auxiliar na identificação dos principais gargalos e potencialidades existentes em cada etapa.

Já, no que diz respeito ao cálculo do Índice de Significância (IS) dos limites e das potencialidades, foram usados os seguintes critérios⁶: importância; probabilidade; temporalidade; efeito; e abrangência.

1.7 EMBASAMENTO TEÓRICO

Com o intuito de mapear os principais conceitos das temáticas presentes no estudo, a pesquisa, respaldada pelo levantamento bibliográfico realizado, contempla

⁵ Tendo como base o texto de Filho et al. (2004, p. 44) e a dissertação de Faria (2011, p. 22), a autora, com auxílio do orientador, optou por dividir a cadeia produtiva das PCHs nestas cinco etapas principais.

⁶ A explicação para a utilização destes critérios encontra-se disposta no Capítulo 3.

as contribuições de múltiplos autores e organizações. Utilizou-se fundamentalmente fontes secundárias, sendo que foram usados materiais tanto impressos quanto disponibilizados pela Internet.

Primeiramente, tendo foco na relação da tecnologia com a sociedade, a pesquisa apoiou-se nos artigos de Lima Filho e Queluz (2005), Linsingen (2007), e os A cadeialivros de Marx e Smith (1994), Bazzo, Linsingen e Pereira (2003) e Cuttcliff (2003). Já no que se refere a Teoria do Ator-rede e a sua caracterização, o referencial teórico adotado vem fundamentalmente de Callon (1997) e Latour (2004; 2008). Em se tratando do conceito de cadeia produtiva e como ela pode ser estruturada, valeu-se das contribuições de Hopkins e Wallerstein (1986), Leslie e Reimer (1999), Prochnik e Haguenauer (2001), Mielke (2002), Silva (2002), Filho et al. (2004), Castro (2005), entre outros.

No que tange à questão das energias renováveis, focando nas Pequenas Centrais Hidrelétricas, foram utilizados, principalmente, os artigos de Rampazzo (2002), Sauer et al. (2006), Bermann (2007), Farias e Sellitto (2011), Panwar et al. (2011), Perius e Carregaro (2012), Manzano-Agugliaro et al. (2013) e Ardizzon et al. (2014), as dissertações de Funchal (2008), Riquelme (2008), Luckemeyer (2010), Faria (2011) e Makaron (2012), as teses de Menkes (2004), Silva (2006) e Rosa (2007), e também os livros de Reis (2003) e Vianna (2009).

No que diz respeito ao estudo da cadeia produtiva das PCHs no país, especificamente, foram utilizados dados retirados de distintas fontes, tais como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), o Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas (CERPCH), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

O embasamento sobre os fatores determinantes da competitividade, necessários para a análise dos limites e potencialidades, tem como base central os livros de Ferraz, Kupfer e Haguenauer (1996) e Silva (2007), e os artigos de Silva (2001) e Alves, Moraes e Quatrin (2012). Já a metodologia utilizada na pesquisa baseou-se principalmente nas contribuições de Gil (2010).

Quanto a situação das fontes energéticas no mundo, destacam-se, entre outras, as publicações da International Center on Small Hydro Power (ICSHP),

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), International Energy Agency (IEA), International Renewable Energy Agency (IRENA) e The European Energy Association (EWEA).

Por fim, no que diz respeito à energia no Brasil, foram utilizados documentos oficiais, como a Agenda Elétrica Sustentável 2020 (2006), o Plano Nacional de Energia 2030 (2007), o Balanço Energético Nacional (2013 e 2014) e o Plano Decenal de Expansão de Energia 2022 (2013).

1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação foi estruturada em duas partes principais. A primeira parte dedica-se a apresentar a revisão bibliográfica e expor e contextualizar o tema. A segunda parte, descreve os procedimentos metodológicos utilizados, as informações coletadas, os resultados obtidos e as considerações finais.

Na introdução, que compõe o Capítulo 1, apresentou-se o tema de pesquisa, seguido pela exposição do problema, dos objetivos e da relevância do tema. Consta também neste capítulo uma síntese dos procedimentos metodológicos empregados, a delimitação da pesquisa, o embasamento teórico utilizado e a estrutura geral dos demais capítulos que compõem esta dissertação.

O Capítulo 2 concentra a fundamentação teórica utilizada no estudo, com base na pesquisa bibliográfica realizada. Primeiramente, ele apresenta a relação entre as escolhas tecnológicas e a sociedade, bem como a Teoria do Ator-Rede. Em seguida traz o conceito de cadeia produtiva, contemplando seus principais usos. Após isso, é abordada a situação atual da matriz energética mundial e das fontes renováveis de energia. Na sequência, apresenta-se mais especificamente as características da energia hidrelétrica, focando nas PCHs e nas etapas da sua cadeia de produção. E por último, o capítulo aborda os três tipos de fatores determinantes da competitividade.

O detalhamento da metodologia utilizada durante todo o processo da pesquisa encontra-se no Capítulo 3, evidenciando a tipologia dos dados utilizados, as técnicas de coleta, incluindo a seleção das fontes de informação, e as técnicas empregadas para a análise. São apresentados também o planejamento de pesquisa e o protocolo de pesquisa.

Já no Capítulo 4, são contextualizados e apresentados os dados coletados referentes ao panorama atual das PCHs no Brasil. Na sequência, são identificados os principais limites e potencialidades existentes em cada uma das etapas da cadeia, seguidos pela classificação dos mesmos, de acordo com os cinco critérios estabelecidos, e pelo cálculo dos seus Índices de Significância (IS). Em seguida, são apresentadas sugestões para minimizar a significância dos limites enquadrados como muito significativos e maximizar a relevância das potencialidades classificadas como muito significativas.

Por fim, as considerações finais, as contribuições da pesquisa, as limitações do estudo e as sugestões para trabalhos futuros estão dispostas no Capítulo 5.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo procura resgatar as concepções teóricas que orientaram o estudo. A primeira seção irá tratar a respeito da relação entre as escolhas tecnológicas e a sociedade, contemplando também a constituição do campo de estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e aprofundando a tendência de estudos sociais conhecida como Teoria do Ator-rede. Em seguida, na segunda seção, é apresentado o conceito de cadeia produtiva e descrito os seus principais usos. A terceira seção discute a questão da matriz energética mundial e a importância da utilização de fontes renováveis. A quarta seção apresenta de forma um pouco mais aprofundada as características da energia hidrelétrica, focando nas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Nesta seção também é detalhada as etapas que compõem a cadeia produtiva de uma PCH. A quinta, e última seção, explicita quais são os fatores determinantes da competitividade.

2.1 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS)

A tecnologia assume um aspecto essencial para a condição humana nos dias atuais, estando presente em todas as dimensões da vida social (LIMA FILHO; QUELUZ, 2005). De acordo com Lima Filho e Queluz (2005, p. 4), a tecnologia, ou o que se representa como ela, “assume papel central na sociabilidade, ou seja, na produção da realidade e do imaginário (universo real e simbólico)”.

No entanto, ainda há pessoas que acreditam que a tecnologia é uma força que governa a sociedade, e passam a “obscurecer a ação humana e representar as máquinas como agente determinante” (SMITH; MARX, 1994⁷ apud LIMA FILHO; QUELUZ, 2005). Com isso, retiram a tecnologia do contexto social e cultural na qual é produzida. Esta descontextualização é a base do determinismo tecnológico, o qual é percebido por Smith (1994, p. 2, tradução nossa) como “uma força autônoma,

⁷ SMITH, Merritt R; MARX, Leo. **Does technology drive history?** The dilemma of technological determinism. Cambridge, Mass: MIT Press, 1994.

completamente independente de restrições sociais”⁸. Os defensores deste pensamento acreditam também que “mudanças na tecnologia exercem uma influência maior sobre as sociedades e seus processos do que qualquer outro fator”⁹ (SMITH, 1994, p. 2, tradução nossa).

A crença de que a tecnologia é agente fundamental de mudança remonta ao início da Revolução Industrial, porém, obteve maior destaque no período após a Segunda Guerra Mundial, devido ao intenso otimismo acerca das possibilidades da ciência-tecnologia, expressando-se através dos primeiros computadores eletrônicos, dos primeiros transplantes de órgãos e do início do uso da energia nuclear para o transporte (SMITH, 1994, p. 2; BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003, p. 121). Acreditava-se também no modelo linear de desenvolvimento, que consistia na relação direta entre pesquisa científica, desenvolvimento tecnológico, geração de riquezas e bem estar social (LINSINGEN, 2007; MATIELLO, 2011).

Contudo, no final da década de 1960 e começo de 1970, o aumento da conscientização para as questões ambientais, os riscos da energia nuclear, o desenvolvimento de armas nucleares, o clima de tensão gerado pela Guerra do Vietnã e a maior preocupação com o direito das minorias, estabeleceram condições para uma nova forma de ver as interações entre ciência, tecnologia e sociedade (CUTTCLIFF, 2003; LINSINGEN, 2007).

Diante do questionamento da ideia de que o desenvolvimento científico e tecnológico implicaria necessariamente em desenvolvimento econômico e social, e por consequência, resultaria em bem estar social, foi constituído um novo campo de estudos, conhecido como CTS. Este campo apresenta uma visão mais interdisciplinar para o entendimento não apenas dos benefícios da tecnologia científica, mas também dos seus efeitos colaterais frequentemente ignorados. O seu caráter interdisciplinar é associado com o fato de convergirem nele disciplinas como, por exemplo, filosofia, teoria da educação, economia da mudança técnica e história da ciência e da tecnologia (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003; CUTTCLIFF, 2003; LINSINGEN, 2007).

⁸ Texto original: “An autonomous force, completely independent of social constraints”.

⁹ Texto original: “Changes in technology exert a greater influence on societies and their processes than any other fator”.

Ademais, os estudos de CTS objetivam combater as ideias que procuram defender a neutralidade¹⁰ e o determinismo tecnológico, por meio de conceitos que conduzem à compreensão da tecnologia em sua complexidade interativa e sua heterogeneidade (MATIELLO, 2011, p. 50). Segundo Cuttcliff (2003, p. 18, tradução nossa), a missão central do campo da CTS tem sido

[...] expressar a interpretação da ciência e da tecnologia como um processo social. A partir deste ponto de vista, a ciência e a tecnologia são vistas como projetos complexos em que os valores culturais, políticos e econômicos, nos ajudam a configurar os processos tecnocientíficos, que, por sua vez, afetam os seus próprios valores e os da sociedade que os mantém¹¹.

Em consonância a este pensamento, Bazzo, Linsingen e Pereira (2003, p. 125) afirmam que os estudos CTS visam entender o caráter social da ciência e tecnologia, compreendendo não apenas os fatores da natureza social, política ou econômica que articulam a mudança científico-tecnológica, mas também os efeitos éticos, ambientais ou culturais dessa mudança. Ainda de acordo com Bazzo, Linsingen e Pereira (2003, p. 126), o campo CTS propõe-se em compreender

[...] a ciência-tecnologia não como um processo ou atividade autônoma que segue uma lógica interna de desenvolvimento em seu funcionamento ótimo (resultante de um método cognitivo ou um código de conduta), mas sim como um processo ou produto inerentemente social onde os elementos não epistêmicos ou técnicos (por exemplo: valores morais, convicções religiosas, interesses profissionais, pressões econômicas, etc.) desempenham um papel decisivo na gênese e na consolidação das ideias científicas e dos artefatos tecnológicos.

Desta forma, surgem diversas abordagens que buscam compreender as relações entre as escolhas tecnológicas e a sociedade. Uma das tendências de estudos sociais da tecnologia é a Teoria do Ator-rede (TAR). Esta teoria caracteriza-se por romper as diferenciações entre seres animados e inanimados, compreendendo-os dentro de uma rede social de elementos heterogêneos (CALLON, 1997; MENDES, 2010; MATIELLO, 2011).

¹⁰ A concepção de neutralidade da tecnologia acredita que a tecnologia, em si, não é boa nem má, porém o seu uso é que pode ser inadequado. De acordo com esta abordagem, a tecnologia está “isenta de qualquer tipo de interesse particular tanto em sua concepção e desenvolvimento como nos resultados finais” (VERASZTO et al., 2007, p. 5).

¹¹ Texto original: “[...] expresar la interpretación de la ciencia y la tecnología como un proceso social. Desde este punto de vista, la ciencia y la tecnología son vistas como proyectos complejos en los que los valores culturales, políticos y económicos, nos ayudan a configurar los procesos tecnocientíficos, los cuales, a su vez, afectan a los valores mismos y a la sociedad que los sostiene”.

Apresentando um estudo de caso de uma inovação, ilustrada através do desenvolvimento do carro elétrico na França pelos engenheiros da EDF (Électricité de France) com a colaboração da Renault, na década de 1970, Callon (1997, p. 84) mostra que, considerações do tipo científica, social, técnica, econômica ou política devem estar presentes em todo o processo de inovação e não apenas no final. No caso estudado, os engenheiros tornaram-se cientistas sociais, haja vista a necessidade de preverem o comportamento dos futuros usuários dos artefatos, resultando na elaboração de uma teoria social implícita (BENAKOUCHE, 1999, p.21).

Callon (1997, p. 93, tradução nossa) salienta que “uma rede de atores é simultaneamente um ator cuja atividade é organizar os elementos heterogêneos e uma rede que é capaz de redefinir e transformar os elementos que a compõem”¹². Corroborando esta ideia, Latour (2008, p. 107, tradução nossa) afirma que

[...] a TAR não é a afirmação vazia de que são os objetos que fazem as coisas ‘no lugar’ dos atores humanos: diz simplesmente que nenhuma ciência social pode iniciar-se sem primeiramente explorar a questão de quem e o que participa da ação, ainda que signifique permitir que se incorporem elementos que, por falta de um termo melhor, poderíamos chamar de não humanos. Esta expressão, como todas as demais selecionadas pela TAR, não tem nenhum significado em si mesma. Não designa um domínio da realidade¹³.

Freire (2006, p. 55) destaca que a noção de rede da TAR remete a fluxos, circulações e alianças, onde os atores envolvidos interferem e sofrem interferências constantes. Nessa linha, Segata (2012, p. 240) menciona que é necessário pensar em uma rede como uma série de ações (eventos) distribuídas, e não pensá-la em razão de causa e efeito. Quanto ao termo ator, Latour (2001, p. 346) o denomina atuante e observa que, enquanto a palavra ator limita-se a humanos, o termo atuante inclui na definição os não humanos, também conhecidos por artefatos tecnológicos. Freire (2006, p. 55) explica que somente são considerados atores aqueles elementos que produzem efeitos na rede, modificando-a ou sendo modificados por ela. Tendo em

¹² Texto original: “An actor network is simultaneously an actor whose activity is networking heterogeneous elements and a network that is able to redefine and transform what it is made of”.

¹³ Texto original: “La TAR no es la afirmación vacía de que son los objetos los que hacen las cosas 'en lugar de' los actores humanos: dice simplemente que ninguna ciencia de lo social puede iniciarse siquiera si no se explora primero la cuestión de que quién y qué participa en la acción, aunque signifique permitir que se incorporen elementos que, a falta de mejor término, podríamos llamar no-humanos. Esta expresión, como todas las demás elegidas por la TAR, no tiene ningún significado in sí misma. No designa un dominio de la realidad”.

vista que não é possível prever quais deles produzirão este efeito, faz-se necessário acompanhar seus movimentos.

Para Latour (2004, p. 397), a metodologia da TAR

[...] trata-se de seguir as *coisas* através das redes em que elas se transportam, descrevê-las em seus *enredos* — é preciso estudá-las não a partir dos polos da natureza ou da sociedade, com suas respectivas visadas críticas sobre o polo oposto, e sim simetricamente, entre um e outro.

Por mais que a abordagem da TAR acentue a ação presente nas redes e auxilie na observação dos papéis e interesses de grupos e indivíduos envolvidos no processo de desenvolvimento tecnológico, mostrando a sua complexidade, ela também é alvo de críticas. Uma das principais delas recai sobre o ponto que a Teoria propõe simetria entre humanos e não humanos, subtraindo, desta forma, as relações de poder e seu papel no desenho tecnológico. Outra crítica refere-se ao fato de que o quadro analítico da TAR não incorpora as emoções e a imponderabilidade, ignorando as fragilidades e as vulnerabilidades existentes (MENDES, 2010; MATIELLO, 2011). Além disso, segundo Thomas (2008, p. 183), a Teoria é relevante para descrever como as coisas ocorreram, porém apresenta dificuldades no momento de explicar por que ocorreram desta forma e não de outro jeito.

Apesar das críticas, a Teoria do Ator-rede compreende a sociedade como um complexo heterogêneo de interações dinâmicas e circunstanciais que pode ser formado entre pessoas, instituições, artefatos, animais, e outros atores humanos e não humanos, sendo que todos possuem habilidade para agir. Ademais, a Teoria considera que o design final do artefato se dá não apenas como resultado da aceitação dos grupos sociais relevantes, mas devido à participação de diversos atores, possibilitando a compreensão da situação em que a presença de atores não humanos exerce forte influência (CAVIQUIOLO, 2010; MATIELLO, 2011).

Tendo em vista que a tecnologia é uma construção social resultante de um processo, onde intervêm múltiplos atores com distintos interesses, a escolha de quais fontes de energia irão compor a matriz energética mundial torna-se complexa. A questão energética é uma das principais variáveis de debate e preocupação no sistema capitalista, e é preciso considerar que as decisões em políticas energéticas são de longo prazo, portanto as variáveis contempladas devem abranger o máximo possível as opções que melhor expressem a relação custo x benefício sustentável

(SILVA, 2013). Neste contexto, faz-se necessário a implementação de tecnologias voltadas para a utilização de fontes renováveis de energia, como, por exemplo, as PCHs, que constituem o objeto de estudo desta dissertação.

A seguir será apresentado o conceito de cadeia produtiva e suas principais finalidades.

2.2 CONCEITO DE CADEIA PRODUTIVA

Uma cadeia produtiva resulta do aumento da divisão do trabalho e da maior interdependência entre os agentes econômicos (PROCHNIK; HAGUENAUER, 2001, p. 2). São vastas as definições propostas pela literatura, podendo ser empregada para estudos, como por exemplo, envolvendo oportunidades de investimento, prospecção tecnológica e gestão da competitividade (PROCHNIK; HAGUENAUER, 2001; CASTRO et al., 2002; SILVA, 2002; CASTRO, 2005). Entretanto, segundo Haguenauer e Prochnik (2000¹⁴ apud SILVA, 2002, p.103), “a noção de cadeia produtiva é usada sem muito rigor”.

O termo foi introduzido pela primeira vez em 1977, por Hopkins e Wallerstein, em um artigo que delineava um programa de pesquisa para estudar os padrões de desenvolvimento do sistema mundial moderno (BAIR, 2014). Os autores propuseram seguir as redes de produção de determinadas mercadorias como forma de traçar a incorporação de novas áreas à uma divisão do trabalho emergente durante o século XVI. Eles observaram que as etapas sequenciais envolvidas na criação, cultivo e transporte de um bem em particular poderiam ser concebidas como uma cadeia de produção. Conseqüentemente, com o auxílio dos seus colegas, resolveram estudar várias cadeias específicas para determinar onde estas atividades eram realizadas, e de que forma os seus retornos desiguais criavam um sistema mundial estratificado (BAIR, 2014).

O conceito de cadeia produtiva foi elaborado como ferramenta de análise sistêmica. Ele parte da premissa que “a produção de bens pode ser representada

¹⁴ HAGUENAUER, Lia; PROCHNIK, Victor. **Identificação de cadeias produtivas e oportunidades de investimento no Nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2000.

como um sistema, onde os diversos atores estão interconectados por fluxos de materiais, de capital e de informação, objetivando suprir um mercado consumidor final” (CASTRO, 2005). De acordo com Hopkins e Wallerstein (1986, p. 159), uma cadeia de produção pode ser definida como uma rede de processos de trabalho e de produção, cujo resultado final é um produto acabado.

Leslie e Reimer (1999, p. 404) ressaltam que a noção de cadeia produtiva delinea toda a trajetória de um produto, desde a sua concepção e design, passando pela produção e chegando até o consumo final. Haguenauer et al. (2001, p. 6) sugerem que ela é estruturada por uma sequência de etapas sucessivas, na qual ocorre a transformação de matérias primas básicas em produtos finais. Um exemplo de como uma cadeia produtiva pode ser estruturada encontra-se na Figura 1.

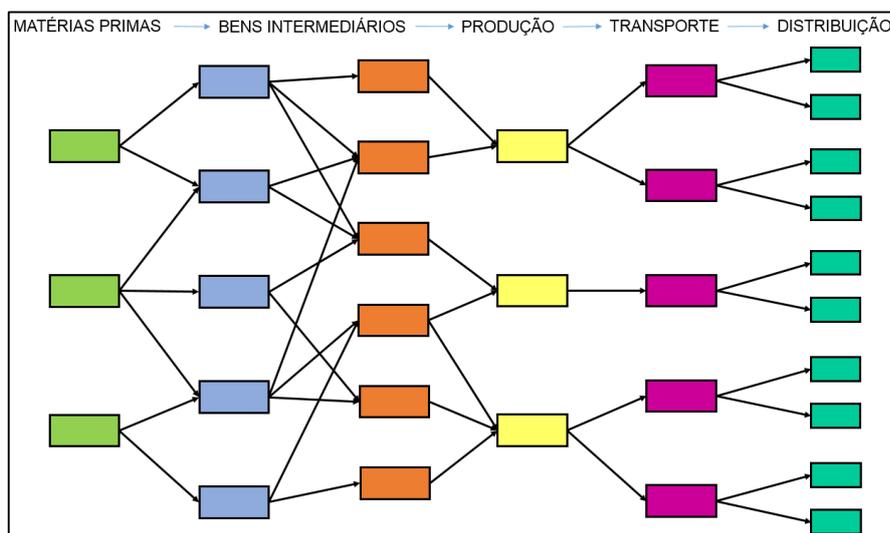


Figura 1 – Representação gráfica de uma cadeia produtiva
Fonte: Adaptado de Bouille (2004, p. 229).

Observa-se que as cadeias podem ser decompostas em segmentos, também chamados de etapas ou níveis. Em cada etapa, como foi visto anteriormente, a matéria prima sofre transformações, resultando em um produto final. Ademais, também estão envolvidos no processo transações e fluxos de materiais, de capital e de informação (CASTRO et al., 2002, p. 9). Contudo, conforme Prochnik (1987¹⁵ apud SILVA, 2002, p.104) e Haguenauer et al. (2001, p. 6), além de um produto poder servir a mais de uma cadeia produtiva, é praticamente impossível delimitar uma cadeia no sentido

¹⁵ PROCHNIK, Victor. Cadeias e etapas no complexo da construção civil. In: Encontro Nacional de Economia. **Anais...** Salvador: UFBA/ ANPEC, 1987, p. 693-712.

estrito, devido à interdependência geral das atividades e da possibilidade de substituição de insumos.

Prochnik e Haguenuer (2001, p. 3) afirmam que, o entrelaçamento de cadeias é comum, e que em cada uma delas são encontradas indústrias cujo relacionamento estreito por compras e vendas correntes constitui os mercados e/ou fornecedores centrais das demais atividades participantes (HAGUENAUER et al., 2001, p. 6). O comportamento dos elementos, ou das firmas, que compõem uma cadeia não são completamente autônomos e encontram-se condicionados por instituições, como estruturas, regras e convenções. No curto prazo, as condições do ambiente se sobrepõe ao comportamento empresarial, porém, no longo prazo, essa situação se altera e o comportamento das empresas pode exercer influência na modificação das instituições, resultando em uma evolução do ambiente (FILHO et al., 2004). Silva (2002, p. 103) destaca que

[...] uma cadeia produtiva engloba fornecimento de insumos e equipamentos, produtores, processadores, distribuidores, atacado e varejo. Além disso, é envolvida por um ambiente institucional, como leis e regulamentações, e por serviços de apoio, como transporte, armazenagem e informações de mercado. Há uma forte interdependência desses processos, cujo sucesso depende da interação eficiente de todos os elos da cadeia.

O foco inicial do conceito de cadeia de produção estava voltado ao setor agropecuário e florestal, entretanto, tem se verificado que o sistema possui grande potencial de extrapolação para outras áreas produtivas, além da agricultura. Segundo Castro (2005, p. 1), esta extrapolação faz com que o conceito se torne “universal e permitiria utilizar as suas capacidades e ferramentas analíticas, para a formulação de estratégias e políticas de desenvolvimento em uma ampla gama de processos produtivos”.

Castro (2005, p. 6) menciona que, a concepção de cadeia produtiva auxilia na análise e na compreensão dos macroprocessos de produção, no exame do desempenho dos sistemas, na determinação dos seus gargalos e das oportunidades não exploradas, e na análise dos processos de produção, de gerenciamento e de tecnologia. Para Filho et al. (2004, p. 9), o uso do instrumento de cadeia produtiva possui outras utilidades além das destacadas por Castro, como, apontar oportunidades de investimento e ações de políticas industriais, determinar padrões de interdependências entre empresas e setores, observar pontos de causalidades, e

visualizar polos de influência ao longo do encadeamento das atividades. Silva (2002, p. 103) aponta também que, conhecer a cadeia produtiva de um setor é uma questão essencial para a compreensão da complexidade da sua cadeia de valor e, conseqüentemente, para a análise do posicionamento competitivo das firmas que o compõem.

Mielke (2002, p. 18) afirma que, as cadeias têm por objetivo fornecer ao consumidor final produtos cuja qualidade e quantidade sejam compatíveis com as suas necessidades e que, ao mesmo tempo, possuam preços competitivos. Sendo assim, a influência deste agente sobre as demais etapas que compõem a cadeia produtiva é significativa, e conhecer as demandas do mercado consumidor torna-se relevante para assegurar a sustentabilidade da cadeia de produção.

Levando em consideração que a questão energética se constitui uma prioridade indiscutível no século XXI, e que o mercado de eletricidade encontra-se no centro das atividades econômicas dos Estados Nacionais, as condições de produção, transporte, abastecimento e consumo de energia são relevantes ao conjunto da sociedade (SILVA, 2006). Neste contexto, entende-se que substituição de fontes convencionais por fontes de energia renovável constitui-se, não apenas, em uma solução para os problemas das mudanças climáticas induzidas pelo homem, mas também uma forma de harmonizar a expansão econômica com as demandas ambientais e sociais (SILVA, 2013).

O subitem a seguir apresenta um breve histórico do uso da energia e aborda a situação atual das fontes renováveis.

2.3 ENERGIA

Este item tem como tema principal a questão energética. A primeira parte apresenta um breve histórico da utilização das fontes de energia ao longo dos anos, com o objetivo de ressaltar a importância destas fontes para o desenvolvimento da sociedade. A segunda parte aborda o tema da energia renovável e as vantagens da utilização deste tipo de fonte, buscando destacar o seu potencial de uso e aproveitamento no Brasil.

2.3.1 Breve histórico

O processo de desenvolvimento das civilizações está associado ao grau de exploração e uso das fontes de energia dispostas na natureza, sendo que as necessidades energéticas dos seres humanos estão em constante evolução. Dentre as diversas tecnologias de conversão de uma forma de energia em outra, a eletricidade tem sido fundamental para a industrialização e o desenvolvimento econômico dos países (SILVA, 2006; FARIAS; SELLITTO, 2011; SILVA, 2013).

Para satisfazer as suas primeiras necessidades, o ser humano, durante os períodos paleolítico (3.500.000 a 10.000 a.C.) e neolítico (10.000 a 5.000 a.C.), apropriou-se do uso do fogo, desenvolveu a agricultura e a pecuária e iniciou a produção de ferramentas que potencializaram o seu trabalho. À medida que a complexidade dos povos ia aumentando, assim como o seu consumo energético, o homem passou a buscar formas de energia que, além de satisfazer suas necessidades alimentares, pudessem facilitar suas atividades. Cerca de 4.000 a.C., com o aparecimento de grandes civilizações, tal como a egípcia, ocorreu um avanço no uso da energia com a utilização do vento como conversor energético. Além do vento, o homem passou a utilizar também como fonte de energia a força humana e animal, a água e a biomassa (RIQUELME, 2008; LUCKEMEYER, 2010; FARIAS; SELLITTO, 2011).

Na Europa, durante a Idade Média, a madeira passou a ser o principal combustível tanto para uso doméstico quanto industrial. A sua exploração indiscriminada fez com que as florestas fossem devastadas e que, com a falta do insumo, o seu preço aumentasse (GIMPEL, 1977). “Como atestava Adam Smith, a hulha é um combustível bem mais desagradável que a lenha ou o carvão vegetal, e nenhum povo a adotou senão no caso em que a lenha faltava ou tinha preço demasiado alto” (HÉMERY et al., 1993). A partir do século XVI, com a crescente escassez de lenha e a implementação de leis ambientais que impediam o desmatamento em algumas partes da Europa, o carvão mineral começou a ser explorado intensamente, constituindo-se no primeiro combustível fóssil utilizado em grande escala (SILVA, 2006; LUCKEMEYER, 2010).

O carvão tornou-se o principal combustível empregado nas máquinas a vapor e foi utilizado durante a Revolução Industrial no século XVIII. Apesar de seu uso cotidiano ter dado início à poluição atmosférica, sendo que a sua fumaça era considerada perigosa para a saúde, no final do século XIX a sua participação no consumo de energia primária era de 53% (GIMPEL, 1977; LUCKEMEYER, 2010). Com a descoberta do petróleo, e posteriormente do gás natural, o carvão deixou de ser a principal fonte de energia consumida, porém ainda exerce um papel importante na matriz energética do mundo (RIQUELME, 2008; LUCKEMEYER, 2010).

No século XX, o processo de industrialização e de desenvolvimento econômico foi intensificado pela incorporação da energia elétrica na matriz energética mundial e pelo uso do petróleo¹⁶. Aprimoramentos nas tecnologias de perfuração, prospecção e refino do petróleo somados à promissora indústria automobilística, fizeram com que este combustível passasse a ter a maior participação no consumo de energia mundial (RIQUELME, 2008; LUCKEMEYER, 2010).

Na década de 1970, as crises do petróleo elevaram o preço do barril, forçando os países importadores a implantar políticas para suprir o consumo energético interno, destacando-se as políticas que visavam a utilização de outras fontes de energia. Como resultado, a geração termelétrica a carvão e nuclear passou a ser priorizada, e, após a década de 1980, o gás natural começou a ser legalmente utilizado para geração de energia elétrica em ciclo combinado (RIQUELME, 2008; LUCKEMEYER, 2010). Em 2011, 81,6% da energia utilizada no planeta era gerada a partir da queima de combustíveis fósseis, já no tange à produção de eletricidade, a participação percentual do petróleo, do carvão e do gás natural era de 68% (INTERNATIONAL..., 2013).

O aumento da população mundial e, conseqüentemente, a crescente demanda por energia, resultou em uma intensa exploração dos recursos naturais sem que fosse avaliada a capacidade de regeneração dos ecossistemas. A expectativa de escassez das fontes não renováveis e os problemas socioambientais causados pelo seu uso, como, por exemplo, os acidentes com vazamento de petróleo no mar e o aumento da concentração de CO₂ e de CH₄, liberados pela queima dos combustíveis

¹⁶ O petróleo é um combustível fóssil cuja origem provavelmente está vinculada aos restos de vida aquática animal acumulados no fundo de oceanos primitivos e cobertos por sedimentos (FARIAS; SELLITTO, 2011, p. 10).

fósseis, colocou em questão o modelo de desenvolvimento capitalista vigente (MENKES, 2004; SILVA, 2013).

Os avanços nos estudos referentes à questão energética apontam que os aspectos puramente técnicos, ou seja envolvendo apenas a oferta e demanda de energia, são muito simples e não apresentam soluções para o problema do crescimento e desenvolvimento sustentável (SILVA, 2013). De acordo com Pinto Junior et al. (2007, p. 22), “a importância da oferta e da demanda de energia para o desempenho do sistema econômico é um resultado das múltiplas interações entre as diferentes dimensões que envolvem o setor energético”. O Quadro 2 sintetiza o conjunto de dimensões que interagem com o setor de energia.

Dimensões	Interações que envolvem o setor energético
Ambiental	Como se dá o desenvolvimento sustentável no que tange aos impactos ambientais, ao controle de emissões de gases de efeito estufa, as mudanças climáticas e as escolhas tecnológicas efetuadas pelas empresas.
Social	Como o setor energético afeta o desenvolvimento regional e que efeitos as políticas públicas desse setor provocam sobre a população local: trabalho, rendimento, saúde, cultura, educação, habitação, segurança e a minimização das desigualdades.
Econômica	Fontes de financiamento, custos e as interações entre o crescimento regional e os aspectos macroeconômicos, microeconômicos, tecnológicos e políticas internacionais.
Institucional	Orientação política, políticas ambientais, políticas energéticas, capacidade e esforços governamentais e da sociedade para o alcance do desenvolvimento sustentável.

Quadro 2 – Dimensões da energia e as interações que envolvem o setor energético
Fonte: Adaptado de Pinto Junior et al. (2007, p. 22) e Souza (2014, p. 67).

Segundo Rampazzo (2002, p. 159), “é preciso repensar a organização econômica da sociedade, o uso qualitativo e quantitativo que ela faz de seus recursos naturais e as consequências da ação dos agentes econômicos”. Para Silva (2006, p. 32)

[...] no estágio atual do desenvolvimento das tecnologias de conversão de energia, impera a incorporação de um crescente volume de conhecimentos que possam materializar-se em tecnologias de maiores ganhos de rendimentos, redução de custos e que contemplem as demandas ambientais hoje pleiteadas pela sociedade.

Diante deste cenário, iniciaram-se discussões a respeito de um modelo alternativo, que promovesse crescimento econômico, geração de emprego e proteção ao meio ambiente (MENKES, 2004). Ao mesmo tempo, ocorreu o amadurecimento de pesquisas em alternativas energéticas que pudessem viabilizar o incremento da oferta de energia e reduzir a dependência mundial de combustíveis fósseis e nuclear (SILVA, 2006; SILVA, 2013).

2.3.2 Energia Renovável

As fontes energéticas são as formas em que a energia é encontrada na natureza. Elas podem ser divididas em duas categorias: renováveis e não renováveis. As energias não renováveis são aquelas que têm origem fóssil e são finitas, tais como o petróleo, o gás natural, o carvão mineral e o urânio (SILVA, 2006; RIQUELME, 2008). Elas encontram-se no centro das demandas globais de energia, contudo, o seu uso em larga escala está associado aos impactos ambientais negativos. Dentre os efeitos negativos destacam-se a poluição atmosférica, a emissão de CO₂ e de CH₄, a chuva ácida e a poluição hídrica (MENKES, 2004; MANZANO-AGUGLIARO et al., 2013).

Já uma fonte de energia renovável pode ser definida como um recurso simples e sustentável, disponível a longo prazo a um custo razoável, e que pode ser utilizado para qualquer tarefa. Ela pode ser considerada também uma fonte limpa de energia cuja utilização ótima minimiza os impactos ambientais negativos, produz resíduos secundários mínimos e é sustentável com base nas necessidades econômicas e sociais atuais e futuras. Os principais tipos que têm sido pesquisados e desenvolvidos nos últimos anos são a biomassa, a eólica, a solar, a geotérmica e a hidrelétrica (RIQUELME, 2008; PANWAR et al., 2011; MANZANO-AGUGLIARO et al., 2013). O Quadro 3 apresenta de forma resumida a definição de cada uma destas fontes.

Tipo	Definição
Biomassa	Consiste em todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia.
Eólica	Energia resultante do aproveitamento da movimentação das massas de ar. Este aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas.
Solar	Utilização da radiação solar para geração de energia térmica ou elétrica. Dentre os processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica.
Geotérmica	Consiste no calor natural da terra. A exploração desta fonte de energia pode ser realizada de duas formas: a primeira se dá por meio do uso direto do calor transferido por condução a partir do interior da Terra até regiões específicas próximas à superfície, e a segunda utiliza bombas de calor que se aproveitam da diferença de temperatura entre o ambiente e o solo.
Hidrelétrica	Baseada no ciclo natural da água, ela é gerada pelo aproveitamento do fluxo deste recurso. O aproveitamento da energia hidráulica para geração de energia elétrica é feito por meio do uso de turbinas hidráulicas.

Quadro 3 – Principais tipos de energia renovável pesquisados e desenvolvidos no mundo
 Fonte: Agência..., (2003), Sauer et al. (2006), Agência..., (2008) e Vichi e Mansor (2009).

Entre as vantagens de se utilizar este tipo de fonte, as mais significativas são: redução da emissão dos gases do efeito estufa; menor dependência dos combustíveis fósseis; fornecimento de energia para áreas mais distantes dos centros urbanos; melhoria da saúde pública; aumento da diversidade de opções de fornecimento de energia; grande disponibilidade; e independência das importações para obtenção de suprimento (ROSA, 2007; RIQUELME, 2008; PANWAR et al., 2011). Entretanto, o uso destas fontes também gera impactos socioambientais negativos, tais como a alteração da paisagem natural, o reassentamento dos moradores que residirem na área afetada, a geração de ruídos, a interferência na migração de aves e peixes, a supressão de vegetação e a alteração do uso e ocupação do solo (PEDREIRA, 2004, p. 17; INTERNATIONAL..., 2008, p. 3; INSTITUTO..., 2011, p. 350).

Para Vianna (2009), o desenvolvimento de fontes renováveis é um caminho favorável para proteger o meio ambiente, e de certa forma oferece a oportunidade de complementar a oferta descentralizada de energia, gerando benefícios econômicos e sociais. Apesar do alto investimento inicial necessário para a implementação das fontes renováveis ter inibido o seu desenvolvimento durante o século XX, em 2011 elas representavam cerca de 13,3% do total de energia primária ofertada no mundo, e em termos de geração de eletricidade, foram responsáveis por 20,3% do total gerado mundialmente (SAUER et al., 2006; INTERNATIONAL..., 2013).

A tendência é que a participação destas fontes aumente nos próximos anos devido aos avanços tecnológicos e inovações que visam, não apenas reduzir os custos envolvidos, mas também aumentar a sua eficiência (EUROPEAN RENEWABLE..., 2006; INTERNATIONAL..., 2010; THE EUROPEAN ENERGY..., 2013; INTERNATIONAL..., 2014). Além disso, as políticas de apoio as energias renováveis, como a tarifa fixa (*feed-in tariff* –FIT) e o sistema de leilões (*renewable portfolio standard* - RPS) têm sido fundamentais para estimular o crescimento da participação destas fontes na matriz energética mundial (LIPP, 2007).

Tendo em vista a importância do desenvolvimento das fontes renováveis com o intuito de diversificar a matriz energética mundial e reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, estima-se que até o ano de 2040 a participação deste tipo de fonte na matriz energética aumente para 47,7%, sendo que a biomassa será responsável por 51,5% deste total (Tabela 2).

Tabela 2 – Cenário global da energia renovável até 2040

	2001	2010	2020	2030	2040
Consumo total (M)tEP	10.038	10.549	11.425	12.352	13.310
Biomassa	1080	1313	1.791	2.483	3.271
UHE	22,7	266	309	341	358
Geotérmica	43,2	86	186	333	493
PCH	9,5	19	49	106	189
Eólica	4,7	44	266	542	688
Solar térmica	4,1	15	66	244	480
Fotovoltaica	0,1	2	24	221	784
Eletricidade solar térmica	0,1	0,4	3	16	68
Energia das correntes marítimas	0,05	0,1	0,4	3	20
Total (energias renováveis)	1.365,50	1.745,50	2.964,40	4.289	6.351
Contribuição das energias renováveis (%)	13,6	16,6	23,6	34,7	47,7

Fonte: Adaptado de Panwar et al. (2011, p. 1514).

O Brasil caracteriza-se pelo seu elevado potencial de uso e aproveitamento dessas fontes de energia. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 46,4% da produção de energia primária no país em 2013 originou-se de fontes renováveis, como a energia hidráulica (13%) e os produtos da cana-de-açúcar (19,1%). Entretanto, a participação da energia não renovável continua significativa, sendo que representou 53,6% do total da produção, das quais 40,6% era efetivamente produção de petróleo (EMPRESA..., 2014).

Já no que diz respeito à matriz de geração elétrica brasileira, a sua origem é predominantemente renovável, sendo que em 2013 a geração hidráulica respondia por 70,6% da oferta interna (EMPRESA..., 2014). Apesar da participação das fontes renováveis na matriz elétrica nacional estar acima da média mundial (20,3%) e dos países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (18,1%), observa-se que, de 2012 para 2013, a participação de renováveis no país caiu de 84,5% para 79,3%, devido às condições hidrológicas desfavoráveis e ao aumento da geração térmica (Gráfico 1).

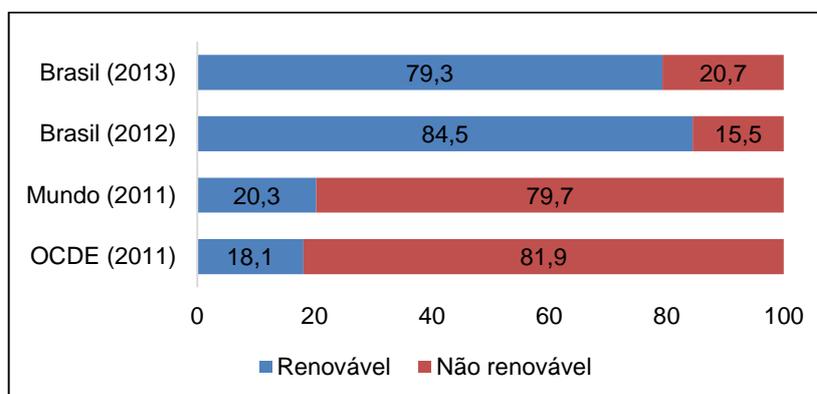


Gráfico 1 – Participação de energia renovável na matriz de geração elétrica
Fonte: EMPRESA... (2014, p. 30).

A redução dos níveis dos reservatórios das usinas hidrelétricas do subsistema Sudeste/Centro-oeste, desde 2012, fizeram com que o governo recorresse às usinas térmicas a gás para evitar o racionamento de energia. Embora a energia termelétrica tenha auxiliado no abastecimento nacional, ela resultou em aumento do preço da energia elétrica e em crescimento da taxa sistêmica de emissão de CO₂ e de outros gases geradores de efeito estufa.

O aumento das tarifas do setor de energia elétrica é consequência do preço superior de geração térmica a gás se comparado ao da energia hidrelétrica (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Segundo Warth (2014), o aumento médio da tarifa de energia foi de 17,63%, sendo que em alguns Estados, como Goiás, o reajuste chegou a 24,79%. Já em relação às emissões de CO₂, Tancredi e Abbud (2013, p. 8) afirmam que, “o uso prolongado das usinas térmicas já havia provocado a emissão de mais de 16 milhões de toneladas de gás carbônico (CO₂) equivalentes, até dia 10 de janeiro de 2013”.

Tabela 3 – Preço de geração de energia elétrica por fonte (R\$/MWh)

Fonte	Custo fixo	Custo variável por unidade*	Preço final
Hidroelétrica de grande porte	84,58	-	84,58
Eólica	99,58	-	99,58
Hidroelétrica de médio porte	147,46	-	147,46
Pequena central hidroelétrica	157,46	-	158,94
Térmica nuclear	158,94	20,91	166,39
Térmica a carvão	145,48	176,85	336,19
Térmica a gás natural	166,94	226,39	393,33
Térmica a óleo diesel	166,57	340,48	507,23
Térmica a óleo combustível	166,57	432,48	599,05
Térmica a biomassa	171,44	642,62	814,06

Fonte: Adaptado de Tancredi e Abbud (2013, p. 10).

Nota: os valores, quando informados, indicam o preço cobrado pelo megawatt-hora quando a respectiva usina é despachada, ou seja, quando o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) determina que entre em operação; no restante do tempo, as usinas dessas modalidades são remuneradas à base de seus custos fixos, uma vez que não estarão produzindo energia.

No horizonte decenal existe um grande potencial de oferta de energia proveniente de fontes renováveis. O Plano Decenal de Expansão de Energia 2022 (EMPRESA..., 2013, p. 99), que incorpora uma visão integrada da expansão da demanda e da oferta energética, prevê aumento da participação das fontes renováveis (térmicas a biomassa, PCHs e usinas eólicas), no parque de geração do Sistema Integrado Nacional (SIN), passando de 17% (24.206 MW) no início de 2016, para 21% (38.137 MW) em dezembro de 2022 (Gráfico 2).

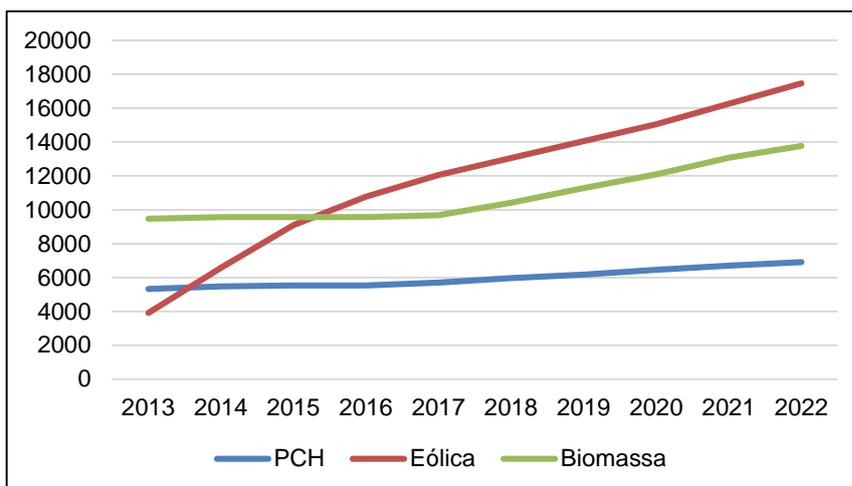


Gráfico 2 – Evolução da capacidade instalada, por tipo de fonte renovável – 2013 a 2022

Fonte: EMPRESA... (2013, p. 99).

Entretanto, considerando a possibilidade de oferta de grandes volumes de gás natural associado à produção petrolífera do Pré-Sal, estima-se que a expansão da geração termelétrica a gás poderá vir a ocupar um maior espaço na matriz energética, principalmente na eventualidade de dificuldades para o licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas e de linhas de transmissão (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2013, p. 122). Segundo a ANP (2012), “a demanda de investimentos para o Pré-Sal deverá superar US\$ 400 bilhões em materiais, equipamentos, sistemas e serviços, até 2020”. Freitas (2011, p. 77) afirma que “o aumento significativo do petróleo que advirá com a exploração da camada do Pré-Sal pode ser considerado uma vantagem para o Brasil, concedendo oportunidade para o país se fortalecer em termos de potencial energético”.

Em contrapartida aos investimentos do Pré-Sal, apesar da ocorrência de chuvas irregulares e do consequente esvaziamento de reservatórios de hidrelétricas brasileiras, o país é considerado um dos primeiros do mundo em recursos hídricos (ROSA, 2007, p. 45; GOYE; ROCHAS, 2014). Segundo o Atlas de Energia Hidráulica elaborado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (2006), o potencial hidrelétrico brasileiro consiste em cerca de 260 GW (Figura 2), porém apenas 68% desse potencial foi inventariado e 31% é efetivamente aproveitado. A região do país que apresenta o maior potencial é a região Norte, com 110 GW, representando aproximadamente 42% do potencial brasileiro. Já a região com o menor potencial é a Nordeste, com 26 GW.

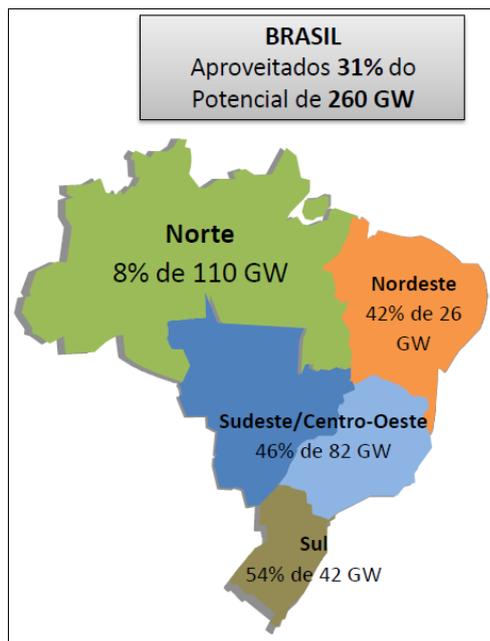


Figura 2 – Aproveitamento do Potencial Hidrelétrico no Brasil
Fonte: Bertol (2013, p. 12).

Diante do baixo aproveitamento do potencial hidrelétrico nacional quando comparado a outros países, tal como os Estados Unidos que aproveitam 80% deste recurso, a produção de energia por meio de PCHs mostra-se uma alternativa viável para diversificar a matriz energética do país e aumentar a sua oferta sem ter que recorrer às fontes não renováveis (ROSA, 2007, p. 45; MACIEL; OLIVEIRA; DZEDZEJ, 2010, p. 77; PERIUS; CARREGARO, 2012, p. 135).

O subitem a seguir irá abordar a energia hidrelétrica, mais especificamente as PCHs, e descrever a sua cadeia produtiva.

2.4 HIDROELETRICIDADE

Este item apresenta como tema principal a energia hidroelétrica. Inicialmente é introduzido um breve contexto do surgimento da utilização da hidroeletricidade, bem como seus principais elementos e a situação atual da sua utilização mundial. Em seguida, aborda-se mais especificamente as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), destacando-se as suas características fundamentais. Por último, é apresentada as etapas que constituem a cadeia produtiva das PCHs.

2.4.1 Energia hidráulica

A energia hidráulica é uma energia renovável baseada no ciclo natural da água e é gerada pelo aproveitamento do fluxo deste recurso (INTERGOVERNMENTAL PANEL..., 2011; INTERNATIONAL RENEWABLE..., 2012). Ela é considerada uma das maiores fontes alternativas de energia e é explorada em mais de 160 países, sendo que cinco deles (China, Brasil, Canadá, Estados Unidos e Rússia) foram responsáveis por mais da metade da produção mundial em 2011 (INTERNATIONAL..., 2013).

Desde a Antiguidade a energia hidráulica tem sido utilizada para gerar energia mecânica, constituindo-se como uma das primeiras formas de substituição do trabalho animal (AGÊNCIA..., 2003). Há mais de 2 mil anos atrás, os Gregos já utilizavam a energia produzida através da queda da água para a moagem de grãos, porém, a disponibilidade do trabalho escravo e da força animal fez com que a aplicação da energia proveniente das águas ficasse restringida até por volta do século XII (INTERGOVERNMENTAL PANEL..., 2011; INTERNATIONAL RENEWABLE..., 2012; THE INTERNATIONAL ENERGY..., 2014).

O aproveitamento da energia hidráulica para geração de energia elétrica é feito por meio do uso de turbinas hidráulicas (AGÊNCIA..., 2003). O interesse pelo desenvolvimento destas turbinas teve início nos séculos XVIII e XIX e está associado à Revolução Industrial. Nesta época, enquanto a Inglaterra apoiava a sua industrialização em reservas carboníferas, a França, devido à ausência deste recurso mineral, optou por explorar a energia hidráulica para o acionamento mecânico de diferentes máquinas. Devido à esta substituição do carvão, a hidroenergia ficou conhecida como *houille blanche*, que pode ser traduzida como hulha branca ou carvão branco (SANTOS; NOGUEIRA; BAJAY, 1986).

De acordo com Funchal (2008), foi com base nos experimentos, realizados em 1750, do matemático suíço Leonard Euler e de seu filho Albert, que o francês Jean Victor Poncelet idealizou em 1826 a turbina radial de fluxo interno. Em 1827, o francês Benoît Fourneylon construiu a primeira versão da turbina de fluxo radial externo, a qual tinha sido projetada por ele e por seu professor, Claude Burdin, três anos antes. O desempenho das turbinas de Fourneylon foi aprimorado posteriormente por Uriah

A. Boyden. Em 1838, o norte americano Samuel B. Howd patenteou um projeto similar ao de Poncelet e o construiu. Uma década depois, em 1848, James B. Francis aprimorou o projeto de Howd e criou uma turbina com eficiência de 90%. Esta turbina teve a sua capacidade aumentada com o desenvolvimento das rodas de Pelton e, por volta de 1913, Viktor Kaplan aperfeiçoou ainda mais a turbina de Francis, dando origem a turbina de Kaplan.

Atualmente, há uma grande variedade de formas e tamanhos das turbinas, mas o modelo mais utilizado é o de Francis, pois se adapta tanto a locais com baixa queda quanto a locais de alta queda (AGÊNCIA..., 2003; INTERNATIONAL RENEWABLE..., 2012). A Figura 3 apresenta três exemplos de turbinas hidráulicas utilizadas atualmente e o Quadro 4 contém a classificação de algumas turbinas de acordo com a sua faixa de quedas.

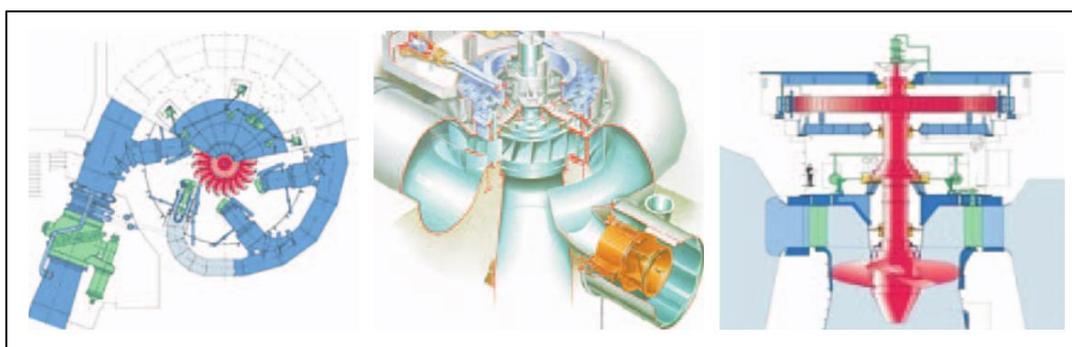


Figura 3 – Exemplos de turbinas hidráulicas (Pelton, Francis e Kaplan, respectivamente)
Fonte: Adaptado de INTERNATIONAL... (2011, p. 14).

Tipos de turbina		Aplicação
Pela conversão de energia	Pela direção do fluxo	Faixas de queda (m)
Ação	Pelton	100-1770
	Turgo	50-400
Reação	Kaplan	03-80
	Francis	10-700
	Fluxo radial	100-700

Quadro 4 - Classificação de turbinas de acordo com a faixa de quedas
Fonte: Adaptado Merigue e Silva (2013, p. 24).

A era moderna da utilização da energia hidrelétrica começou em 1870 quando foi construída a primeira usina que usava a água de um dos lagos de uma propriedade em Cragside, em Northumberland, na Inglaterra, para acionar um dínamo. Dez anos depois, começou o emprego industrial desta energia, quando um dínamo acionado por uma turbina de água foi utilizado para iluminar teatros e vitrines em Grand Rapids, em Michigan, nos Estados Unidos (INTERGOVERNMENTAL PANEL..., 2011;

INTERNATIONAL RENEWABLE..., 2012). Em 1881, um outro tipo de dínamo conectado à uma turbina, em um moinho de grãos, forneceu iluminação pública em Niágara Falls, em Nova Iorque. Um ano depois, em 1882, um avanço significativo no desenvolvimento da energia hidráulica ocorreu em Appleton, em Wisconsin, quando um gerador elétrico foi acoplado à uma turbina, resultando na primeira estação hidrelétrica do mundo. Conhecida como *Vulcan Street Plant*, sua capacidade de 12,5 kW foi utilizada para iluminar duas fábricas de papel e uma residência. Desde então, a energia hidrelétrica faz parte da matriz energética da maioria dos países, sendo que os projetos das usinas tornaram-se praticamente padronizados após a Primeira Guerra Mundial (THE INTERNATIONAL ENERGY..., 2014).

Em pouco mais de 100 anos, a potência instalada das usinas aumentou significativamente. Apesar de não existir uma definição consensual entre todos os países a respeito dos limites de potência para classificá-las por tamanho, a classificação mais comum é: micro central (menos de 100 kW), mini (de 100 kW a 1 MW), pequena (de 1 MW a 20 MW), média (de 20 MW a 100 MW), e grande (100 MW ou mais). As três maiores hidrelétricas do mundo são a de Três Gargantas na China, a Itaipu, localizada na fronteira do Brasil e do Paraguai, e a Guri na Venezuela. Elas apresentam uma capacidade de 22,4 GW, 14 GW e 10 GW, respectivamente (CENTRAIS ELÉTRICAS..., 1999; AGÊNCIA..., 2008; INTERGOVERNMENTAL PANEL..., 2011; INTERNATIONAL RENEWABLE..., 2012; PARO, 2014).

Além de serem classificadas por tamanho, as hidrelétricas podem ser categorizadas por tipo. As três categorias principais são (REIS, 2003; AGÊNCIA..., 2008; INTERGOVERNMENTAL PANEL..., 2011; INTERNATIONAL RENEWABLE..., 2012):

1. Usina a fio d'água (*run-of-river*): utiliza turbinas que aproveitam a velocidade do rio para gerar energia, ou seja, a geração depende do fluxo do rio. Não precisa de armazenamento de água e não há necessidade de formação de grandes reservatórios, porém, alguns empreendimentos podem ter um pequeno reservatório para represar a água durante os períodos que não são de pico para utilizá-la nos momentos de pico do mesmo dia;

2. Usina com reservatório (*reservoir*): neste tipo é construída uma barragem que interrompe o curso natural do rio e permite a formação de um reservatório, o qual

reduz a dependência da usina na variação do fluxo natural da água. Em muitas partes do mundo são inundados vales de rios, criando um lago artificial; e

3. Usina reversível (*pumped storage*): este tipo possui dois reservatórios, um inferior e um superior. Durante o período de baixa demanda por eletricidade, a água é bombeada do reservatório inferior para o superior. Quando a demanda por eletricidade aumenta, a água é liberada de volta para o reservatório inferior para produzir energia elétrica.

Reis (2003, p. 68) afirma que as centrais podem ser classificadas também quanto à queda, à forma de captação de água e à função no sistema. Quanto à queda, podem ser classificadas em: baixíssima (menor de 10 metros); baixa (entre 10 e 25 metros); média (entre 25 e 250 metros); e alta (mais de 250 metros). Quanto à forma de captação, as usinas podem ser de desvio (e em derivação) ou de leito de rio (ou de represamento). Já quanto à função no sistema elas podem ser de operação na base (da curva de carga), de operação flutuante e de operação na ponta (da curva de carga).

De acordo com relatório Key World Energy Statistics, da International Energy Agency (IEA), publicado em 2014, entre os anos de 1973 e 2012, a participação da força das águas na produção total de energia passou de 1,8% para 2,4%, atingindo uma geração de 3,7 TWh (Gráfico 3). Deste total, 23,2% (872 TWh) foram produzidos pela China, 11,1% (415 TWh) pelo Brasil e 10,1% (381 TWh) pelo Canadá. Em termos de energia elétrica, a participação da energia hidráulica na geração de eletricidade sofreu recuo acentuado no mesmo período, passando de 20,9% para 16,2% (Gráfico 4). Em cerca de 36 países, a participação percentual desta fonte no total gerado foi de mais de 50% (Quadro 5).

Países	Participação da hidroeletricidade
Albânia, Congo, Moçambique, Nepal, Paraguai, Tadjiquistão, Zâmbia	~100%
Noruega	> 90%
Brasil, Etiópia, Geórgia, Cazaquistão, Namíbia	> 80%
Angola, Colômbia, Costa Rica, Gana, Myanmar, Venezuela	> 70%
Áustria, Camarão, Canadá, Congo, Islândia, Letônia, Peru, Tanzânia, Togo	> 60%
Coréia do Norte, Croácia, Equador, Gabão, Nova Zelândia, Suíça, Uruguai, Zimbábue	> 50%

Quadro 5 - Os países com mais da metade da geração de eletricidade a partir da energia hidrelétrica em 2010

Fonte: IEA (2011, p. 10).

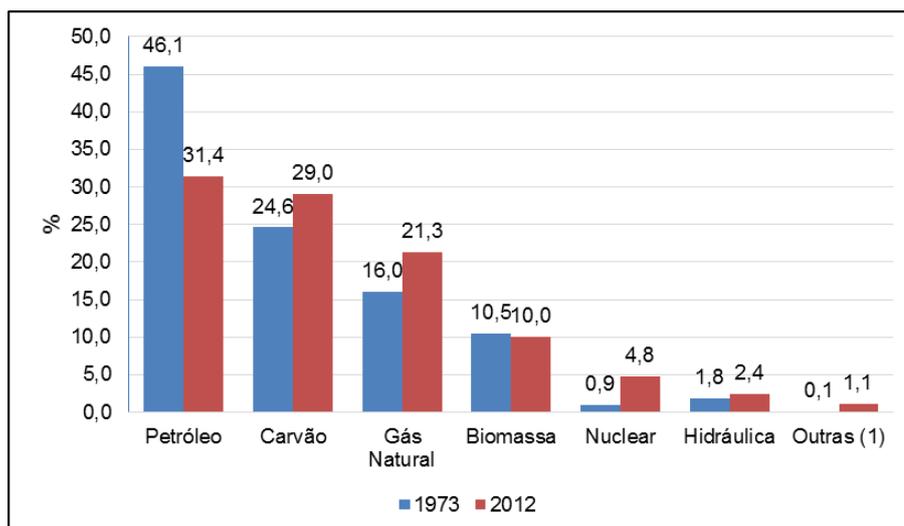


Gráfico 3 – Composição da matriz energética mundial, em percentual, por tipo de combustível, nos anos de 1973 e 2012

Fonte: Adaptado de INTERNATIONAL... (2014, p. 6).

Nota: (1) Inclui outras fontes renováveis como: energia geotérmica, solar, eólica, etc.

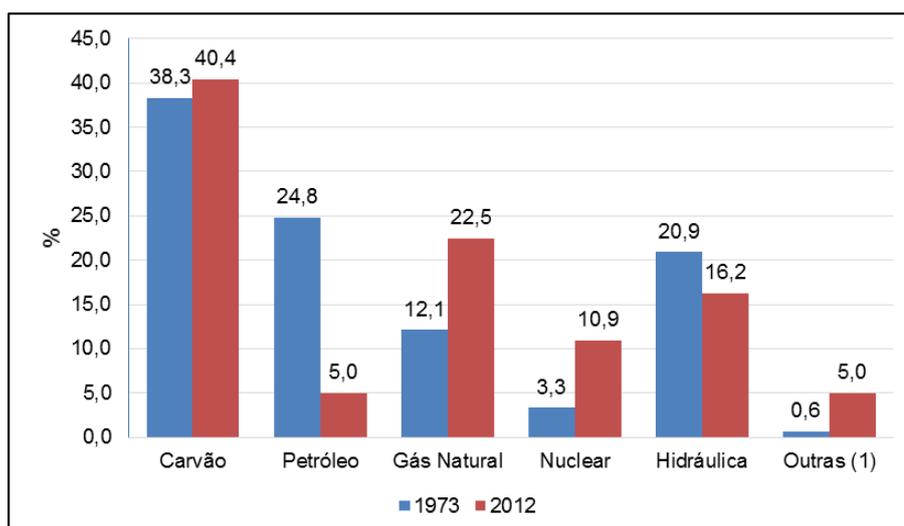


Gráfico 4 – Geração de energia elétrica mundial em percentual, por tipo de combustível, nos anos de 1973 e 2012

Fonte: Adaptado de IEA (2014, p. 24).

Nota: (1) Inclui outras fontes renováveis como: energia geotérmica, solar, eólica, etc.

A oferta de energia hidrelétrica aumentou significativamente na Ásia, em particular na China, e na América Latina, principalmente em função do Brasil. Esta situação foi ocasionada não apenas por causa da abundância de recursos hídricos nestas regiões, mas também devido ao fato que os países desenvolvidos, como por exemplo Alemanha, Estados Unidos, França, Japão e Noruega, já exploraram a maior parte dos seus potenciais hidráulicos, fazendo com que optassem por investir no desenvolvimento de outras fontes, como gás natural e usinas nucleares (AGÊNCIA..., 2008; INTERNATIONAL..., 2013).

Uma usina hidrelétrica exige relativamente alto investimento inicial, mas tem uma vida útil longa e custos de operação e manutenção baixos. Normalmente, sua vida útil varia de 40 a 80 anos, mas se forem realizadas atualizações regulares dos seus sistemas elétricos e mecânicos, elas podem operar por até 100 anos (INTERGOVERNMENTAL PANEL..., 2011). A energia produzida por este tipo de empreendimento pode ser interligada tanto à rede elétrica quanto aos sistemas isolados localizados em pequenas comunidades (PERIUS; CARREGARO, 2012). Apesar dos custos de energia serem geralmente baixos, eles podem variar de acordo com o local onde a usina é instalada.

As usinas também podem contribuir positivamente para os chamados usos múltiplos da água, por meio do controle do nível do rio (ROSA, 2007). Esta regularização da vazão faz com que seja possível implementar projetos de irrigação, abastecimento e turismo, e além disso, evitar enchentes e facilitar a navegação (YÜKSEL, 2010). Contudo, Bermann (2007, p. 141) afirma que há “dificuldades para assegurar o uso múltiplo das águas, em razão do caráter histórico de priorização da geração elétrica em detrimento dos outros possíveis usos como irrigação, lazer, piscicultura, entre outros”.

Apesar dos diversos benefícios descritos anteriormente relacionados à utilização da energia hidrelétrica para a geração de eletricidade, as grandes usinas, as quais necessitam da construção de barragens e reservatórios, têm sido alvo de críticas desde o final do século XX, devido aos seus impactos ambientais e sociais negativos mais visíveis. Dentre os mais significativos, destacam-se a inundação de grandes áreas (muitas vezes produtivas), a necessidade de realocação de pessoas, a alteração significativa da paisagem natural e a perda da biodiversidade. Está previsto que a demanda por energia continue aumentando nos próximos anos, resultado, principalmente do crescimento populacional e do aumento do nível do consumo. Tendo em vista que a tendência é que fique cada vez mais difícil a implantação de grandes empreendimentos hidrelétricos, voltam ao interesse dos países a construção e revitalização das Pequenas Centrais Hidrelétricas (TUNDISI, 2007; PERIUS; CARREGARO, 2012; MANZANO-AGUGLIARO et al., 2013; ARDIZZON et al., 2014).

2.4.2 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)

Diferentemente das grandes usinas hidrelétricas, cujo desenvolvimento está associado à construção de grandes barragens, as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), por serem de menor porte, têm como vantagem principal uma maior simplicidade na concepção e operação. Esses empreendimentos geralmente não utilizam reservatórios para armazenagem de grandes volumes de água, e normalmente operam a fio d'água, permitindo a passagem contínua do rio com uma capacidade nominal estável (REIS, 2003; ARDIZZON et al., 2014).

As PCHs podem ser utilizadas para a complementação de sistemas de grande porte em função do menor risco de investimento (MAKARON, 2012, p. 2). Perius e Carregaro (2012) afirmam que estas centrais auxiliam na ampliação e diversificação do setor energético dos países e podem contribuir para o desenvolvimento econômico e social de regiões isoladas. Ademais, as etapas de projeto e implantação deste tipo de empreendimento são mais simples do que as das grandes usinas (REIS, 2003, p. 69).

De acordo com Reis (2003, p. 70), as PCHs possuem 3 características principais. A primeira está associada à questão de possuir rápida entrada no sistema de potência e flexibilidade para mudar rapidamente a quantidade de energia proporcionada ao sistema, por causa das alterações na demanda. A segunda diz respeito ao fato de que elas apresentam baixos custos de operação, manutenção e de produção de energia. A terceira, e última, refere-se as suas propriedades mais suaves (*soft*) de inserção ambiental.

Apesar de supor-se que os impactos dos projetos das pequenas, minis e micro centrais serem limitados se comparados aos das UHEs, Egré e Milewski (2002, p. 1228, tradução nossa) destacam que “não é o tamanho que define se um projeto é renovável e sustentável ou não, mas as características específicas do projeto e sua localização”¹⁷. O debate entre grandes barragens *versus* pequenas encontra-se ainda em desenvolvimento e devem ser consideradas outras variáveis no processo de decisão além da área alagada e a quantidade de pessoas a serem deslocadas, como

¹⁷ Texto original: “It is not size that defines whether a project is renewable and sustainable or not, but the specific characteristics of the project and its location”.

também a quantidade de energia gerada, o *trade-off* entre construir uma grande usina de 2000 MW ou 400 pequenas de 5 MW, e o serviço prestado à sociedade (EGRÉ; MILEWSKI, 2002).

Não existe um consenso mundial no que diz respeito aos limites utilizados para classificar uma Pequena Central Hidrelétrica. Diferentes países, ou grupos de países, definem pequenas hidrelétricas de forma distinta (INTERNATIONAL..., 2011). No Canadá, por exemplo, são os empreendimentos cuja capacidade não ultrapassa 50 MW, enquanto que na Suécia são aqueles com capacidade menor ou igual a 1,5 MW (Quadro 6).

País	Capacidade Instalada (MW)
Brasil	1,1-30
Canadá	< 50
China	≤ 50
Estados Unidos	5-100
Índia	≤ 25
Noruega	≤ 10
Suécia	≤ 1,5
União Europeia	≤ 20

Quadro 6 - Definição de Pequenas Centrais Hidrelétricas por País

Fonte: AGÊNCIA... (2008, p. 53); INTERGOVERNMENTAL PANEL... (2011, p. 450).

Segundo o World Small Hydropower Development Report (WSHPDR) elaborado pelo International Center on Small Hydro Power (ICSHP) em 2013, as Pequenas Centrais Hidrelétricas com capacidade de até 10 MW estavam presentes em 148 países. Até o final de 2011 e começo de 2012, a capacidade instalada das PCHs no mundo era de aproximadamente 75 GW, sendo que o potencial total estimado é de 173 GW. Observa-se, com base no Gráfico 5, que mais da metade do potencial hidrelétrico estimado está localizado na Ásia, e quase 30% pode ser encontrado na Europa e nas Américas.

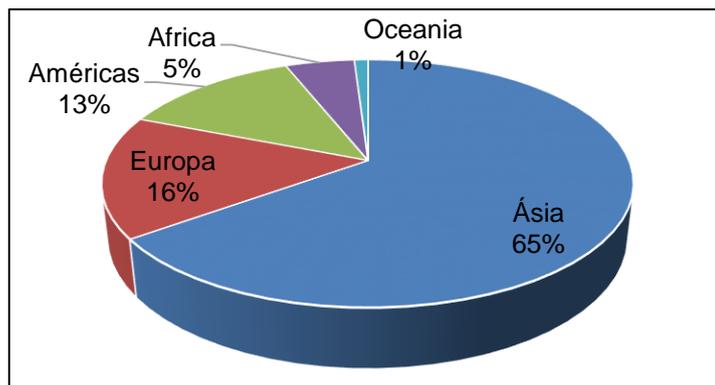


Gráfico 5 – Distribuição global do potencial de recursos de PCHs com capacidade de até 10 MW

Fonte: Adaptado de INTERNATIONAL CENTER... (2013, p. 1).

Basicamente, existem dois grupos de custos para projetos hidrelétricos: os custos da construção civil; e o custo relacionado com equipamentos eletromecânicos para a transformação de energia. Ademais, há também os custos referentes ao planejamento, aos projetos de mitigação dos impactos gerados, e ao processo de licenciamento envolvido (INTERNATIONAL PANEL..., 2011). Todos estes custos fazem com que o investimento inicial necessário envolvido na construção de uma PCH seja relativamente alto se comparado com as outras fontes energéticas, ficando na faixa de US\$ 1.300/kW a US\$ 8.000/kW, enquanto que o custo de investimento do gás natural em 2010 era em média de US\$ 900/kW (INTERNATIONAL..., 2010; INTERNATIONAL RENEWABLE..., 2012).

Entretanto, a tecnologia utilizada nas hidrelétricas é considerada bem desenvolvida e o seu custo de geração é competitivo, variando entre US\$ 0,02 kWh e US\$ 0,27 kWh (INTERNATIONAL RENEWABLE..., 2012). Além disso, o processo produtivo envolvido na geração de energia hidrelétrica é simples, apresentando os seus princípios de uma roda d'água. O próximo subitem descreve as etapas que conformam a cadeia produtiva das PCHs.

2.4.3 Cadeia Produtiva de uma PCH

As Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) constituem-se em estruturas hidráulicas construídas nos rios, que proporcionam o aproveitamento dos desníveis para a geração de energia. O processo envolvido na produção de eletricidade em uma

PCH depende de inúmeras variáveis como, por exemplo, a vazão do rio, a quantidade de água disponível em determinado período de tempo, os desníveis do terreno, a tecnologia utilizada, e a demanda por energia (AGÊNCIA..., 2008).

O princípio fundamental do funcionamento de uma PCH está relacionado com a utilização de uma barragem para represar a água do rio em curso. A água represada aciona uma turbina hidráulica, e esta, por sua vez, efetua a transformação da energia hidráulica em mecânica. Em seguida, um gerador elétrico é acionado, transformando energia mecânica em elétrica. A energia elétrica gerada é transmitida e distribuída por meio de linhas de transmissão para os consumidores, e a água utilizada é conduzida novamente ao rio (REIS, 2003; MAKARON, 2012).

Resumidamente, pode-se separar a cadeia produtiva de uma PCH em 5 etapas principais: recurso natural; geração; transmissão; distribuição; e comercialização. Antes de iniciar o detalhamento de cada etapa, o Quadro 7 apresenta um resumo da cadeia, explicitando a função de cada etapa.

Etapa	Função
Recurso Natural	Fornecer matéria prima para a PCH
Geração	Transformar energia hidráulica em energia elétrica
Transmissão	Transmitir a energia elétrica até os centros de distribuição
Distribuição	Distribuir a energia até os centros consumidores
Comercialização	Comercializar a energia gerada

Quadro 7 – Etapas da cadeia produtiva de uma PCH, detalhando a sua função
Fonte: Autoria própria.

2.4.3.1 Etapa 1: Recurso Natural

A cadeia produtiva de uma PCH depende fundamentalmente da disponibilidade de água para o aproveitamento hidrelétrico, tendo em vista que a energia produzida é consequência da dinâmica da água quando ela passa pelas turbinas. Este recurso natural é considerado indispensável para a sobrevivência do ser humano e é uma substância fundamental para os ecossistemas da natureza. Ele é resultado do fenômeno conhecido por ciclo hidrológico, o qual, consiste na circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera (AGÊNCIA..., 2003; CARVALHO; MELLO; SILVA, 2007).

O conceito de ciclo hidrológico, representado na Figura 4, está associado ao movimento e à troca de água nos seus estados físicos distintos. Este movimento ocorre devido a dois fatores principais: o Sol e a gravidade. O Sol é responsável pela evaporação, proporcionando energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera. Já a gravidade, faz com que ocorra a precipitação, onde a água condensada cai, e que, uma vez na superfície, circule através de linhas de água que se juntam em rios até alcançar os oceanos ou se infiltre nos solos e nas rochas (TUCCI; MENDES, 2006; CARVALHO; MELLO; SILVA, 2007).

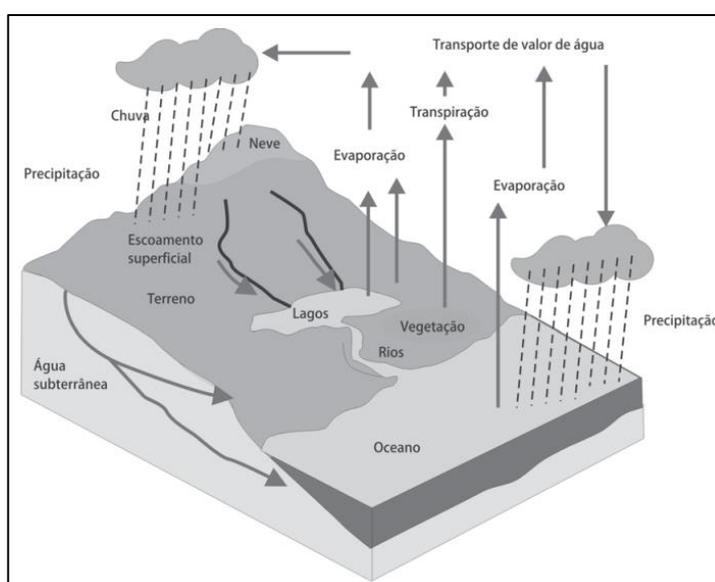


Figura 4 – Ciclo hidrológico
Fonte: Tucci e Mendes (2006, p. 16).

Do ponto de vista técnico, a geração hidrelétrica depende de duas variáveis, a vazão e a diferença de nível entre o reservatório e o rio depois da barragem. A vazão consiste no volume de água que passa em uma seção reta em uma unidade de tempo (REIS, 2011, p. 72). Quanto maior a vazão e maior a queda, maior será a potência gerada. Porém, quando há falta de vazão, devido à ocorrência de secas, o sistema elétrico necessita complementar a sua produção com outras fontes, como, por exemplo, usinas termelétricas (TUCCI; MENDES, 2006).

Por mais que a água não tenha um mercado específico, a sua disponibilidade é uma condição *sine qua non* para existir a cadeia produtiva de uma PCH, ou seja, é o principal recurso envolvido. Segundo dados apresentados na seção anterior, o potencial tecnicamente aproveitável para a geração hidrelétrica no mundo é de 173 GW (INTERNATIONAL CENTER..., 2013). Entretanto, a quantidade efetivamente

disponível é influenciada diretamente pela quantidade de chuvas e por aspectos antrópicos, como demandas urbanas, rurais, industriais, energéticas e alterações do solo urbano e rural (AGÊNCIA..., 2003; LEÃO, 2008).

2.4.3.2 Etapa 2: Geração

A segunda etapa da cadeia consiste fundamentalmente na transformação da energia hidráulica em energia elétrica. A estrutura de uma central hidrelétrica é composta, basicamente, por barragem, sistema de captação e adução de água, casa de força, vertedouro e canal de fuga. Estes elementos funcionam em conjunto e de maneira integrada (INEPAR, 2014).

A barragem tem como principal finalidade reter a água para captação e desvio. A água represada é conduzida até a casa de força através do sistema de captação e adução de água (FURNAS, 2014). Este sistema pode ser composto por canais, túneis ou condutos metálicos. Caso o nível da água represada ultrapasse o limite recomendado, o vertedouro tem por objetivo permitir o extravasamento do excesso de água afluyente ao local do aproveitamento, evitando o risco da água atingir a crista da barragem (CENTRAIS ELÉTRICAS..., 1999; FARIA, 2011).

Na casa de força estão localizadas as turbinas formadas por uma série de pás ligadas a um eixo, conectado a um gerador elétrico. Quando a água passa pelas turbinas hidráulicas e faz com que elas girem, apresentando o mesmo princípio de uma roda d'água, ocorre a transformação da energia hidráulica em mecânica. O movimento das turbinas faz com que o gerador acoplado mecanicamente a elas tenham seu rotor acionado, convertendo energia mecânica em elétrica. O funcionamento do gerador depende simplesmente das interações eletromagnéticas ocorridas em seu interior (REIS, 2003). Diante disto, observa-se que o gerador e a turbina podem ser considerados os recursos básicos nesta etapa. A Figura 5 apresenta um exemplo de uma turbina e um gerador utilizados em uma usina hidrelétrica.

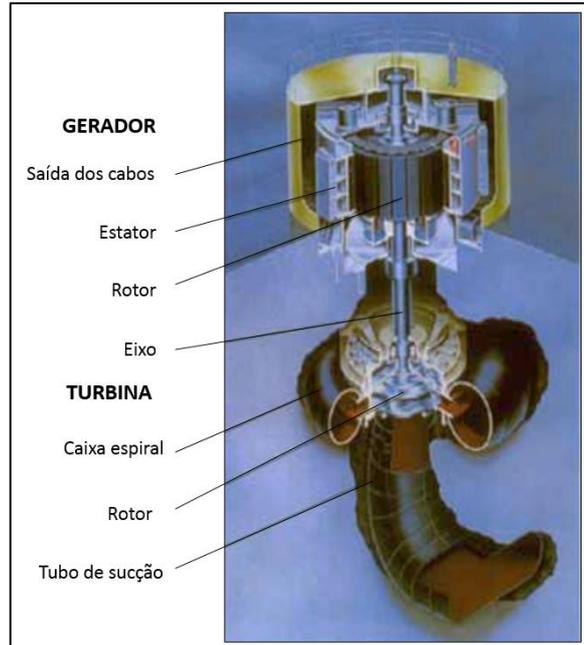


Figura 5 – Exemplo de uma turbina e um gerador utilizados em uma usina hidrelétrica
Fonte: Adaptado de Sevá (2005, p. 4).

Após passar pela casa de força, a água é restituída ao leito natural do rio através do canal de fuga, localizado à jusante do tubo de sucção, entre a casa de força e o rio. A energia elétrica gerada é conduzida, por meio de cabos ou barras condutoras, dos terminais do gerador até o transformador elevador, onde passa para a próxima etapa da cadeia, a transmissão (FARIA, 2011). O arranjo típico de uma PCH com canal de adução pode ser observado na Figura 6.

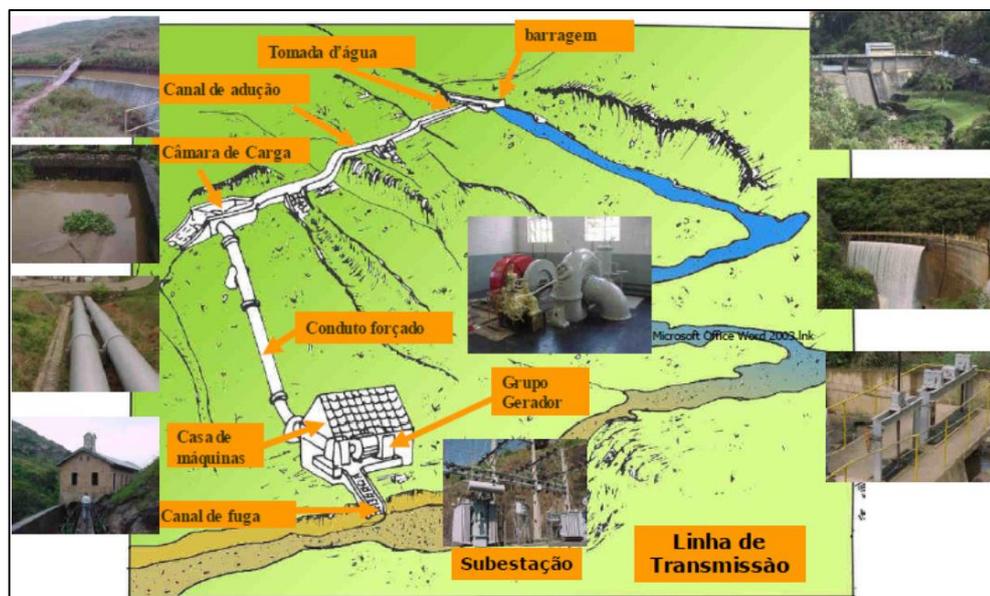


Figura 6 – Arranjo típico de uma PCH com canal de adução
Fonte: Filho (2010, p. 4).

2.4.3.3 Etapa 3: Transmissão

A energia elétrica gerada na PCH para ser conduzida até uma subestação, precisa ter sua tensão elevada por um transformador elevador. Este transformador aumenta a tensão da energia para evitar perdas excessivas durante o trajeto. A tensão de aproximadamente 13,8 kV gerada na usina é transformada em 230 kV, a qual é a tensão comum de despacho no sistema de transmissão (SEVÁ, 2005).

Tendo em vista que as usinas são geralmente construídas longe dos centros consumidores, a energia tem que ser transportada para longas distâncias através de linhas de transmissão. Conseqüentemente, o agente gerador precisa arcar com os encargos de conexão ao sistema de transmissão, sendo que, de acordo com Filho e Zanin (2008, p. 18), “os custos de conexão de uma PCH ao sistema elétrico podem chegar a 5% do total do empreendimento”.

As linhas de transmissão são, basicamente, cabos aéreos, revestidos por camadas isolantes e fixados em grandes torres de metal. As torres são normalmente estruturas metálicas de aço que servem para suportar os cabos. O conjunto de cabos e torres é conhecido como rede de transmissão. Constituem-se também como elementos importantes das redes: os isoladores, que consistem em elementos que sustentam e isolam eletricamente os cabos condutores para evitar que a energia conduzida entre em contato com as torres; os cabos para-raios que servem para proteger os cabos condutores de raios durante tempestades; e os cabos de aterramento que conduzem para o solo a corrente elétrica dos cabos para-raios, e ficam enterrados junto a base da estrutura (COMPANHIA..., 2012). A Figura 7 apresenta os principais elementos de uma rede de transmissão.



Figura 7 – Principais componentes das linhas de transmissão de energia
Fonte: Adaptado de COMPANHIA... (2012).

De forma geral, quando a eletricidade aproxima-se dos centros de consumo, as subestações diminuem a tensão elétrica, para que ela possa chegar aos domicílios, indústrias e empresas. A partir deste ponto, passa-se para a próxima etapa da cadeia, a distribuição local de energia (CENTRAIS ELÉTRICAS..., 2014).

2.4.3.4 Etapa 4: Distribuição

Após percorrer longas distâncias entre as usinas e os centros consumidores, a eletricidade chega em subestações que abaixam a sua tensão, para que possa ser iniciado o processo de distribuição. Contudo, apesar de apresentar uma tensão menor, a tensão ainda não é adequada para o consumo imediato e, conseqüentemente, transformadores menores são instalados nos postes de rua. Estes transformadores são responsáveis por reduzir ainda mais a voltagem da energia que segue diretamente para os consumidores (CENTRAIS ELÉTRICAS..., 2014).

A energia é distribuída por meio de uma rede elétrica, sob os cuidados de uma determinada empresa de distribuição. Essa rede pode ser por dutos subterrâneos ou aérea, suportada por postes, e, geralmente, ela é extensa e ramificada, pois precisa chegar aos domicílios e endereços dos consumidores. Os agentes distribuidores instalam em cada local de consumo um pequeno aparelho que consegue medir a quantidade de energia utilizada, conhecido como medidor. Normalmente a medição é

feita por hora, sendo a unidade de medida quilowatt-hora (kWh) (SEVÁ, 2005; BRASIL, 2014). A Figura 8 ilustra as etapas de geração, transmissão e distribuição de energia por uma hidrelétrica.

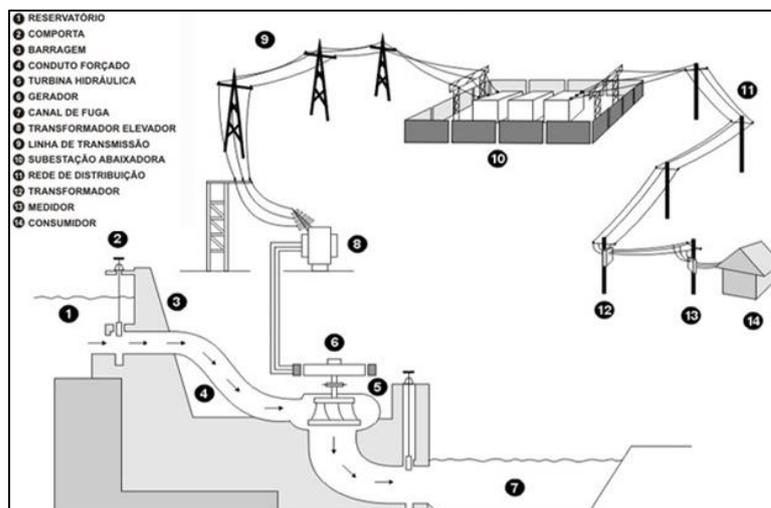


Figura 8 – Diagrama de geração, transmissão e distribuição de energia por uma hidrelétrica
 Fonte: Furnas (2014).

Em alguns locais são utilizados sistemas de transmissão e distribuição menores e isolados. Estes sistemas ficam responsáveis por conduzir a energia que será consumida em uma determinada localidade ou por uma só indústria (CENTRAIS ELÉTRICAS..., 2014). Segundo o relatório World Small Hydropower Development, da United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), publicado em 2013, a construção de PCHs é uma das soluções de energia renovável mais adequada para a eletrificação rural, tendo em vista que são empreendimentos que podem ser facilmente construídos, operados e mantidos localmente (UNITED..., 2013, p. 1).

2.4.3.5 Etapa 5: Comercialização

A última etapa, a comercialização, tem por objetivo o estímulo à competição no fornecimento de energia elétrica aos consumidores finais. Os agentes comercializadores são empresas que não possuem restrições de posse de ativos ou sistemas elétricos e atuam de forma exclusiva no mercado de compra e venda de

eletricidade. Eles têm como finalidade disponibilizar energia elétrica para o consumo, aumentando a oferta e diminuindo os custos de aquisição pelo consumidor final. Também estão aptos para comercializar energia os seguintes agentes: importadores e exportadores; produtores independentes; e concessionários de serviços públicos de geração (AGÊNCIA..., 2003, p. 16).

Observa-se que no que diz respeito à comercialização de energia, não apenas hidrelétrica, mas as renováveis como um todo, as políticas públicas têm um papel importante a desempenhar, tendo em vista que o sistema de mercado livre apresenta algumas limitações. Atualmente existem diversas políticas voltadas para a ampliação da participação das fontes renováveis nas matrizes energéticas dos países, como é o caso da tarifa fixa (*feed-in tariff*) utilizada pela Dinamarca e pela Alemanha, e o sistema de leilões (*renewable portfolio standard*) adotado pelo Reino Unido (LIPP, 2007; RICOSTI, 2011). De acordo com o Stern Review (STERN, 2006, p. 355), elaborado pelo economista Nicholas Stern e publicado pelo governo Britânico,

[...] em um mercado de energia liberalizado, investidores, operadores e consumidores deveriam enfrentar o custo total de suas decisões. Entretanto, este não é o caso em muitas economias ou setores de energia. Muitas políticas distorcem o mercado em favor de tecnologias existentes de combustíveis fósseis, apesar da sua emissão dos gases de efeito estufa e outras externalidades¹⁸.

No Brasil, a comercialização de energia elétrica é realizada em dois ambientes, no Ambiente de Contratação Livre (ACL) e no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). No primeiro tipo, são realizadas operações de compra e venda de energia elétrica através de contratos bilaterais livremente negociados. Já no segundo tipo, as operações de compra e venda são efetivadas por meio de contratos bilaterais regulados, celebrados entre agentes vendedores e agentes compradores, sendo que os preços de suprimentos são resultantes de leilões (TATEMOTO, 2013). A descrição mais detalhada de como ocorre a comercialização em cada tipo de ambiente será realizada no Capítulo 4.

¹⁸ Texto original: "In a liberalized energy market, investors, operators and consumers should face the full cost of their decisions. But this is not the case in many economies or energy sectors. Many policies distort the market in favor of existing fossil fuel technologies, despite the greenhouse gas and other externalities".

Apresentada a estruturação da cadeia produtiva de uma PCH, será tratado a seguir algumas noções teóricas sobre os fatores que influenciam uma empresa em sua capacidade de ser competitiva.

2.5 FATORES DETERMINANTES DA COMPETITIVIDADE

Para que uma empresa possa lidar com as incertezas do ambiente concorrencial, ela deve analisar os fatores de competitividade que podem influenciar mais diretamente o seu mercado. A identificação destes fatores deve se iniciar na caracterização do seu próprio mercado e nos elementos que afetam os seus custos ou a sua cadeia de produção (SILVA, 2002, p. 46; ALVES; MORAES; QUATRIN, 2012).

Ferraz, Kupfer e Haguenuer (1996, p. 6) conceituam competitividade como a “capacidade da empresa formular e implementar estratégias concorrenciais, que lhe permitam ampliar ou conservar, de forma duradoura, uma posição sustentável no mercado”. Sendo assim, o desempenho competitivo de uma empresa depende de um conjunto de fatores e cada um deles tem a sua relevância e peso dentro de um ambiente de competição (SILVA, 2001, p. 37).

São três os tipos de fatores que constituem a competitividade em uma empresa: os internos; os estruturais; e os sistêmicos. Os fatores internos, ou empresariais, são aqueles que podem ser controlados pela empresa. Os fatores estruturais referem-se à inserção das empresas na estrutura produtiva. E os fatores sistêmicos consistem na inter-relação com o funcionamento macroeconômico (SILVA, 2007; ALVES; MORAES; QUATRIN, 2012). A seguir são apresentadas as definições destes fatores¹⁹.

¹⁹ Não serão aprofundados os conceitos referentes aos fatores internos da competitividade, pois eles não serão utilizados na análise dos dados desta pesquisa.

2.5.1 Fatores Internos da Competitividade

De maneira geral, os fatores internos da competitividade são os fatores sobre os quais a empresa detém poder de decisão e podem ser controlados ou modificados. Eles referem-se, basicamente, as estratégias de concorrência, tais como, a capacidade empresarial, os recursos produtivos que a firma possui e a forma de gestão da empresa (FERRAZ; KUPFER; HAGUENAUER, 1996). Silva (2001, p. 40) menciona que os fatores internos

[...] são fatores intrínsecos que dependem da forma como a firma modela o seu processo de gestão, da forma como ela enxerga o mercado e o ambiente em que está inserida e da sua visão entre o passado e o futuro congruentes nas suas metas e objetivos para manter ou ganhar participação no mercado.

Levando em consideração que cada empresa pode apresentar fatores internos diferentes e formas distintas para observar o mesmo fato, o escopo de estudos dos fatores empresariais variam de firma para firma. Conseqüentemente, a compreensão destes fatores não permite uma boa base de comparação entre as diversas organizações (SILVA, 2007). Deste modo, esta pesquisa não entrará no mérito dos fatores internos na análise realizada no Capítulo 4.

2.5.2 Fatores Estruturais da Competitividade

Os fatores estruturais da competitividade são aqueles cuja capacidade de intervenção é limitada, ou seja, que podem ou não ser controlados. Eles encontram-se parcialmente sobre a área de influência de uma empresa e constituem-se em fatores externos à organização, fazendo referência especificamente ao mercado no qual a organização atua (ALVES; MORAES; QUATRIN, 2012, p. 2).

Coutinho e Ferraz (1995) afirmam que o conjunto de fatores estruturais é formado por três elementos, sendo eles: as características do mercado consumidor, que consiste na demanda; a configuração da indústria, representada pela oferta; e o tipo de concorrência ou regras que estabelecem estruturas e condutas em suas

relações com os consumidores. Em consonância a esta ideia, Silva (2007, p. 41) explicita que a compreensão destes fatores “trata-se de uma visão particularizada do microambiente em que a empresa está inserida, pois se refere somente ao seu mercado”. O mercado pode ser entendido como o conjunto de transações de um produto ou serviço, e seu comportamento pode ser melhor compreendido por meio da caracterização da oferta e da demanda.

A análise de mercado que será realizada nesta pesquisa não irá se aprofundar nas questões do mercado consumidor e da concorrência²⁰, mas irá estudar os fatores estruturais referentes à configuração da oferta. Entretanto, Possas (1987) comenta que a compreensão do mercado se torna completa quando ela é inter-relacionada com o funcionamento macroeconômico. Diante disso, o próximo subitem aborda os fatores sistêmicos da competitividade.

2.5.3 Fatores Sistêmicos da Competitividade

Os fatores sistêmicos da competitividade consistem nas forças externas, sejam elas econômicas, sociais, legais, entre outras, exercidas pelo ambiente no qual a empresa está inserida e que não podem ser controladas. Estes fatores são considerados externalidades e não apresentam possibilidade de intervenção. A compreensão deles, e dos impactos das suas mudanças, é um esforço de conhecer melhor o ambiente, e têm sido um dos grandes desafios da economia moderna (FERRAZ; KUPFER; HAGUENAUER, 1996; SILVA, 2001).

Para Silva (2007, p. 40) os fatores sistêmicos podem ser construídos historicamente, porém existem também fatores que podem ser modificados com o tempo. São exemplos de fatores, os fluxos internacionais, sejam comerciais ou financeiros, os aspectos macroeconômicos, tais como a taxa de câmbio, a

²⁰ Silva (2007, p. 46) afirma que compreender o ambiente da demanda tem por objetivo “subtrair da subjetividade dos consumidores conhecimentos que viabilizem vantagens na disputa de mercado”. Indicadores como, a taxa de renovação do parque industrial e a criação de novos investimentos, mostram como os produtores estão assimilando a necessidade dos consumidores. Já os fatores concorrenciais são as regras que definem “condutas e estruturas empresariais em suas relações com os consumidores, meio ambiente e competidores. Trata-se de legislações e incentivos específicos do setor analisado” (SILVA, 2007, p. 46).

infraestrutura disponível em um país e os aspectos sociais, como o sistema de qualificação de mão de obra (FERRAZ; KUPFER; HAGUENAUER, 1996).

Tendo em vista que os ambientes são complexos, conhecer todos os fatores que os caracterizam torna-se um trabalho exaustivo. Contudo, quanto mais próxima for a compreensão da realidade de um mercado, maior será a capacidade de serem adotadas estratégias que aproveitem ou otimizem os dados políticos, econômicos e sociais que o cercam (SILVA, 2007). Neste trabalho, em particular, serão considerados os fatores sistêmicos relativos as dimensões da energia (fatores ambientais, institucionais²¹, sociais e econômicos). Porém, levando em consideração que o mesmo limite/potencialidade pode estar associado a mais de uma dimensão, optou-se por não separá-los em dimensões específicas.

2.6 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Neste capítulo procurou-se apresentar os principais conceitos que serão utilizados na análise. Tendo exposto algumas linhas teóricas sobre teoria do Ator-rede, cadeia produtiva, energia renovável e sobre os fatores determinantes da competitividade, ressalta-se que a base da fundamentação dos autores diferencia-se pelos pressupostos das suas argumentações.

Primeiramente, no que tange a teoria do Ator-rede, empregada para auxiliar na observação dos papéis e interesses de grupos e indivíduos envolvidos no processo de transformação da energia hidráulica em energia elétrica, foram adotadas as ideias de Callon (1997) e Latour (2008).

Para a análise da cadeia produtiva das PCHs no país, utiliza-se, principalmente, a noção de Leslie e Reimer (1999). Os autores destacam que, a cadeia delinea toda a trajetória de um produto, desde a sua concepção e design, passando pela produção e chegando até o consumo final. Com base neste conceito,

²¹ Instituições são regras (formais e informais) que regulam as interações sociais. Segundo Davis e North (1971, p. 7), um arranjo institucional consiste em um conjunto de regras que governa a forma pela qual agentes econômicos podem cooperar e/ou competir. Em consonância a esta ideia, Fiani (2011, p. 4), afirma que arranjos institucionais são regras que definem a forma particular como se coordena um conjunto específico de atividades econômicas em uma sociedade.

optou-se por separar a cadeia estudada em 5 etapas, as quais abrangem desde o recurso natural disponível até a comercialização da energia.

Já no que diz respeito ao enquadramento das PCHs como uma fonte renovável, utilizou-se do conceito de Panwar et al. (2011). Os autores afirmam que, energias renováveis são consideradas uma fonte limpa de energia cuja utilização ótima minimiza os impactos ambientais negativos, produz resíduos secundários mínimos e é sustentável com base nas necessidades econômicas e sociais atuais e futuras.

Por fim, para a discussão dos fatores determinantes da competitividade, os quais auxiliaram na identificação dos gargalos e das potencialidades da cadeia, baseou-se, fundamentalmente, nas contribuições de Silva (2001; 2007). O autor defende que, a identificação destes fatores deve ser iniciada na caracterização do seu próprio mercado e nos elementos que afetam os seus custos ou a sua cadeia de produção.

O próximo capítulo apresenta a estrutura da metodologia da pesquisa, definindo os métodos utilizados e as informações coletadas.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo é apresentada a metodologia da pesquisa e os procedimentos adotados para a realização da mesma, conforme introduzido no Capítulo 1. Inicialmente é detalhada a classificação da pesquisa, bem como a tipologia dos dados trabalhados. Em seguida, são descritas as técnicas de coleta empregadas, destacando os requisitos observados e as principais fontes de informação selecionadas. Na sequência, são explicitadas as técnicas para análise dos dados coletados e os elementos da análise. Por último, são apresentados o planejamento de pesquisa e o protocolo de pesquisa.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Uma pesquisa pode ser definida como “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos” (GIL, 2010, p.1). Ela é um processo para a obtenção de conhecimento científico e pode ser classificada, principalmente, de acordo com a sua finalidade e os seus objetivos.

Quanto à sua finalidade, uma pesquisa pode ser classificada como básica, aplicada ou tecnológica. O primeiro tipo de pesquisa, tem por objetivo preencher uma lacuna no conhecimento, sem interesse nas suas aplicações práticas. O segundo tipo, depende dos conhecimentos desenvolvidos pela pesquisa básica e visa resolver questões identificadas no ambiente em que os pesquisadores vivem (GIL, 2010, p. 26). O terceiro tipo, possui preocupação preponderante com aspectos práticos e econômicos, englobando atividades enquadráveis na pesquisa aplicada e também, atividades de desenvolvimento experimental (STRAUHS; NASCIMENTO, 2013). Dentre estas três categorias, esta pesquisa se caracteriza como sendo do segundo tipo, pois busca a aquisição de conhecimento sobre os gargalos e as potencialidades existentes na cadeia de produção de uma PCH.

Já no que tange aos objetivos gerais, ela pode ser classificada como exploratória, descritiva ou explicativa. A definição de cada uma destas categorias está explicitada no Quadro 8.

Tipo de pesquisa	Definição
Exploratória	<ul style="list-style-type: none"> - Visa desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias buscando à formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis em estudos posteriores; - Não são aplicados com frequência procedimentos e amostragens técnicas quantitativas de coleta de dados; e - É realizada normalmente com preocupações mais práticas.
Descritiva	<ul style="list-style-type: none"> - Objetiva descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis; e - Normalmente é realizada com preocupações mais práticas.
Explicativa	<ul style="list-style-type: none"> - Visa identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos; - É o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, pois explica o porquê das coisas; e - O conhecimento científico está assentado nesse tipo de pesquisa.

Quadro 8 – Definição das pesquisas quanto aos seus objetivos

Fonte: Adaptado de GIL (2011, p. 28)

Tendo em vista que esta pesquisa visa obter maior familiaridade com a cadeia produtiva de uma PCH, explicitando a sua estruturação, ela pode ser classificada como exploratória. A pesquisa exploratória, de acordo com Gil (2010, p. 27), “têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito”. Ademais, ela também busca desenvolver e esclarecer conceitos e ideias visando à formulação de problemas mais precisos (GIL, 2011, p. 27).

A próxima seção explicita quais os tipos de dados que serão utilizados neste estudo.

3.2 TIPOLOGIA DOS DADOS

Os dados empregados em uma pesquisa podem ser basicamente primários ou secundários. Os dados primários são gerados por um pesquisador para uma finalidade específica e, em sua grande maioria, são obtidos por meio da aplicação de questionários. Já os dados secundários, são aqueles que não foram coletados

diretamente pelo pesquisador e são encontrados em fontes secundárias, tal como, relatórios (MALHOTRA, 2001).

Para a elaboração desta pesquisa foram utilizados apenas dados secundários. Apesar deste tipo de dado possuir algumas limitações, como, por exemplo, não ser possível um controle sobre a sua coleta e, as vezes, não ser muito preciso ou adequado, ele apresenta vantagens em relação ao dado primário, tendo em vista que o seu processo de coleta é mais rápido e o seu custo de coleta é inferior (KOVACSV, 2006).

As fontes pesquisadas para a obtenção dos dados secundários foram principalmente livros, artigos científicos, dissertações, teses, relatórios, publicações institucionais e também *sites* de órgãos governamentais. As técnicas empregadas para coleta destes dados secundários são descritas a seguir.

3.3 TÉCNICAS DE COLETA

A coleta de dados de uma pesquisa exploratória geralmente envolve três técnicas: levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que possuem experiência prática com o assunto; e análise de exemplos que instiguem a compreensão do assunto (SELLTIZ et al., 1967²² apud GIL, 2010). Buscando atender aos objetivos da pesquisa, foi utilizada neste trabalho a primeira técnica, também conhecida como pesquisa bibliográfica. Ela é realizada com base em materiais já publicados, tal como livros, jornais, dissertações, artigos científicos, entre outros, sendo que estes materiais podem ser tanto impressos quanto disponibilizados pela Internet (GIL, 2010).

Assim como os outros tipos de pesquisa, ela é desenvolvida ao longo de etapas sequenciais. Inicialmente, seguindo as orientações de Gil (2010, p. 46), escolheu-se o tema principal a ser estudado: Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Após a escolha, foi realizado o levantamento bibliográfico preliminar, cujo intuito era proporcionar familiaridade com a área de estudo, assim como a sua delimitação.

²² SELLTIZ, Claire et al. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Herder, 1967.

Em seguida, com base no levantamento preliminar, formulou-se o problema da pesquisa, e elaborou-se o plano provisório, o qual define a estrutura lógica do trabalho. Baseando-se nas etapas realizadas, foi possível identificar as fontes de informação adequadas ao desenvolvimento da pesquisa, localizá-las em bibliotecas, base de dados e sistemas de busca e, finalmente, obtê-las. Por último, através da leitura exploratória e seletiva destas fontes, foram determinados os materiais que de fato interessavam à pesquisa (GIL, 2010).

Os requisitos utilizados para a seleção e a fontes identificadas serão detalhados no subitem a seguir.

3.3.1 Seleção e fontes de informação

A pesquisa, respaldada pelo levantamento bibliográfico realizado, contempla as contribuições de múltiplos autores e organizações. Entretanto, faz-se necessário a utilização de alguns requisitos para a seleção destas fontes. Nesta pesquisa, foram considerados três requisitos básicos.

O primeiro diz respeito a relevância do material aos objetivos da pesquisa, dando preferência aqueles que focam nas PCHs. O segundo requisito privilegiou fontes de órgãos oficiais e organizações reconhecidas mundialmente, além dos principais autores associados aos conceitos básicos presentes na pesquisa. O terceiro, e último, requisito observado nesta seleção foi a presença de fontes que apresentavam os dados mais recentes sobre a questão da energia, mais especificamente das PCHs.

São apresentadas, resumidamente no Quadro 9, as fontes de informação bibliográfica escolhidas para subsidiar a pesquisa. Elas encontram-se divididas de acordo com os assuntos presentes neste estudo.

Assunto	Principais referências consultadas
Fundamentação teórica (1): Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)	Diversos autores: Callon (1997); Cuttcliff (2003); Latour (2004; 2008); Lima Filho e Queluz (2005)
Cadeia produtiva	Leslie e Reimer (1999); Prochnik e Haguenaer (2001); Silva (2002)
Energia	Riquelme (2008); Luckemeyer (2010); IEA (INTERNATIONAL..., 2013)
Hidroeletricidade	Reis (2003); Makaron (2012); Perius e Carregaro (2012)
Fatores determinantes da competitividade	Ferraz, Kupfer e Haguenaer (1996); Silva (2001); Silva (2007)
PCHs no Brasil (2)	ANEEL (AGÊNCIA..., 2014); EPE (EMPRESA..., 2013); Tolmasquim et al. (2005)
Análise da cadeia de produção das PCHs no Brasil (3):	ABRAPCH (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA..., 2014); ANEEL (AGÊNCIA..., 2014); CÂMARA... (CCEE, 2015); ELETROBRÁS (CENTRAIS ELÉTRICAS...), 2014; EPE (EMPRESA..., 2013)

Quadro 9 – Principais fontes consultadas por assunto da pesquisa

Fonte: Autoria própria.

Após a seleção das fontes a serem utilizadas, foi necessário analisar os dados coletados para cumprir com os objetivos da pesquisa. As técnicas de análise são apresentadas na sequência.

3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISE

De maneira geral, os dados coletados foram analisados por meio de leitura analítica e interpretativa. De acordo com Gil (2010, p. 60), o objetivo da leitura analítica é ordenar e compilar as informações contidas nas fontes, já a interpretativa tem por finalidade relacionar o que o autor afirma com o problema de pesquisa. Seguindo as orientações de Gil (2010, p. 61), foram realizados fichamentos para algumas fontes e para outras foram feitos apontamentos, nos quais foram anotadas as ideias principais dos materiais. Estes procedimentos subsidiaram a construção lógica das ideias principais desta pesquisa.

No que tange as técnicas de tratamento dos dados, existem basicamente duas técnicas: a quantitativa; e a qualitativa. A primeira utiliza uma amostra representativa para assegurar a possibilidade de uma generalização dos resultados. A segunda estuda as relações complexas, ao invés do isolar as variáveis, e propõem a construção da realidade por meio da descoberta e constituição de teorias (GÜNTER,

2006). Em função das etapas da pesquisa e os objetivos a serem atendidos, foi empregada neste trabalho a técnica de análise qualitativa.

O subitem a seguir irá apresentar como foi realizada a análise dos dados.

3.4.1 Elementos de análise

Para facilitar a análise dos dados, optou-se por dividir o estudo em três etapas principais (apresentadas no Quadro 9, subseção 3.3.1): fundamentação teórica; PCHs no Brasil; e análise da cadeia de produção das PCHs no Brasil.

A primeira etapa do processo, denominada fundamentação teórica, objetiva apresentar o referencial teórico que será utilizado na pesquisa, assim como estruturar a cadeia de produção de uma PCHs. As principais fontes de pesquisa utilizadas encontram-se dispostas no Quadro 9.

A segunda etapa consiste em expor a situação das PCHs no Brasil, apresentando a evolução histórica deste tipo de empreendimento, assim como o quadro atual. Nesta etapa foram utilizadas informações retiradas, principalmente, de Tolmasquim et al. (2005), e dados secundários obtidos, em sua maioria, na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e na Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

A terceira etapa refere-se à análise da cadeia de produção das PCHs no Brasil. Ela foi dividida em 5 subitens, e tendo em vista que a análise aborda os principais aspectos ambientais, institucionais, econômicos e sociais envolvidos na cadeia, foram retirados de diversas fontes, tais como a Associação Brasileira de Fomento às Pequenas Centrais Hidrelétricas (ABRAPCH), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Com base no que foi exposto anteriormente, observa-se que as duas primeiras etapas da análise (referencial teórico e o panorama das PCHs no Brasil) fornecem a estrutura para a realização da última (análise da cadeia de produção das PCHs no Brasil). Esta, por sua vez, proporciona informações a respeito dos principais limites e potencialidade que caracterizam a cadeia produtiva das PCHs no país, sendo que, após a identificação dos principais limites e potencialidades, foram utilizados

cinco critérios (importância, probabilidade, temporalidade, efeito e abrangência) para calcular o Índice de Significância (IS) de cada um dos fatores levantados. O produto final é um quadro que contém os gargalos e as potencialidades desta cadeia de produção, segundo seus ISs.

3.4.2 Critérios de análise

Primeiramente, foi preciso delimitar a cadeia de produção a ser analisada, mapeando as etapas que a compõem. Depois de selecionada a etapa a ser estudada, foram identificados os principais fatores determinantes da competitividade envolvidos, sendo eles internos, estruturais ou sistêmicos, e observados os limites e potencialidades relacionados à cadeia. Em seguida, estes limites e potencialidades identificados foram classificados conforme a percepção do agente influenciado, sendo que a determinação do Índice de Significância (IS) dos limites e potencialidades foi realizada pela multiplicação de índices numéricos atribuídos a diversos critérios. Comparando-se o IS com uma escala numérica, obteve-se a classificação de significância final do aspecto, em pouco significativo, significativo ou muito significativo. Com as informações resultantes, foi possível propor maneiras de reduzir o nível de significância dos limites e aumentar a significância das potencialidades. O fluxograma das etapas realizadas neste estudo encontra-se disposto na Figura 9.

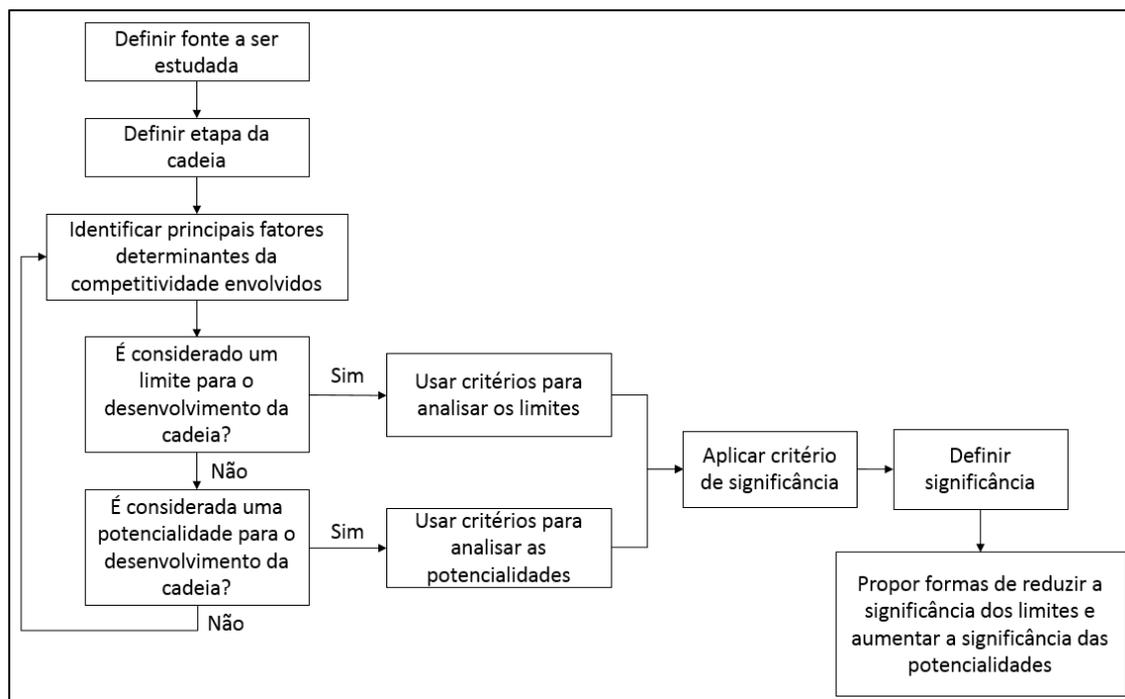


Figura 9 – Fluxograma das etapas para a análise dos limites e potencialidades da sustentabilidade de fontes de energia
Fonte: Autoria própria.

Para a análise da significância de cada limite e potencialidade identificado neste estudo, foram selecionados cinco critérios²³:

- 1) Importância: depende da percepção do agente afetado e pode ser baixa (B), moderada (M), ou alta (A);
- 2) Probabilidade: está associada à possibilidade dos gargalos e potencialidades ocorrerem efetivamente, podendo ser classificado em ocorrência possível, apesar de incerta (PO), onde não se espera que ocorra, uma vez que depende de falhas múltiplas no sistema, humanas e equipamentos, ou rupturas de equipamentos de grande porte; e certo, ou certeza de ocorrência (CT), quando há ocorrências já registradas ou presume-se que irão ocorrer várias vezes na vida útil do empreendimento;
- 3) Temporalidade: diz respeito à duração do fator limitante/potencial. Ele pode ser classificado como temporário (T), quando é transitório e

²³ Os cinco critérios foram escolhidos pela autora com auxílio do orientador, a partir da análise qualitativa de três Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH Santa Rosa I, PCH Água Limpa, PCH Cobre KM 19). Foram observados os critérios utilizados para a análise dos impactos socioambientais e selecionados os itens considerados relevantes para classificar os limites e potencialidades identificados nesta pesquisa.

passageiro, cíclico (C), quando se repete de tempos em tempos, ou permanente (P), quando a incidência é permanente e estável;

- 4) Efeito: tem relação à escala temporal do fator analisado e pode ser separado em curto prazo (CP), quando sua influência sobre a cadeia é imediata; e longo prazo (LP), quando dura mais tempo; e
- 5) Abrangência: considera a dimensão espacial dos itens analisados. Eles podem ser classificados como locais (L), quando a ocorrência é localizada nas imediações da fonte geradora; regionais (R), quando está relacionada com as localidades e municípios próximos; ou estratégicos (E), quando assume proporções em escala estadual, nacional ou global.

O Quadro 10 apresenta uma síntese dos critérios utilizados e os índices atribuídos a eles.

Aspecto	Classificação	Índice
Importância (I)	B: baixa	1
	M: moderada	2
	A: alta	3
Probabilidade (P)	PO: ocorrência possível, apesar de incerta	1
	CT: certo, ou certeza de ocorrência	2
Temporalidade (T)	T: temporário	1
	C: cíclico	2
	P: permanente	3
Efeito (E)	CP: curto prazo	1
	LP: longo prazo	2
Abrangência (A)	L: local	1
	R: regional	2
	E: estratégica	3

Quadro 10 - Critérios para análise dos limites e potencialidades
Fonte: Autoria própria.

Após serem classificados conforme os critérios anteriores, os valores de importância, probabilidade, temporalidade, efeito e abrangência são multiplicados, determinando, desta forma, o Índice de Significância (IS)²⁴. O valor do IS é comparado ao critério de classificação apresentado no Quadro 11, indicando a significância do aspecto analisado.

²⁴ O valor máximo que o IS pode alcançar é 108, porém com base nos valores obtidos na pesquisa (o número mais alto do IS encontrado foi 72), optou-se por não dividir a classificação em intervalos iguais. Consequentemente, o IS foi dividido em três categorias estabelecidas pela autora com auxílio do orientador ($x \leq 12$, $16 \leq x \leq 24$, $x \geq 36$), conforme disposto no Quadro 11.

Índice de Significância (IS)	Classificação
IS ≤ 12	PS: pouco significativo
16 ≤ IS ≤ 24	S: significativo
IS ≥ 36	MS: muito significativo

Quadro 11 – Índice de Significância (IS)

Fonte: A autoria própria.

O item a seguir irá apresentar o planejamento da pesquisa, contendo o protocolo de pesquisa.

3.5 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

De acordo com Gil (2008, p. 31) “todo processo de pesquisa social envolve: planejamento, coleta de dados, análise e interpretação e redação do relatório”. No que diz respeito ao planejamento desta pesquisa, ela está subdividida em quatro etapas específicas: 1. Levantamento bibliográfico; 2. Análise da cadeia; 3. Elaboração do quadro final; e 4. Considerações finais. As atividades desenvolvidas em cada uma das etapas são descritas na sequência.

A primeira etapa envolve, principalmente: o mapeamento dos principais conceitos base ao entendimento das relações entre a tecnologia e a sociedade, da caracterização de uma cadeia produtiva e da questão energética atual; a identificação das etapas que constituem a cadeia de produção de uma PCH; e a definição dos indicadores de competitividade utilizados. A segunda etapa está ligada à análise dos gargalos e potencialidades de cada uma das cinco fases da cadeia produtiva das PCHs no Brasil, tendo como base as suas interações com as dimensões ambientais, sociais, econômicas e institucionais. Já a terceira etapa consiste na elaboração do quadro final contendo os itens identificados na segunda etapa, classificados de acordo com os critérios estabelecidos, assim como os seus respectivos IS. A quarta, e última etapa, está relacionada com a verificação do atendimento dos objetivos da pesquisa, a elaboração das suas contribuições, e a redação das sugestões para trabalhos futuros.

No que tange ao protocolo de pesquisa, Luna (1998) afirma que ele consiste na “transcrição do método científico à pergunta formulada pelo pesquisador”. O autor explicita também que o protocolo pode auxiliar o pesquisador no aprofundamento das

ideias básicas do projeto, contemplando as questões teóricas e práticas de sua operacionalidade. O Quadro 12 contempla as ações que foram realizadas, as fontes utilizadas, a tipologia dos dados, as técnicas de análise, e as questões analisadas.

Objetivo	Fonte	Tipologia dos dados	Técnica de análise	Questões analisadas
Mapear a estrutura da cadeia produtiva das PCHs	Livros, artigos científicos, dissertações e teses	Secundário	Leitura analítica e interpretativa	Principais etapas envolvidas; Recursos necessários; Função de cada etapa; e Dimensões inter-relacionadas
Descrever o panorama atual das PCHs no Brasil	Relatórios oficiais, <i>sites</i> governamentais e artigos científicos	Secundário	Análise qualitativa	Caracterização da situação atual das PCHs; Localização das usinas; e Estimativa de participação futura na matriz energética brasileira
Estruturar critérios para a avaliação dos limites e potencialidades da cadeia de produção de PCHs no país	Discussões teóricas	Secundário	Análise qualitativa	Limites e potencialidades identificados; Atribuição de índices aos fatores da competitividade; e Cálculo do IS

Quadro 12 – Protocolo de pesquisa

Fonte: Autoria própria.

O capítulo a seguir irá apresentar os dados coletados e analisá-los conforme as técnicas explicitadas neste capítulo.

4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar os dados e os resultados alcançados com a análise realizada nesta dissertação. A primeira seção irá expor o panorama das PCHs no Brasil, abordando a situação atual destas usinas e a estimativa para o longo prazo. Em seguida, na segunda seção, serão identificados os principais limites e potencialidades existentes em cada uma das etapas da cadeia de produção das PCHs brasileiras, levando em consideração os fatores sistêmicos e estruturais da competitividade. A terceira, e última seção, apresenta a proposta de critérios elaborada para o apoio à análise dos limites e das potencialidades da sustentabilidade das PCHs no Brasil.

4.1 PANORAMA DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO BRASIL

A matriz energética brasileira é conhecida internacionalmente pelo alto percentual de participação das fontes renováveis, em especial pela utilização de empreendimentos hidrelétricos na produção de eletricidade, em virtude da abundância dos recursos hídricos existentes no país (FONTES; XAVIER; GUIMARÃES, 2010, p. 7).

O primeiro aproveitamento hidrelétrico foi instalado no Brasil em 1883, em Diamantina, Minas Gerais. Denominada “Ribeirão do Inferno”, a usina tinha como função alimentar duas bombas de desmonte hidráulico para auxiliar na prospecção de diamantes. Seis anos mais tarde, em 1889, foi instalada em Juiz de Fora, Minas Gerais, a primeira hidrelétrica de maior porte, com 250 kW, conhecida como Usina Bernardo Mascarenhas. Ela tinha como objetivo fornecer energia para iluminação pública da cidade, além de atender a demanda de energia de uma fábrica de tecidos (TOLMASQUIM et al., 2005, p. 29).

Segundo Paulon e Martins Neto (2000), a construção das pequenas usinas deu-se devido à necessidade de proporcionar energia para serviços públicos de iluminação e para atividades econômicas, tais como mineração, fabricação de tecidos

e beneficiamento de produtos agrícolas. Ademais, as primeiras centrais hidrelétricas tinham como finalidade “atender sistemas isolados nos estados, financiadas pelos pequenos empresários da época e pelas prefeituras locais” (PERIUS; CARREGARO, 2012, p. 139)

Entre os anos de 1883 e 1900, a crescente urbanização e industrialização do país impulsionaram a expansão da capacidade instalada nacional, passando de 61 kW para 10.850 kW, sendo que 53% (5.500 kW) eram provenientes da energia hidráulica (FUNCHAL, 2008, p. 24; FILHO, 2013, p. 10). Estima-se que no ano de 1920 existiam 209 geradores hidrelétricos, com uma potência total instalada de aproximadamente 272.000 kW (TOLMASQUIM et al., 2005, p. 30).

Tolmasquim et al. (2005, p. 30) apontam que a maior parte das usinas construídas no final do século XIX e começo do século XX eram de pequena potência, porque os altos custos inviabilizavam a construção de grandes centrais geradoras. Além disso, dava-se “preferência para que fossem implantados aproveitamentos diretos da força hidráulica, que determinavam inclusive a localização das fábricas junto às quedas d’água” (TOLMASQUIM et al., 2005, p. 30).

Apesar do crescimento moderado dos empreendimentos do tipo PCH no país até a década de 1940, após a Segunda Guerra Mundial, o Estado optou pela implantação das grandes usinas hidrelétricas para garantir o processo de industrialização pesada. Consequentemente, as PCHs deixaram de ser construídas e muitas das que existiam foram desativadas (PERIUS; CARREGARO, 2012, p. 139). Apenas com o estabelecimento de uma política de proteção ambiental mais rígida em relação à implantação de grandes reservatórios e a mudança na legislação do setor elétrico²⁵, é que as PCHs voltaram a ser consideradas opções à expansão da capacidade geradora do país (TOLMASQUIM et al., 2005, p. 32).

As primeiras referências quanto ao enquadramento das PCHs no Brasil foram apresentadas em 24 de novembro de 1982, através da Portaria do DNAEE 109, que determinou serem PCHs aquelas centrais que atendessem as seguintes condições (BRASIL, 1982): operar em regime de fio d’água ou de com regularização diária; possuir a potência instalada total de, no máximo, 10.000 kW; utilizar barragens e vertedouros com altura máxima de até 10 metros; não utilizar túneis; possuir estruturas

²⁵ Esta mudança na legislação institucionalizou o Produtor Independente de Energia (PIE) como agente gerador, deixando-o totalmente exposto ao regime de mercado livre (TOLMASQUIM et al., 2005, p. 32).

hidráulicas, no circuito de geração, para vazão turbinável de, no máximo, 20 m³/s; e ser dotada de unidades geradoras com potência individual de até 5.000 kW.

Em 1987, a Portaria DNAEE 136 alterou a definição de PCH dada pela Portaria DNAEE 109 de 1982, e, em 4 de dezembro de 1998, a Resolução ANEEL n° 394 estabeleceu que os aproveitamentos com características de PCH são aqueles cuja capacidade instalada é superior a 1 MW e igual ou inferior a 30 MW, destinados a produção independente, autoprodução ou produção independente autônoma e com área inundada de até 3 km². Cinco anos mais tarde, em 09 de dezembro de 2003, a Resolução ANEEL n° 652, revogou a Resolução n° 394 de 1998, e estabeleceu os atuais critérios para o enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de PCH. Esta resolução manteve os critérios definidos pela resolução anterior, porém estabelece que o limite da área do reservatório do aproveitamento hidrelétrico pode chegar a até 13 km² em casos específicos²⁶ (AGÊNCIA..., 2003).

Para que uma PCH possa ser instalada em um determinado local faz-se necessária a autorização da ANEEL e a obtenção de licenças ambientais concedidas pelos órgãos competentes. Resumidamente, o processo de exploração inicia-se com o estudo de inventário do potencial hidroenergético. Após o registro do estudo, a ANEEL estabelece um prazo para que sejam apresentados o projeto básico de engenharia, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), sendo que, se as exigências referentes ao estudo forem cumpridas, a Licença Prévia (LP) é emitida. Depois da análise e aceitação dos documentos, é elaborado o Projeto Básico Ambiental (PBA), e quando a Licença de Instalação (LI) é obtida, a usina pode começar a ser construída. Por último, se o empreendimento cumprir as exigências estabelecidas pelo Órgão Ambiental responsável, é concedida a sua Licença de Operação (LO). O fluxograma de implantação de uma PCH pode ser observado na Figura 10.

²⁶ O Art. 4° da Resolução apresenta uma flexibilização quanto a área de alagamento nos casos onde o aproveitamento hidrelétrico não atender a condição para a área do reservatório, respeitando os limites de potência e modalidade de exploração. Neste caso é necessário que se verifique pelo menos uma das seguintes condições: (I) atendimento à inequação (sendo que área de reservatório não poderá ser superior a 13,0 km²)

$$A \leq \frac{14,3xP}{Hb}$$

onde **P** é potência elétrica instalada em MW, **A** é área do reservatório em km² e **H_b** é queda bruta em metros, definida pela diferença entre os níveis d'água máximo normal de montante e normal de jusante. E (II) reservatórios, cujo dimensionamento tenha sido baseado em outros objetivos, que não o de geração de eletricidade (AGÊNCIA..., 2003; TOLMASQUIM et al, 2005, p. 33).

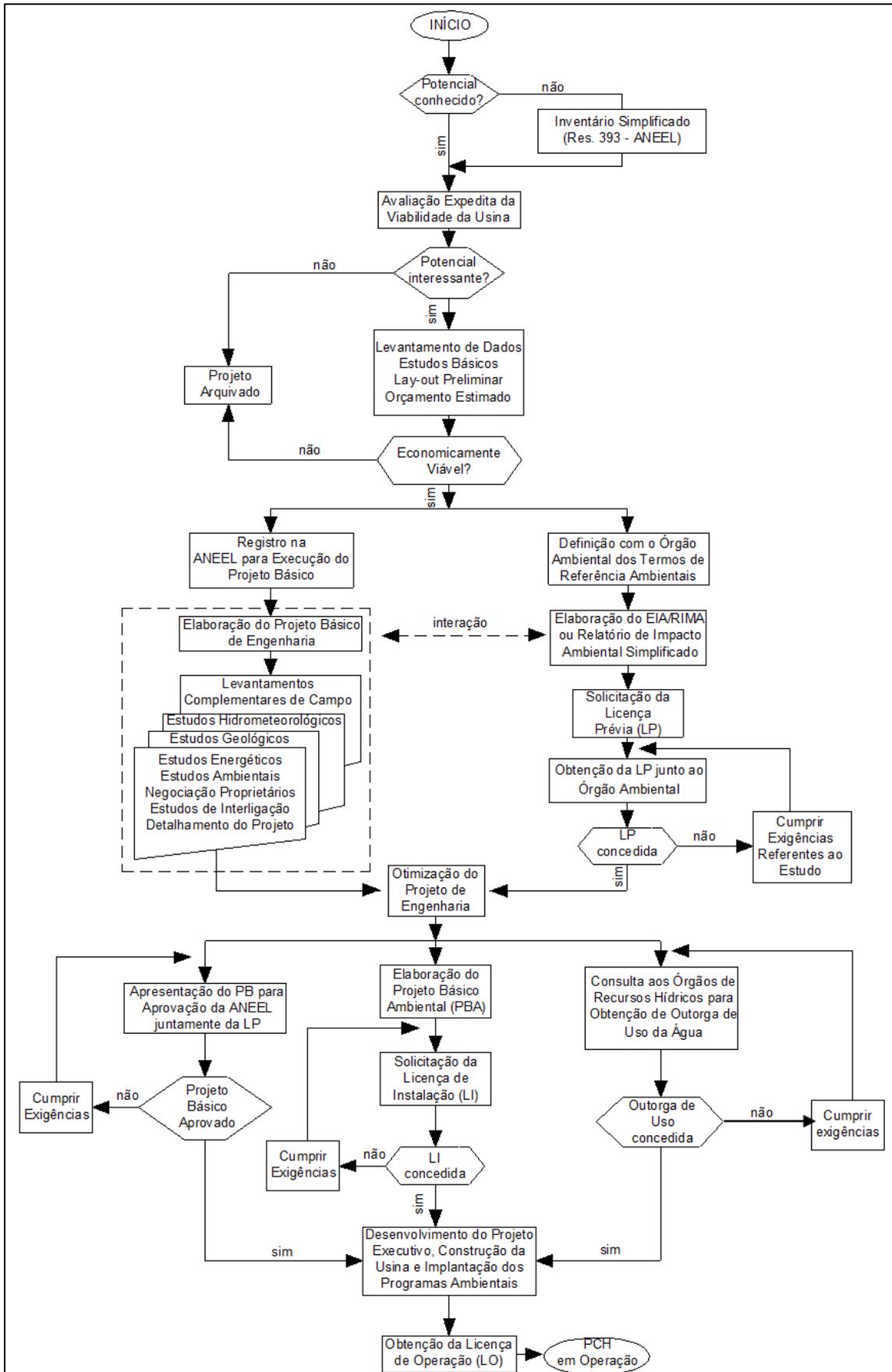


Figura 10 – Fluxograma de implantação de uma PCH
 Fonte: CENTRAIS ELÉTRICAS... (2005, p. 6).

Com o intuito de melhorar a atratividade econômica e fomentar a implantação de PCHs em áreas periféricas ao sistema de transmissão, o governo tem criado incentivos regulatórios. Dentre eles, podem ser citados (AGÊNCIA..., 2003, p. 25):

1. Autorização não-onerosa para explorar o potencial hidráulico²⁷;
2. Descontos não inferiores a 50% nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição²⁸;
3. Livre comercialização de energia com consumidores ou conjunto de consumidores reunidos por comunhão de interesse de fato ou de direito, cuja carga seja igual ou superior a 500 kW²⁹;
4. Isenção relativa à compensação financeira pela utilização de recursos hídricos³⁰;
5. Participação no rateio da Conta de Consumo de Combustível (CCC), quando substituir geração térmica a óleo diesel, nos sistemas isolados³¹;
6. Comercialização das energias geradas pelas Pequenas Centrais Hidrelétricas com concessionárias de serviço público tendo como teto tarifário o valor normativo estabelecido para esta classe de empreendimento³²; e
7. Mecanismo de Relocação de Energia (MRE) para centrais hidrelétricas conectadas ao sistema interligado e não despachadas de forma centralizada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)³³.

Ademais, foi instituído em 26 de abril de 2002, pela Lei nº 10.438, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), que visava direcionar fundos para a introdução de novas Pequenas Centrais Hidrelétricas e empreendimentos que utilizassem fontes eólicas ou biomassa, no sistema brasileiro. O Programa vigorou até o ano de 2011, e auxiliou na implantação de 119 empreendimentos, sendo eles: 41 eólicas; 59 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs); e 19 térmicas a biomassa (CENTRAIS..., 2014).

²⁷ Lei nº 9.074, de 07 de julho de 1995, e Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996.

²⁸ Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002; Resolução da ANEEL nº 281, de 10 de outubro de 1999; e Resolução da ANEEL nº 219, de 13 de abril de 2003.

²⁹ Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998 e, Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.

³⁰ Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996.

³¹ Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.

³² Resolução da ANEEL nº 248, de 06 de maio de 2002.

³³ Decreto nº 2.655, de 02 de janeiro de 1998, com a redação dada pelo Decreto nº 3.653, de 07 de novembro de 2000, e Resolução da ANEEL nº 169, de 03 de maio de 2001; complementada pelo Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004.

Segundo dados obtidos no Banco de Informações de Geração (BIG) da ANEEL (2013) e no Anuário Estatístico de Energia Elétrica da EPE (2013), no período de 2002 a 2012, a capacidade instalada das PCHs no Brasil aumentou de 895 MW para 4.248 MW. Este crescimento representou um incremento da sua participação na capacidade total do país, de 1,1% para aproximadamente 3,5% (Gráfico 6).

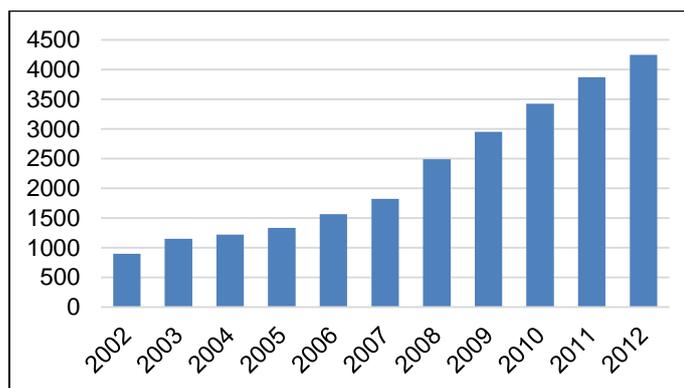


Gráfico 6 – Evolução da capacidade instalada das PCHs no Brasil (em MW) – 2002 a 2012
 Fonte: Adaptado de AGÊNCIA... (2013) e EMPRESA... (2013).

Em novembro de 2014, o Brasil possuía no total 3.524 empreendimentos de geração de energia elétrica em operação, totalizando 132.488 MW de potência instalada. Deste total, 470 usinas eram PCHs que correspondiam a 4.679 MW (3,53% do total instalado no país). Ademais, existiam 43 empreendimentos em construção (499 MW) e 130 outorgados (1.889 MW), mas com a construção não iniciada, resultando em uma adição futura de 2.388 MW na capacidade de geração brasileira (Tabela 4 e Tabela 5).

Tabela 4 – Empreendimentos em operação no Brasil, por tipo – nov/2014

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	480	296.356	297.124	0,22
EOL	207	4.452.140	4.363.604	3,29
PCH	470	4.715.680	4.679.382	3,53
UFV	285	18.949	14.949	0,01
UHE	200	87.302.765	83.580.698	63,09
UTE	1.880	39.293.440	37.563.108	28,35
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,5
Total	3.524	138.069.330	132.488.865	100

Fonte: Adaptado de AGÊNCIA... (2014).

Nota: CGH: Central Geradora Hidrelétrica; EOL: Central Geradora Eólica; PCH: Pequena Central Hidrelétrica; UFV: Central Geradora Solar Fotovoltaica; UHE: Usina Hidrelétrica; UTE: Usina Termelétrica; e UTN: Usina Termonuclear.

Tabela 5 – Empreendimentos em construção e com construção não iniciada no Brasil, por tipo – nov/2014

Tipo	Em Construção			Construção não iniciada		
	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	1	848	0	42	28.149	0,19
CGU	-	-	-	1	50	0
EOL	134	3.610.476	16,5	283	6.796.668	46,63
PCH	43	499.953	2,29	130	1.889.330	12,96
UHE	10	14.869.142	68,1	1	30.000	0,21
UTE	23	1.495.842	6,85	5	847.000	5,81
UTN	1	1.350.000	6,19	116	4.985.117	34,2
Total	212	21.826.261	100	578	14.576.314	100

Fonte: Adaptado de AGÊNCIA... (2014).

Nota: CGH: Central Geradora Hidrelétrica; CGU: Central Geradora Undi-elétrica; EOL: Central Geradora Eólica; PCH: Pequena Central Hidrelétrica; UHE: Usina Hidrelétrica; UTE: Usina Termelétrica; e UTN: Usina Termonuclear.

No que diz respeito à potência instalada, a região brasileira com a maior capacidade é a Sudeste, com 1.518 MW, o que equivale a aproximadamente 33% do total produzido no país. Em segundo lugar vem o Sul, com 1.378 MW, e em terceiro vem o Centro-Oeste, com 1.340 MW. As regiões Norte e Nordeste encontram-se em quarto e quinto lugar, com 340 MW e 103 MW, respectivamente (Gráfico 7).

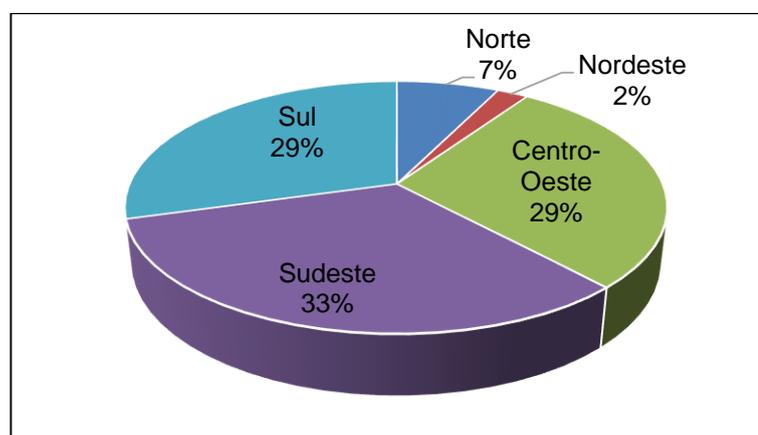


Gráfico 7 – Participação percentual da potência instalada por região – nov/2014

Fonte: Adaptado de AGÊNCIA... (2014).

A Figura 11 apresenta a localização das PCHs no Brasil, segundo dados obtidos no Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (SIGEL), elaborado pela ANEEL (2014). Verifica-se que a maioria dos empreendimentos do tipo PCH estão situados nas regiões Sul e Sudeste, ficando mais próximos dos centros consumidores.



Figura 11 – Localização das PCHs no Brasil - 2014
Fonte: AGÊNCIA... (2014); GOOGLE EARTH (2014).

Dentre os Estados brasileiros, Minas Gerais apresentou o maior número de PCHs em novembro de 2014, com 96 usinas, seguido por Santa Catarina, com 73, e Mato Grosso, com 60. Em contrapartida, o Estado de Mato Grosso contava com a maior potência instalada, com 803 MW, acompanhado por Minas Gerais e Rio Grande do Sul, com 763 MW e 560 MW, respectivamente. Com base no Gráfico 8, é possível observar que a tendência é que Minas Gerais se torne o maior gerador de energia do tipo PCH nos próximos anos, podendo ser responsável por aproximadamente 21% do total gerado por esta fonte.

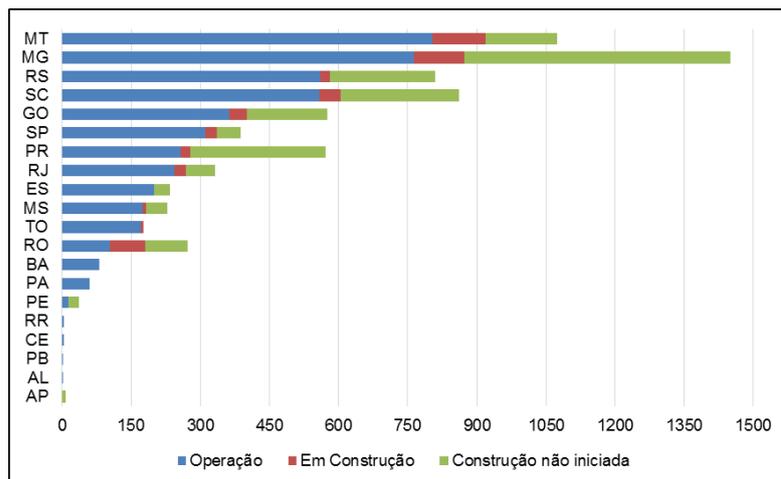


Gráfico 8 – Potência instalada (em MW) das PCHs no Brasil, por tipo e Unidade da Federação – nov/2014
Fonte: Adaptado de AGÊNCIA... (2014).

No que se refere à perspectiva de desenvolvimento das PCHs, as projeções da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) contidas no Plano Decenal de Expansão de Energia, prevê que o potencial total instalado das PCHs, até o ano de 2022, será de 6.905 MW, o que irá representar cerca de 3,8% da capacidade total do país (Gráfico 9). Entretanto, observa-se que a participação das outras fontes renováveis, eólica e biomassa, será superior ao das PCHs. Uma das razões para este fato refere-se ao custo da energia elétrica gerada por estas fontes. Enquanto que os custos de energia eólica e da biomassa adicionadas ao sistema é de R\$100/MWh e R\$102/MWh, respectivamente, os custos das PCHs é de R\$156/MWh³⁴.

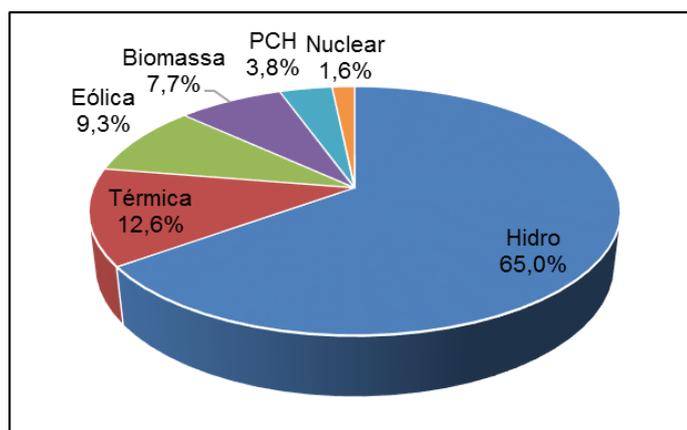


Gráfico 9 – Previsão da participação percentual da capacidade instalada por tipo de fonte geradora no Brasil para 2022
Fonte: EMPRESA... (2013).

³⁴ O cálculo dos custos de energia adicionada ao sistema foi realizado com base nos preços dos leilões de energia. Cabe observar que no cálculo foram considerados apenas os contratos realizados no ambiente regulado, onde são comercializados os maiores montantes da energia que supre o mercado (EMPRESA..., 2011).

Em conclusão, por mais que a implementação de PCHs não resolva as necessidades de geração de eletricidade no país, “é inegável que o Brasil poderá aumentar a capacidade de geração por meio das PCHs, privilegiando projetos de geração para sistemas isolados e atendimento às comunidades e propriedades rurais não-energizadas” (BERMANN, 2007, p. 151). Além disso, os custos com a instalação de grandes linhas de transmissão tende a diminuir, já que as usinas estarão mais próximas dos centros consumidores (MAKARON, 2012, p. 6).

O próximo item irá apresentar a análise da cadeia produtiva de PCHs no Brasil.

4.2 ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DE PCHs NO BRASIL

Como foi visto no subitem 2.4.3, a cadeia produtiva das PCHs pode ser dividida em 5 etapas principais: recurso natural; geração; transmissão; distribuição e comercialização. Apesar do processo ocorrer de forma semelhante em distintos países do mundo, este estudo, em particular, tem como foco a cadeia brasileira. Consequentemente, os subitens a seguir apresentam a análise de cada uma destas etapas da cadeia de produção das PCHs no Brasil, identificando os seus principais limites e potencialidades.

4.2.1 Etapa 1: Recurso Natural

A água é um recurso essencial à vida humana, e é considerada um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico. Apesar do Brasil apresentar uma situação confortável, em termos globais, quanto aos recursos hídricos, a gestão deste recurso deve ser tratada pelo governo e pela sociedade com alta prioridade, visando evitar conflitos de grande custo social e econômico para sua solução (BRASIL, 1997; MINISTÉRIO..., 2007, p. 621; AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2013, p. 37). O Ministério de Minas e Energia (MME) (2007, p. 621) afirma que, o setor de energia elétrica, por ser um dos usuários da água, tem a responsabilidade e o dever

de planejar a utilização deste recurso natural como insumo para a produção de eletricidade de forma racional e otimizada.

Dentre os dispositivos legais criado pelo governo com o intuito de gerenciar a oferta e a demanda dos recursos hídricos, destaca-se a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Esta Lei define como competência da União a instituição do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e a definição dos critérios de outorga de direitos de seu uso. Ela institui ainda a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), com o objetivo de assegurar às futuras gerações a necessária disponibilidade de água com fins de subsidiar a preservação e a infraestrutura da bacia hidrográfica³⁵ (FONTES; XAVIER; GUIMARÃES, 2010, p. 6). Tanto a implementação da PNRH quanto a coordenação do SNGRH, são de responsabilidade da entidade federal Agência Nacional de Águas (ANA), criada através da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

Ademais, existem outras regulamentações que visam racionalizar o uso da água, como é o caso da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Estabelecida pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, a Política possui como um dos seus instrumentos o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras³⁶. As principais diretrizes para a execução do licenciamento ambiental estão expressas nas Resoluções CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, e nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Além dessas, foi publicado em 2011 a Lei Complementar nº 140, que discorre sobre a competência estadual e federal para o licenciamento, tendo como fundamento a localização do empreendimento (INSTITUTO BRASILEIRO..., 2014).

Após observados os principais arranjos institucionais que regulamentam o uso dos recursos hídricos, para que sejam realizados os estudos para implantação de uma PCH, é preciso estimar o potencial hidrelétrico da sua bacia hidrográfica. Entende-se por potencial hidrelétrico o potencial possível de ser técnica e economicamente aproveitado nas condições atuais da tecnologia. Ele é medido em termos de energia

³⁵ De acordo com Reis (2011, p. 72), a bacia hidrográfica de um curso de água consiste na “área de superfície do solo capaz de coletar a água das precipitações meteorológicas e conduzi-la ao curso d’água”.

³⁶ O Art. 2º, inciso VII da Resolução CONAMA nº 001/1986, considera que “obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos, acima de 10MW” são atividades modificadoras do meio ambiente, as quais dependem de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente.

firme, que consiste na geração máxima contínua, na hipótese de repetição futura do período hidrológico crítico (EMPRESA..., 2014, p. 120).

Para avaliar o potencial e estimativa de custo do aproveitamento da bacia hidrográfica são realizadas análises preliminares das características da bacia, especialmente quanto aos aspectos topográficos, hidrológicos, geológicos e ambientais (MINISTÉRIO..., 2007, p. 24). Em seguida, é necessário avaliar se o potencial pretendido está em conformidade com o que preconiza a legislação em termos de otimização de aproveitamento de bem público (CENTRAIS ELÉTRICAS..., 1999, p. 3). Conforme a Resolução ANEEL nº 393, de 4 de dezembro de 1998, que estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas, os potenciais hidráulicos são bens da União, e devem ter garantida a sua plena utilização em benefício da sociedade (AGÊNCIA..., 1998).

A pesquisa para seleção do melhor local para a implantação de uma PCH deve ser feita considerando-se os Estudos de Inventário de toda a bacia hidrográfica em foco. O inventário estuda a totalidade de um curso d'água ou uma bacia hidrográfica, e tem por objetivo apresentar a melhor divisão de quedas³⁷ para cada curso d'água estudado. Ele deve necessariamente conter mais de uma alternativa de divisão de quedas. A seleção entre as alternativas é feita pelo conceito de “aproveitamento ótimo”, que representa, na teoria, o maior aproveitamento possível do potencial hidráulico (SCHWEITZER, 2010, p. 18). Um exemplo de divisão de quedas pode ser observado na Figura 12.

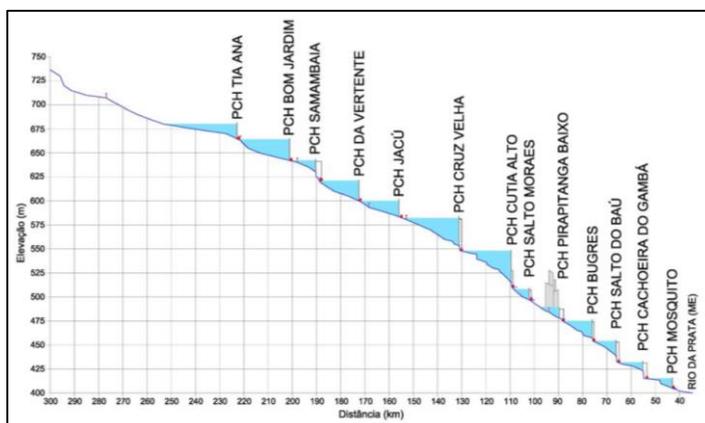


Figura 12 – Exemplo de divisão de quedas
Fonte: Schweitzer (2010, p 19).

³⁷ A divisão de quedas é o conjunto de aproveitamentos hidrelétricos que compõe o potencial da bacia (SCHWEITZER, 2010, p. 18)

De acordo com dados retirados do Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro (SIPOT), elaborado pela Eletrobrás (2014), em julho de 2014, o potencial hidrelétrico nacional era de 246.560 MW, dos quais 70.998 MW (28,8%) estavam inventariados e 46.884 MW estimados. Em termos de esgotamento dos potenciais, observa-se que as bacias mais saturadas são a do Paraná e a do Uruguai, com índices de aproveitamento³⁸ de 69,1% e 54,7%. Já as menores taxas de aproveitamento são verificadas nas bacias do Amazonas e Atlântico Norte/Nordeste, com índices de 8,8% e 11,4%, respectivamente. Em termos nacionais, aproximadamente 37,1% do potencial hidrelétrico estimado já foi aproveitado (Tabela 6). A divisão hidrográfica brasileira segundo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos pode ser observada na Figura 13.

Tabela 6 – Potencial hidrelétrico brasileiro por Bacia Hidrográfica (em MW) – jul/2014

Bacia	Estimado	Inventário	Viabilidade	Projeto Básico	Construção	Operação	Total geral
Atlântico Leste	1.422,50	5.569,25	919,90	699,26	6,00	5.390,13	14.007,04
Atlântico Norte/Nordeste	706,70	1.188,16	408,00	49,69	252,00	335,25	2.939,80
Atlântico Sudeste	2.031,06	1.779,42	2.218,00	333,77	24,35	3.705,03	10.091,63
Rio Amazonas	32.975,79	37.918,76	774,00	2.175,63	13.851,84	8.473,85	96.169,87
Rio Paraná	5.863,79	9.142,50	1.760,03	2.550,29	34,25	43.305,72	62.656,58
Rio São Francisco	1.560,98	3.872,71	6.140,00	288,54	0,00	10.723,04	22.585,27
Rio Tocantins	1.907,60	7.564,94	3.738,00	133,52	0,00	13.193,27	26.537,33
Rio Uruguai	415,70	3.963,07	427,00	436,50	0,00	6.330,38	11.572,65
Total por estágio	46.884,12	70.998,81	16.384,93	6.667,20	14.168,44	91.456,67	246.560,17

Fonte: Centrais Elétricas... (2014).



Figura 13 – Divisão hidrográfica segundo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – 2013
Fonte: Agência Nacional das Águas (2013).

³⁸ O índice de aproveitamento consiste no razão entre o potencial aproveitado e o total existente.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEL) (2003, p. 58), os baixos índices de aproveitamento da bacia do Amazonas são consequência do relevo predominante da região (as planícies), da sua grande diversidade biológica e da distância dos principais centros consumidores de energia. Já na região Centro-Sul do país, o desenvolvimento econômico muito mais acelerado e o relevo dominante (os planaltos) levaram a um maior aproveitamento dos seus potenciais hidráulicos. Porém, o processo de interiorização do país e o próprio esgotamento dos melhores potenciais das regiões Sul e Sudeste têm demandado um maior aproveitamento hidráulico de regiões mais remotas e economicamente menos desenvolvidas.

Conforme informa o Plano Nacional de Energia 2030 (MINSITÉRIO..., 2007), apesar da região hidrográfica da bacia do Amazonas possuir o maior potencial hidrelétrico brasileiro, ela apresenta também as maiores restrições do ponto de vista socioambiental, devido a existência de parques nacionais e a interferência direta com terras indígenas. Já a bacia do Rio Paraná, atravessa uma grande área de importância socioeconômica, sendo que cerca de 32% da população brasileira habita a sua região, e aproximadamente 47% da capacidade hidrelétrica instalada no Brasil está situada nesta bacia. Consequentemente, ela é importante hoje pelo seu potencial hidrelétrico, porém, dentro de uma perspectiva de longo prazo, ela tenderá a perder essa importância relativa devido ao seu elevado índice de aproveitamento já realizado.

Em resumo, o desenvolvimento do potencial hidrelétrico no país apresenta uma variação de região para região, sendo que o conhecimento do potencial carece de estudos mais detalhados. Ademais, em alguns casos, os estudos de inventário não consideram locais com pequenos potenciais, deixando de levantar sítios atraentes para PCHs. Em outras situações, existem grandes potenciais aproveitáveis com previsão de implantação para o longo prazo, tendo em vista seus custos ou mesmo o mercado. Nestes casos, convém a realização de um inventário hidrelétrico simplificado para levantar os melhores sítios aproveitáveis (CENTRAIS ELÉTRICAS..., 1999, p. 3).

Depois de estudado o potencial e estimativa do aproveitamento da bacia hidrográfica, para que a PCH seja implantada é necessária a remoção da vegetação e o alagamento da Área Diretamente Afetada (ADA). O tamanho da área alagada depende de inúmeras variáveis, como a potência a ser instalada, a localização do

empreendimento e a vazão do rio³⁹, porém quanto menos complexo for o ecossistema na área alagada, menor o impacto negativo sobre a fauna e a flora da região.

De acordo com Bermann (2007, p. 142), as usinas hidrelétricas construídas até 2007 no Brasil resultaram em mais de 34.000 km² de terras inundadas para a formação de reservatórios, o que representa 0,4% do território nacional. Contudo, este total inclui não apenas as PCHs, como também as UHEs e as CGHs. Em contrapartida, Schweitzer (2010, p. 81) explicita que, até 2010, a área inundada por PCHs em operação no país era de aproximadamente 489 km², sendo que o Estado com a maior participação percentual era o de Minas Gerais, com 17,2% deste total.

O alagamento realizado pelas usinas resulta em supressão da vegetação da ADA, o que causa impactos à fauna e flora local e imediatamente próxima. A inundação causa diminuição dos recursos dentro área de vida das espécies, ocasionando redução da oferta de alimento e da disponibilidade de espaço para o desenvolvimento de alguma etapa do seu ciclo de vida (INSTITUTO..., 2011, p. 388). Adicionalmente, Sinisgalli (2005, p. 66) afirma que, o alagamento “representa uma alteração das características ecológicas do local, mudando de um ambiente lótico para lêntico⁴⁰, criando um novo microclima, proporcionando o desenvolvimento de algumas espécies em detrimento das espécies existentes a priori no local”.

Conseqüentemente, o ideal seria avaliar o custo associado à perda da biodiversidade⁴¹ nas áreas afetadas. Tomasini (2012, p. 1, tradução nossa) argumenta que, “avaliar economicamente o ambiente é uma tentativa de atribuir valores quantitativos para os produtos e serviços fornecidos por recursos ambientais, independentemente da existência de preços de mercado para o mesmo⁴²”.

Os métodos de valoração econômica ambiental, que podem ser utilizados para atribuir valor aos danos ambientais causados pelas usinas hidrelétricas, podem

³⁹ Reis (2011, p. 76) afirma que, em muitos casos, “é conveniente que se armazene água de forma a permitir o uso mais constante de uma vazão média d’água superior àquela garantida apenas pelo comportamento natural do rio. Isso é feito através de barragens de acumulação (e consequentes reservatórios) que permitem o armazenamento da água”.

⁴⁰ Segundo a Resolução do CONAMA n°357/2005, ambiente lótico consiste no ambiente relativo a águas continentais moventes, e ambiente lêntico está relacionado ao ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado.

⁴¹ A biodiversidade pode ser compreendida como a diversidade de organismos que vivem em uma determinada região em um intervalo de tempo estabelecido, assim como suas interrelações (ecossistemas), com uma espécie afetando diretamente a existência de muitas outras (SANTOS, 2011, p. 42).

⁴² Texto original: “Valorar económicamente al ambiente supone el intento de asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por los recursos ambientales, independientemente de la existencia de precios de mercado para los mismos”.

ser classificados em indiretos e diretos. Os primeiros referem-se aos métodos que obtêm os valores referentes aos atributos de recursos naturais pela observação destes em mercados relacionados. Os segundos dizem respeito aos métodos que, através de questionamentos junto a sociedade, obtêm o relato direto dos valores econômicos requeridos (SINISGALLI, 2005, p. 67; ÁLVAREZ et al., 2013, p. 12).

Utilizando-se do método direto de valoração contingente⁴³, Santos (2011, p.43), com base na tese de Sinisgalli (2005), retrata que o valor adotado referente aos danos ambientais causados à biodiversidade na Amazônia seria de aproximadamente US\$28,26 ha/ano⁴⁴. Ainda segundo a autora, em uma área alagada de 440 km², o valor monetário estimado relacionado a perda da biodiversidade poderia chegar à US\$1.243.248 ao ano. Diante disso, observa-se que a possível fragmentação de habitats e alteração da paisagem natural, pode ser considerada um fator limitante à instalação das PCHs, pois acaba impactando tanto a fauna terrestre quanto à aquática. Desta forma, para mitigar e compensar os impactos negativos causados, deve ser realizada a recomposição de áreas degradadas com o uso de espécies vegetais nativas, e ser implantados programas de monitoramento e manejo da fauna terrestre (INSTITUTO..., 2011, p. 388).

Além dos impactos sobre o ecossistema, o alagamento de áreas cobertas por vegetação altera o processo de troca de gases com a atmosfera. A troca de vegetação responsável pelo processo de fotossíntese e fixação de carbono no ecossistema, por uma superfície líquida, pode fazer do reservatório uma fonte de emissão de gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄), gases precursores do efeito estufa. No entanto, devido ao tamanho da área inundada (em torno de 3 km², podendo chegar a até 13 km² em casos específicos), a emissão dos gases tende a não ser significativa em escala global (SBRISSIA, 2008, p. 16).

Em 2010, a emissão dos gases do efeito estufa no Brasil chegou à 1,246 Gt CO₂eq, sendo que o setor de geração de eletricidade contribui com 32% das emissões, ficando atrás apenas do setor agropecuário, com 35%. Diante da mudança global do clima causada pelas emissões antrópicas de gases do efeito estufa, o país

⁴³ Consiste no método “[...] aplicado a bens e serviços não existentes no mercado. As pessoas são interrogadas sobre suas disposições a pagar para evitar/corriger, ou a receber para aceitar a alteração na provisão de um bem e serviço ambiental, mesmo que nunca o tenha utilizado antes” (MAIA, 2002, p. 9).

⁴⁴ Valor atualizado por Santos (2011), pela inflação do dólar norte-americano no período de 2005 a 2010.

instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que define o compromisso voluntário de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% em relação às emissões projetadas até 2020 (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA..., 2013, p. 7).

No Brasil, já foram realizados alguns estudos sobre a emissão destes gases, principalmente em grandes reservatórios. Santos et al. (2005, p. 486), estudaram 9 reservatórios de usinas hidrelétricas e, concluíram que, quando comparadas as emissões das hidrelétricas com as das termelétricas no Brasil, na maioria dos casos, as emissões das primeiras eram menores do que das segundas⁴⁵. Os autores verificaram também que áreas rasas de reservatórios emitem mais metano do que as profundas, assim como há uma tendência de que os reservatórios mais novos sejam responsáveis por emitir mais gases do que os antigos.

Conforme dados obtidos no IAP (2011, p. 373), as emissões de uma PCH com reservatório de 4,58 km² e potência instalada de 23,6 MW, variam de 3,5 a até 11,3 vezes menos do que uma termelétrica equivalente, para a mesma geração de energia. No primeiro caso, a diferença entre as emissões se refere à comparação da PCH com uma termelétrica a gás natural. Já o segundo caso, refere-se à emissão da PCH se comparada com a emissão de uma termelétrica a carvão (Tabela 7 e Tabela 8).

Tabela 7 – Parâmetros da emissão de carbono da PCH

Parâmetro	Valor
Potência instalada	23,6 MW
Fator de capacidade	0,54
Geração de energia	111.637 MWh/ano
Emissão de CO ₂ (γ)	7.506 t de C/ano
Emissão de CH ₄ (η)	107 t de C/ano
Potencial de aquecimento (G)	8,9
Emissão equivalente ($G\eta+\gamma$)	8.463 t de C/ano

Fonte: Instituto... (2011, p. 373).

⁴⁵ Segundo Santos et al. (2005, p. 486), é necessário avaliar a questão da emissão de gases cada caso especificamente, devido à variação de mercado da energia hidrelétrica.

Tabela 8 – Emissão evitada de carbono da PCH em relação a termelétricas equivalentes⁴⁶

Tipo de combustível da térmica equivalente	Fator de emissão c	Fator de capacidade fc	Emissão térmica equivalente $\alpha = E.c.T/fc$	Emissão evitada pela PCH $e = \alpha - (G\eta + \gamma)$	Proporção da emissão da térmica em relação à PCH $N = \alpha / (G\eta + \gamma)$
Óleo combustível	0,24 tC/MWh	0,35	76.551 tC	68.089 tC	9,0
Carvão	0,30 tC/MWh	0,35	95.689 tC	87.227 tC	11,3
Gás natural	0,12 tC/MWh	0,45	29.770 tC	21.307 tC	3,5
Óleo diesel	0,24 tC/MWh	0,30	89.310 tC	80.847 tC	10,6

Fonte: Instituto... (2011, p. 373).

Segundo o estudo, é possível concluir que embora a emissão de gases de efeito estufa do reservatório seja um impacto negativo, em comparação às usinas termelétricas o impacto é muito menor. Contudo, são necessárias medidas para mitigar esse impacto negativo, tais como a limpeza do terreno anteriormente ao enchimento do reservatório e o plantio compensatório da Área de Preservação Permanente (APP).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002, a APP pode ser definida como a área marginal ao redor do reservatório artificial e suas ilhas, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas (CONSELHO..., 2002). A APP é importante ainda para manter a estabilidade das encostas dos rios, sendo que as raízes agregam a estrutura do solo e possibilitam maior suporte ao mesmo em função da aceleração dos processos erosivos (INSTITUTO..., 2011, p. 435).

O alagamento necessário para a construção das PCHs pode ocasionar também possíveis perdas de heranças históricas e culturais por meio da destruição parcial de sítios arqueológicos⁴⁷. Conforme o World Commission on Dams (WCD) (2000, p. 116), a construção de barragens pode gerar efeitos adversos significativos

⁴⁶ O cálculo do carbono evitado é feito considerando a emissão anual de carbono da termelétrica subtraindo a emissão de carbono equivalente da PCH, avaliando a quantidade de carbono e CO₂ multiplicados pelo potencial de aquecimento global de cada substância. Na equação $\alpha = E.c.T/fc$, E é a energia gerada por ano, c o fator de emissão de carbono para cada tipo de termelétrica, T o tempo (1 ano) e fc o fator de capacidade (razão entre geração de energia e capacidade instalada). Já na equação $e = \alpha - (G\eta + \gamma)$, α é a emissão da termelétrica, G é o potencial de aquecimento global do CH₄ em relação ao CO₂, η é a emissão de CH₄ da PCH, e γ é a emissão de CO₂ da PCH (INSTITUTO..., 2011, p. 372).

⁴⁷ São considerados sítios arqueológicos as jazidas de qualquer natureza, origem ou finalidade, que representem testemunhos da cultura dos paleoameríndios; os sítios nos quais se encontram vestígios positivos de ocupação pelos paleoameríndios; os sítios identificados como cemitérios, sepulturas ou locais de pouso prolongado ou de aldeamento "estações" e "cerâmios"; e as inscrições rupestres ou locais e outros vestígios de atividade de paleoameríndios (BRASIL, 1961).

sobre os patrimônios culturais através da perda de recursos locais culturais (templos, santuários e elementos sagrados da paisagem, artefatos e construções) e da submersão e degradação dos recursos arqueológicos (restos vegetais e animais, cemitérios e elementos arquitetônicos).

Embora as perdas das heranças históricas e culturais serem significativas e muitas vezes irreversíveis, de forma geral, a gestão do patrimônio cultural ainda não é devidamente considerada no processo de planejamento. Um estudo realizado nos Estados Unidos, demonstrou que, apesar da submersão poder ser uma maneira de preservar os recursos arqueológicos, é mais efetivo escavar e gerenciar esses recursos anteriormente a inundação do reservatório do que deixá-los para uma possível futura expedição arqueológica subaquática (WORLD..., 2000, p. 117).

No país, de acordo com a Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961, todos os monumentos arqueológicos ou pré-históricos de qualquer natureza existentes no território nacional são considerados bens patrimoniais da União, sendo que o tombamento de bens arqueológicos é feito, excepcionalmente, por interesse científico ou ambiental (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO..., 2014). Conforme dados do Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico (SGPA), em dezembro de 2014, existiam no Brasil cerca de 20.487 sítios arqueológicos registrados no IPHAN.

Levando em consideração que normalmente as tribos indígenas procuravam construir suas moradias nas beiras de rios, a probabilidade de serem resgatados patrimônios arqueológicos nas áreas a serem alagadas pelas PCHs é alta (POVOS INDÍGENAS NO BRASIL, 2003). Assim sendo, nas áreas onde forem caracterizados sítios arqueológicos é fundamental que se realize o monitoramento durante as diferentes fases de construção do empreendimento (INSTITUTO..., 2011, p. 430).

O enchimento dos reservatórios podem resultar ainda na necessidade de reassentamentos dos moradores que residirem na ADA. Conforme Souza et al., (2001, p. 10), apesar do reassentamento populacional “ser um dos componentes menos pesquisados na criação de reservatórios artificiais, ocorre com frequência e é muito importante para o sucesso de projetos de construção de represas que criam lagos artificiais”.

A quantidade de pessoas a serem realocadas depende de determinadas características, tais como a localização do empreendimento e a área a ser alagada. Segundo dados do Observatório Sócio-Ambiental de Barragens (2014), é possível

verificar que o número de famílias afetadas pela construção de barragens varia de acordo com as especificidades dos projetos. Como exemplo podem ser observadas as PCHs Fumaça e Santa Rosa I, e as UHEs Itaipu e Belo Monte. Com base no Quadro 13, verifica-se que enquanto as PCHs atingem entre 10 a 200 famílias (34 a 760⁴⁸ pessoas), as UHEs podem atingir até 40 mil pessoas. Ou seja, comparativamente, o número de pessoas/famílias atingidas pelas PCHs é menor do que das UHEs. Entretanto, é preciso levar em consideração outras variáveis, como por exemplo se as pessoas afetadas residem em áreas indígenas ou comunidades quilombolas (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE..., 2001, p. 259; SCHWEITZEIR, 2010, p. 70; OBSERVATÓRIO SÓCIO-AMBIENTAL DE BARRAGENS, 2014).

Empreendimento	Situação	Localização	Potência instalada (MW)	Área inundada (km ²)	Número de pessoas/famílias atingidas
PCH Fumaça ⁴⁹	Em operação	Mariana (MG)	10	2,11	200 famílias
PCH Santa Rosa I	Construção não iniciada	Belmiro Braga (MG) e Rio das Flores (RJ)	17,3	1,12	10 famílias (cerca de 34 pessoas)
UHE Itaipu	Em operação	Foz do Iguaçu (PR)	12.600	1.049,56	40 mil pessoas
UHE Belo Monte	Em construção	Vitória do Xingu (PA) e Altamira (PA)	11.233	516	16 mil pessoas

Quadro 13 – Número de pessoas/famílias atingidas com a construção das PCHs Fumaça e Santa Rosa I e UHEs Itaipu e Belo Monte

Fonte: Instituto Brasileiro..., 2001, p. 259; Santos, 2011, p. 51; Agência..., 2014; Observatório Sócio-Ambiental de Barragens, 2014.

De acordo com Silva e Moret (2012, p. 24), “não há na legislação ambiental, bem como na do setor de energia, nenhuma garantia de proteção aos direitos dos atingidos pela implantação de hidrelétricas”. Souza et al. (2001, p. 10) defendem que, os projetos de construção de usinas devem ser decididos em “um espaço de relações que considerem os aspectos das populações/regiões impactadas e não, apenas, como uma certa quantidade de dinheiro a serem despendidos a título de indenizações”.

⁴⁸ De acordo com o Censo Demográfico de 2000, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, cada lar brasileiro tinha 3,8 moradores, em média.

⁴⁹ Em 2013, o Ministério Público Federal em Minas Gerais pediu que a Aneel revogasse a outorga da PCH Fumaça, alegando que o empreendimento havia descumprido as obrigações constantes no ato de outorga, haja vista a ocorrência de violação dos direitos da população atingida durante a implantação da PCH (OBSERVATÓRIO SÓCIO-AMBIENTAL DE BARRAGENS, 2014).

Com o intuito de estabelecer regras para o cadastro socioeconômico, o Estado promulgou em 2010 o Decreto nº7.342, que instituiu o cadastro socioeconômico para identificação, qualificação e registro público da população impactada por empreendimentos de geração de energia hidrelétrica e criou o Comitê Interministerial de Cadastramento Socioeconômico, no âmbito do Ministério de Minas e Energia. Contudo, Silva e Moret (2012, p. 24) afirmam que, apenas o cadastro não pode ser considerado uma Política de Remanejamento e enfrentamento dos impactos sociais na construção e implantação de hidrelétricas, tendo em vista que falta estabelecer o que fazer a partir deste cadastro.

A transferência da população pode gerar também insatisfação e resistência quanto à instalação dos empreendimentos. No país, o Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB)⁵⁰ visa, principalmente, buscar uma proposta de indenização adequada para as famílias que vivem na beira dos rios, e defender o direito dos atingidos pelos empreendimentos hidrelétricos. De maneira geral, a organização foca em grandes empreendimentos, tendo em vista que o número de pessoas a serem reassentadas tende a ser maior (MAB NACIONAL, 2011).

Além da mudança física da população, a consequente realocação de moradores pode gerar rompimentos de relações sociais. Ao serem reassentadas, as pessoas poderão romper vínculos sociais já consolidados e comprometer a sua qualidade de vida. Matiello (2011, p. 282) afirma que,

[...] a terra, o espaço ocupado pelos(as) agricultores(a), é vista como elemento de enraizamento e que a desapropriação, ao negá-la às famílias, obstruiu condições materiais de existência, e principalmente valores e relações sociais que nela se assentavam.

Aspectos como perda de identidade comunitária, rompimento das interações sociais cotidianas precisam ser contemplados enquanto fatores limitadores da instalação da PCH. A reorganização social em função da instalação de uma PCH não poderá se restringir apenas a indenizar e relocar as famílias, mas deverá contemplar a desestruturação social, procurando minimizá-la (INSTITUTO..., 2011, p. 420).

⁵⁰ O MAB surgiu no final da década de 1970, durante a ditadura militar, em resposta à expulsão de famílias que viviam no entorno dos rios onde foram construídas grandes usinas. Atualmente, dentre as novas perspectivas da organização, o MAB tem por objetivo lutar “pelos direitos dos atingidos por barragens, por um modelo energético popular que leve em conta as necessidades do povo, e por um projeto popular para o Brasil” (MAB NACIONAL, 2011).

Paralelamente à necessidade de reassentamento dos moradores, o alagamento de parte das propriedades do entorno dos rios e a área necessária para formação da APP podem comprometer parcial ou totalmente o desenvolvimento de determinadas atividades produtivas na ADA. Ademais, a utilização da água para geração de energia hidrelétrica pode limitar, ou até mesmo afetar, o uso deste recurso natural para outras fontes de geração de renda. Diante disso, é preciso analisar o custo de oportunidade⁵¹ da utilização da água para o aproveitamento hidrelétrico (WORLD COMMISSION ON DAMS, 2000; SANTOS, 2011, p. 38).

Entre os possíveis desdobramentos da instalação das PCH nas propriedades localizadas na ADA, pode-se citar a desmobilização de infraestrutura edificada, assim como a redução de parcela substancial de área produtiva comprometendo a continuidade da atividade econômica (LEÃO, 2008, p. 147). Conseqüentemente, é necessário o acompanhamento das propriedades rurais diretamente impactadas visando avaliar o grau de comprometimento da capacidade produtiva, assim como a necessidade de articular novas tecnologias de produção com o objetivo de minimizar os efeitos do processo de desapropriação sobre a renda das famílias (LEÃO, 2008, p. 147; INSTITUTO..., 2011, p. 411).

Segundo Sinisgalli (2005, p. 93), os valores de rendimento por hectare (a preços de 2005) de diversos usos da terra para a região amazônica, podem variar de US\$ 188,00/ha, referente à extração de madeira, a US\$ 500,00/ha, no que tange a agricultura. Adicionalmente, o autor (2005, p. 94) afirma que os danos ambientais causados pelas hidrelétricas podem chegar a aproximadamente US\$ 115.000,00/ha devido, principalmente, as perdas dos recursos não madeireiros, como frutos e a extração de casca ou produtos associados a resinas das árvores. Conseqüentemente, faz-se necessário avaliar como pode ser feita a alocação da água entre os diversos usos e usuários de uma bacia hidrográfica, com o objetivo de maximizar os benefícios da sua utilização (BOAS, 2005, p. 2).

Apesar dos aproveitamentos hidrelétricos comprometerem algumas atividades econômicas, tais como a agricultura e o extrativismo madeireiro, eles tendem a gerar também emprego e renda temporários nos municípios da Área de

⁵¹ Segundo Pereira et al. (1990, p. 3), o custo de oportunidade pode ser definido na visão econômica como “o valor do recurso no seu melhor uso alternativo”. Os autores afirmam que “o raciocínio econômico sobre o custo de oportunidade está intimamente ligado com o deslocamento dos fatores de produção de uma para outra atividade, o que não ocorre por simples acaso” (PEREIRA et al., 1990, p. 4).

Influência Direta (AID). Entretanto, para que isso aconteça é necessário que haja, por parte dos empreendedores, a priorização da contratação de mão de obra local. As PCHs podem ser responsáveis pela geração de empregos diretos, indiretos e de efeito-renda⁵² nos municípios. Apesar de possivelmente os trabalhadores locais possuírem menor qualificação, ao se optar pela contratação dos moradores da região, contribui-se para o desenvolvimento das economias locais e possibilita-se o aumento do efeito-renda em função do gasto dos salários dos trabalhadores nos municípios da AID (FILHO et al., 2008, p. 160; INSTITUTO..., 2011, p. 399).

De acordo com a EPE (2012, p. 16), ainda que a maior parte dos empregos gerados sejam temporários, concentrando-se na fase de construção da usina, os efeitos tendem a ser positivos, na medida em que estimulam o consumo e a economia local, criando condições e oportunidades para o desenvolvimento de serviços e outras atividades capazes de se perpetuar após o término das obras. Logo, quanto maior for o número de empregos gerados pelo empreendimento, maiores serão seus efeitos positivos nos municípios da região do projeto.

Conforme estudo realizado por Filho et al. (2008), uma PCH de 20 MW geraria, em torno de 5.164 empregos diretos, indiretos e de efeito-renda nos municípios da AID, e seria responsável por injetar nos municípios uma massa salarial de aproximadamente 8 milhões de reais (a preços de 2014)⁵³. Segundo o BIG da ANEEL (2014), das 470 PCHs em operação no país em novembro, 86 possuíam uma potência instalada igual ou acima de 20 MW. Já do total de PCHs em construção ou com construção não iniciada (72 empreendimentos), cerca de 25% possuem capacidade de geração de 20 MW ou mais, os quais poderiam injetar até 576 milhões de reais no mercado.

Com base no que foi exposto anteriormente, o Quadro 14 apresenta uma síntese dos principais limites e potencialidades identificados na primeira etapa da cadeia produtiva das PCHs no Brasil.

⁵² Os empregos diretos correspondem à mão-de-obra adicional requerida pelo setor onde se observa o aumento de produção. Os indiretos correspondem aos postos de trabalho que surgem nos setores que compõem a cadeia produtiva. E os de efeito-renda são obtidos a partir da transformação da renda dos trabalhadores e empresários em consumo (NAJBERG; PEREIRA, 2004, p. 1).

⁵³ Foi utilizado o IGP-M para deflacionar o valor de 6 milhões de reais.

Tipo	Itens identificados	Classificação
Limite	Licenciamento Ambiental	Tendo em vista a relevância do licenciamento ambiental, sua importância foi considerada alta (A) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como certa (CT). Diante da sua incidência, sua temporalidade foi classificada como permanente (P), e seu efeito foi categorizado como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como regional (R).
	Fragmentação de habitats	A fragmentação de habitats devido à supressão da vegetação e a inundação da área para o reservatório foi enquadrada como importância média (M), e com certeza de ocorrência (CT). Sua duração foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como local (L).
	Supressão da vegetação	Considerando a área de supressão da vegetação de PCHs, este limite foi classificado de média importância (M), e com ocorrência certa (CT). Tendo em vista a necessidade de inundação, sua duração foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência foi classificada como local (L).
	Aumento na emissão de CO2 e CH4	No que diz respeito ao aumento na emissão dos gases, este limite foi classificado de baixa importância (B), e com ocorrência possível (PO). Sua duração foi caracterizada como permanente (P) e seu efeito como de curto prazo (CP). Ademais, sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).
	Perda de heranças históricas e culturais	Levando em consideração a relevância de heranças históricas e culturais, a sua importância foi considerada média (M), e com ocorrência possível (PO). Adicionalmente, sua duração foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como local (L).
	Reassentamentos dos moradores e reorganização social	Considerando as características do reassentamento dos moradores, este limite foi classificado de alta importância (A), e com ocorrência possível (PO). Sua duração foi caracterizada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como local (L).
	Comprometimento de determinadas atividades produtivas	No que tange ao comprometimento de determinadas atividades produtivas, a sua importância foi considerada média (M), e com ocorrência possível (PO). Adicionalmente, sua duração foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como local (L).
Potencialidade	Política Nacional sobre Mudança do Clima	A importância da PNMC foi categorizada como média (M) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como certa (CT). Devido às características da Política, sua temporalidade foi classificada como temporária (T) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).
	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	Levando em consideração a relevância do SNGRH, esta potencialidade foi classificada de média importância (M), e com ocorrência certa (CT). Ademais, sua duração foi classificada como cíclica (C) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).
	Potencial hidrelétrico das bacias hidrográficas	Tendo em vista a relevância do potencial hidrelétrico das bacias hidrográficas, esta potencialidade foi classificada de alta importância (A), e com ocorrência certa (CT). Ademais, sua duração foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).
	Formação da Área de Preservação Permanente	A importância da formação da APP foi categorizada como média (M) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como certa (CT). Devido às características da APP, sua temporalidade foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi considerada como local (L).
	Geração de emprego (direto, indireto e de efeito-renda) e renda temporários	Considerando a relevância da geração de emprego nos municípios da AID, esta potencialidade foi classificada de alta importância (A), e com ocorrência possível (PO). Tendo em vista que a maioria dos empregos são gerados durante a fase de construção dos empreendimentos, sua duração foi classificada como temporária (T) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local, sendo classificada como regional (R).

Quadro 14 – Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na etapa de recurso natural

Fonte: Autoria própria.

O próximo subitem apresenta a análise da segunda etapa da cadeia de produção das PCHs brasileiras, a etapa da geração.

4.2.2 Etapa 2: Geração

A etapa da geração de energia hidrelétrica pela PCH é iniciada após a obtenção da Licença de Operação (LO) por parte do empreendedor. Este processo envolve distintos aspectos que podem tanto limitar quanto potencializar o seu uso. Um dos fatores limites do funcionamento das usinas está associado ao potencial das PCHs em alterarem a qualidade da água superficial do rio, tendo em vista que a formação de um reservatório altera a morfologia de um corpo hídrico. Processos erosivos, descaracterização da vegetação da área de preservação permanente e lançamento de esgoto, também contribuem para esta alteração, gerando o aumento de nutrientes, da turbidez e de sedimentos na água (INSTITUTO..., 2011, p. 399).

Reis (2011, p. 113) ressalta que, a inundação de propriedades e terras agrícolas e da vegetação também pode impactar na qualidade da água, devido à entrada de agrotóxicos utilizados em atividades agrícolas. Adicionalmente, durante a operação do empreendimento, existe o risco de ocorrer vazamento de óleo dos equipamentos instalados na casa de máquinas e acumulação de lixo no eixo da barragem (os quais são conduzidos pelo curso d'água) (INSTITUTO BRASILEIRO..., 2001, p. 324; INSTITUTO..., 2011, p. 443).

Levando em consideração que apenas 0,3% da água disponível no planeta é considerada aproveitável, sendo 0,29% água subterrânea e 0,01% presente em rios, lagos e lagoas, é essencial para o desenvolvimento econômico e social manter a boa qualidade deste recurso natural (SANTOS, 2009, p. 21). No Brasil, o conjunto de parâmetros utilizados para determinar a qualidade dos corpos d'água e subsidiar a sua avaliação, encontra-se disposto na Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. De acordo com a Resolução, as águas doces podem ser classificadas em 5 classes de qualidade, que variam conforme as condições de qualidade da água e os valores apresentados em diversos parâmetros, tais como a quantidade de fósforo e nitrogênio presentes nos corpos d'água (Quadro 15).

Classe	Tipo de uso
Especial	- abastecimento para consumo humano, com desinfecção; - preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e - preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
1	- abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; - proteção das comunidades aquáticas; - recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; - irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e - proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
2	- abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional - proteção das comunidades aquáticas; - recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; - irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e - aquicultura e à atividade de pesca.
3	- abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; - irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; - pesca amadora; - recreação de contato secundário; e - dessedentação de animais.
4	- navegação; e - harmonia paisagística.

Quadro 15 – Classes de qualidade das águas doces

Fonte: Brasil (2005).

Contudo, segundo o IAP (2009, p. 17), “embora exista legislação para o enquadramento da qualidade da água, esta não é específica para reservatórios e lagos, sistemas que apresentam uma complexidade maior”. Conseqüentemente, o IAP desenvolveu o Índice de Qualidade de Água em Reservatórios (IQAR) para verificar a degradação nestes sítios. Os valores do IQAR são classificados em 6 faixas e são estabelecidos segundo seus níveis de comprometimento (Quadro 16).

Valor do IQAR	Qualificação
0 – 1,50	Não impactado / muito pouco degradado
1,51 – 2,50	Pouco degradado
2,51 – 3,50	Moderadamente degradado
3,51 – 4,50	Criticamente degradado / poluído
4,51 – 5,50	Muito poluído
> 5,51	Extremamente poluído

Quadro 16 – Qualificação do Índice de Qualidade de Água em Reservatórios

Fonte: Instituto... (2009).

O IQAR tem sido utilizado no Paraná desde 1999 para monitorar a qualidade das águas no Estado, porém é mais empregado na análise de grandes reservatórios criados pelas UHEs. Em 2009, dos 14 reservatórios analisados no relatório de monitoramento, 57% foram considerados moderadamente degradados e 43% foram enquadrados como pouco degradados (INSTITUTO..., 2009, p. 115). No que tange

aos impactos específicos das PCHs, Zan et al. (2012, p. 1887) estudaram a qualidade das águas superficiais do Rio Jamari, em Monte Negro, depois da construção da PCH Santa Cruz de Monte Negro, e concluíram que a qualidade do corpo d'água continuava boa e dentro das normalidades estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente. Em outro estudo, realizado por Pimenta et al. (2009, p. 410), os autores destacam que em todos os pontos de aproveitamento hidrelétrico analisados havia

[...] passivos ambientais gerados pelas atividades antrópicas, que contribuem de forma significativa para as alterações na qualidade da água, seja por áreas de preservação permanente desprovidas de cobertura vegetal, lançamentos de efluentes, ou por atividades agropastoris. Esta avaliação da qualidade da água gera a complexa reflexão sobre a ação antrópica no meio físico e nos recursos naturais.

Desta forma, levando em consideração que a qualidade da água de um curso reflete as atividades que são realizadas em toda a bacia, para prevenir a sua deterioração, faz-se necessário a adoção de algumas medidas preventivas. Por parte do empreendedor, é preciso a implantação de um programa de monitoramento da qualidade da água do corpo hídrico tanto na área do reservatório, como a montante e a jusante desta, além da instalação de estruturas de contenção a vazamentos na casa de máquinas. Já por parte do governo, seria interessante a implantação de programas de educação ambiental visando conscientizar os usuários destes rios, quanto aos efeitos nocivos de se descartar resíduos sólidos nos recursos hídricos e a necessidade de preservar este recurso (INSTITUTO..., 2011, p. 443).

Além da possível deterioração da qualidade da água, o processo de geração de energia pode influenciar negativamente a população dos peixes, sendo que a variação no fluxo da água à jusante do barramento pode interferir nos seus comportamentos migratórios e na sua reprodução. Ademais, a barreira física apresentada pela barragem propicia o isolamento das populações das espécies aquáticas que antes se encontravam em contato. Segundo Andrade e Araújo (2011, p. 1),

[...] a construção de barragens para geração de energia tem sido considerada uma das maiores causadoras de impactos sobre a ictiofauna continental, principalmente sobre os peixes migradores conhecidos como peixes de piracema, pois a implantação de tais empreendimentos leva a um bloqueio ou maior dificuldade da migração dos peixes para as partes superiores das bacias, impossibilitando sua reprodução e levando a diminuição dos estoques naturais das espécies.

Consequentemente, a construção do reservatório pode alterar a composição e diversidade da ictiofauna, prejudicando algumas espécies, como as migradoras e aquelas com preferências por ambientes torrentícolas⁵⁴, e beneficiando outras, tais como os ciclídeos e lambaris. Conforme a International Rivers (2007), a produção de peixes em reservatórios, por hectare, é aproximadamente 4 vezes menor do que a dos rios tropicais com inundações anuais. Ainda segundo a International Rivers (2007), 20% dos peixes de água doce do mundo encontra-se em risco de extinção, sendo que o país com o maior número de espécies de peixes em perigo de extinção, em 2014, eram os Estados Unidos, com 236 espécies, seguido pela Tanzânia, com 175 espécies. O Brasil aparece em 14º lugar, com 84 espécies em risco (Figura 14) (THE WORLD BANK, 2014).

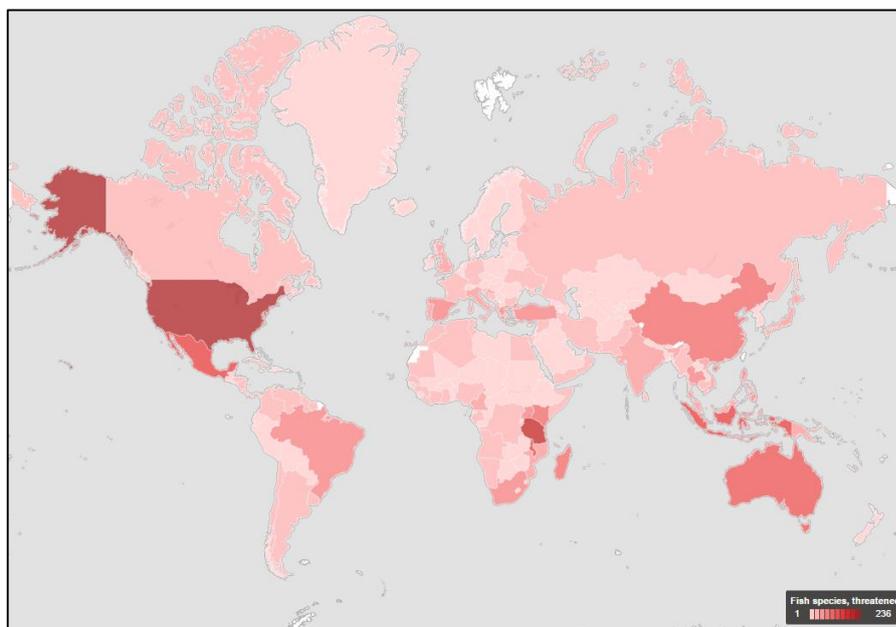


Figura 14 – Número de espécies de peixes em perigo de extinção no mundo, por País – 2014
Fonte: The World Bank (2015)

A instalação das PCHs pode vir a provocar também a mortandade destes animais. De acordo com Cada (2001, p. 14), dentre as principais causas de morte de peixes migradores que atravessam a barragem através das turbinas, destacam-se as variações súbitas na pressão, o choque e compressão contra as pás, a desorientação devido à alta turbulência no tubo de sucção e a consequente susceptibilidade a

⁵⁴ Espécies adaptadas à vida em riachos e cabeceiras de cursos de água (INSTITUTO DE TECNOLOGIA..., 2012, p. 6).

predadores. Estudos referentes aos danos causados aos peixes que passam pelas turbinas indicam que as taxas de mortalidade variam de 0% a 100% nas turbinas do tipo Francis, sendo que raramente são menores do que 10%, e de 0 a 20% para turbinas Kaplan (EICHER et al., 1987⁵⁵ apud ANDRADE; ARAÚJO, 2011; THERRIEN; BOURGEOIS, 2000, p. 19).

Em complementariedade aos problemas específicos sobre a fauna aquática, a redução na quantidade de peixes pode vir a comprometer as atividades pesqueiras das populações ribeirinhas, modificando as suas condições sociais e econômicas (MIRANDA et al., 2013, p. 294). Segundo dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (2014), estima-se que existem hoje no Brasil quase um milhão de pescadores artesanais, os quais são produtores autônomos, em regime familiar ou individual. Porém, o número de pessoas que dependem diretamente desta atividade pode ser muito maior, tendo em vista que em uma comunidade com cerca de 7.854 pescadores artesanais, o total de dependentes da pesca pode chegar a 50 mil (CINTRA et al., 2013, p. 63).

Já em termos econômicos, em 2011, a pesca extrativa continental foi responsável pela produção total de mais de 249 mil toneladas de pescado, sendo que, em média, 45% do total produzido anualmente é oriundo da pesca artesanal (MINISTÉRIO DA PESCA..., 2011, p. 22; MINISTÉRIO DA PESCA..., 2014). Além disso, conforme estudo de Garcez e Sánchez-Botero (2005), realizado nas comunidades pesqueiras do Rio Grande do Sul, verificou-se que a renda média mensal de um pescador, obtida pela comercialização do pescado, pode variar de meio a 4 salários mínimos⁵⁶.

Diante deste cenário, a redução no número de peixes pode comprometer a renda auferida pelas famílias pescadoras artesanais, forçando-as à pluriatividade ou, até mesmo, ao abandono da pesca (CAPELLESSO; CAZELLA, 2011, p. 15). Ribeiro (2009, p. 218) destaca que, ao enfrentar dificuldades, os pescadores podem vir a abandonar as suas atividades de pesca tradicional e migrar para áreas urbanas, colocando mais pressão sobre os serviços sociais.

Miranda et al. (2013, p. 301) realizaram um estudo para verificar se ocorreu alteração na quantidade de peixes na AID da PCH Braço, localizada na divisa dos

⁵⁵ EICHER, G.J., et al. **Turbine-related fish mortality: review and evaluation of studies**. Final report prepared for Electric Power Research Institute (EPRI). 1987.

⁵⁶ O salário mínimo em 2001 era de R\$180, sendo que este valor a preços de 2014 seria de R\$509,84.

municípios de Rio Claro (RJ) e Bananal (SP), e concluíram que não houve modificação durante o período estudado, porém os autores observam que os resultados obtidos podem ter sido influenciados pelas características naturais do corpo d'água analisado. Já outros estudos, tais como o realizado por Camargo (2002) e Travassos (2014), demonstram que, as condições ambientais a jusante dos reservatórios, são mais favoráveis a sobrevivência de algumas espécies de peixes do que a montante. Segundo Camargo (2002, p. 24), enquanto que a produção observada na jusante de um reservatório era de 520 toneladas, no montante, era de 341 toneladas.

Visando minimizar os impactos negativos sobre a ictiofauna, alguns mecanismos podem ser construídos, como os de transposição e de repulsão de peixes. O primeiro tipo tem por objetivo permitir a subida e/ou a descida dos peixes e deve ser projetado e operado levando em consideração diferentes aspectos comportamentais destes animais. Dentre os mais utilizados estão as escadas, as eclusas e os elevadores para peixes. Já o segundo tipo visa prevenir a entrada de peixes juvenis, durante migrações descendentes em tomadas d'água, com a finalidade de reduzir a sua mortalidade. Os mecanismos de repulsão incluem as barreiras físicas e elétricas (ANDRADE; ARAÚJO, 2011, p. 1; KUSMA; FERREIRA, 2009, p. 2). Um exemplo de um mecanismo de transposição construído em uma PCH pode ser observado na Figura 15.



Figura 15 – Escada para peixes da PCH José Barasuol, em Ijuí, no Rio Grande do Sul

Fonte: Kusma e Ferreira (2009, p. 3)

O primeiro mecanismo de transposição para peixes, do qual se tem registro, foi construído no século XVII, em 1640, em Bern na Suíça. No entanto, esse tipo de sistema surgiu no Brasil somente em 1906, com a construção de uma escada na usina de Salto Grande, no distrito de São Joaquim em São Paulo. De acordo com Martins (2004, p. 18), em 2000, havia cerca de 13 mil mecanismos de transposição implantados no mundo.

A instalação no Brasil dos mecanismos de transposição foi impulsionada principalmente pela Resolução CONAMA 001/86, que prevê que a mortalidade de peixes provocadas pela implantação de usinas hidrelétricas consiste em danos à fauna, sendo sujeitas a penalidades. Contudo, por mais que estes mecanismos sejam bastante utilizados, ainda há uma escassez de estudos sobre a eficácia e consequência da implantação dos mesmos sobre as diferentes espécies de peixes (JUNHO, 2008, p. 197; ANDRADE; ARAÚJO, 2011, p. 25).

O estudo realizado por Kusma e Ferreira (2009, p. 1), que visava avaliar de forma preliminar a eficiência e a seletividade do mecanismo de transposição de peixes de uma PCH, concluiu que as escadas para peixes são seletivas, tendo em vista que apenas espécies de menor porte são capazes de ascender por ela. Outro estudo, realizado por Martins (2004, p. 53), mostra que do total de espécies identificadas a jusante da barragem de uma usina, apenas 61,2% atingiram o reservatório.

Porém, Kusma e Ferreira (2009, p. 5) afirmam que, é preciso ser realizado mais análises sobre a eficiência, ou não, dos mecanismos de transposição no longo prazo, além de ser necessário um acompanhamento das espécies (larvas, jovens e adultos) para verificar a sua descida. Além disso, Martins (2004, p. 56) observa que, os sistemas de transposição devem complementar outras iniciativas, tais como o controle de pesca predatória e a manutenção, preservação ou introdução de locais de desova.

Apesar das PCHs poderem causar impactos negativos sobre a qualidade da água e a população dos peixes, comprometendo atividades pesqueiras, os seus reservatórios podem ser utilizados para atender usos múltiplos integrados. O uso múltiplo das águas consiste em um dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e, dentre os possíveis aproveitamentos múltiplos, podem ser citados: abastecimento urbano; produção de fertilizantes; navegação; controle de enchentes; turismo; e atividades de lazer.

Cruz e Fabrily (1995, p. 3), afirmam que os usos múltiplos de reservatórios “são planos de aproveitamento de recursos hídricos projetados e operados para atender dois ou mais propósitos”. Boas (2005, p. 9) destaca que,

[...] alguns dos benefícios sócio-econômicos gerados a partir do uso múltiplo de reservatórios podem ser expressos quantitativamente pelas receitas líquidas anuais obtidas pelos usos implementados e pelos empregos, diretos e indiretos, que poderão ser gerados a partir dos projetos implantados.

Segundo a International Energy Agency (IEA) (2011, p. 35), 60% das barragens desenvolvidas mundialmente nos últimos anos têm por objetivo atender a usos múltiplos, sendo que a elaboração dos projetos é uma tarefa complexa, pois é preciso estabelecer uma utilização harmônica do uso da bacia hidrográfica. Boas (2005, p. 12) ressalta que, “alguns reservatórios brasileiros foram construídos para o atendimento de múltiplas finalidades, enquanto outros, em função das transformações e do surgimento de novas necessidades, implantaram outros usos além daqueles previstos”. As usinas hidrelétricas de Lobo e Pirajú, ambas localizadas no Estado de São Paulo, são exemplos de reservatórios com usos múltiplos.

O Ibama (2014) tem realizado consultas públicas para apresentar as propostas do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial (Pacuera) de PCHs, como Pedra do Garrafão e Pirapetinga. O Pacuera tem por objetivo estabelecer a relação da comunidade local com os reservatórios, zoneando as áreas de preservação permanente e as áreas para lazer, pesca, recreação, entre outras atividades.

Dentre um dos usos múltiplos integrados listados anteriormente, destaca-se o fato dos reservatórios poderem atuar como controladores ou atenuadores de cheias. Conforme o World Commission on Dams (WCD) (2000, p. 116), estima-se que no mundo, durante o período de 1972 e 1996, cerca de 3,3 milhões de pessoas ficaram desabrigadas todos os anos em consequência de inundações, e 65 milhões de pessoas tiveram suas vidas afetadas pelas cheias.

Barbosa et al. (2011, p. 23) elaboraram uma matriz com descritores individuais de severidade referentes à UHE Jupia, a qual encontra-se localizada na divisa dos municípios de Castilho (SP) e Três Lagoas (MS), com escala de gradação de riscos, sendo que os danos sociais foram embasados nos princípios utilizados pela Defesa Civil Brasileira (MINISTÉRIO..., 1999). Com base no Quadro 17, verifica-se que uma

enchente considerada catastrófica pode resultar na mortalidade de 100 pessoas ou mais e causar danos econômicos superiores a 100 milhões, além de destruir a fauna e a flora.

Grau de severidade	Potencial de risco a vida humana	Danos econômicos e sociais	Danos Ambientais associados a possíveis acidentes em estruturas
Catastrófico	Fatalidade de 100 ou mais pessoas sob criticidade nível 1 segundo definição da Defesa Civil.	Danos maiores que R\$ 100 milhões, atingindo instalações de prioridade 2 ou 1 segundo definição da Defesa Civil.	Destruição total de fauna, flora e de ecossistemas (físico).
Alto	Entre 50 e 100 pessoas sob risco de criticidade de nível 1.	Danos entre R\$ 50 milhões e R\$ 100 milhões, atingindo instalações de prioridade 2 ou 1.	Destruição parcial de ecossistemas, com degradação da biota, mas com possibilidade de restauração.
Médio	Entre 21 e 50 pessoas sob risco de criticidade de nível 1 ou mais que 50 sob criticidade nível 2.	Danos entre R\$ 10 milhões e R\$ 50 milhões, atingindo instalações de prioridade 2 ou 1.	Danos pequenos nos ecossistemas locais e a jusante.
Baixo	Até 50 pessoas sob criticidade de nível 2.	Danos entre R\$ 1 milhão e R\$ 10 milhões, atingindo instalações de prioridade 2 ou 1.	Efeitos locais de danos ambientais.
Ínfimo	Sem danos à vida humana ou criticidades.	Danos até R\$ 1 milhão, atingindo apenas instalações de prioridade 2 ou 1.	Sem ocorrência de danos ambientais.

Quadro 17 – Descrição do Grau de Severidade das Consequências das Vazões de Restrição (função da Vazão Defluente da UHE)

Fonte: Barbosa et al. (2011, p. 24).

Por mais que as enchentes apresentem vantagens para o meio ambiente, tais como a limpeza de planícies fluviais, o enriquecimento do solo e o aumento de quantidade de peixe nos reservatórios, elas podem colocar em risco a segurança das populações ribeirinhas e danificar estradas, estruturas edificadas, pontes e sistemas de esgoto (PORTAL PCH, 2013; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA..., 2014). Na China, tendo em vista que grande parte da população vive em várzeas e não é possível realocá-la, o governo tem optado pela construção de projetos hidrelétricos para, não apenas, evitar os danos causados pelo transbordamento dos rios, mas também, prevenir a migração destas pessoas para as áreas urbanas (LI, 2002, p. 1248).

O controle da vazão por parte da PCH depende do tipo de uso das vazões naturais. Os reservatórios a fio d'água, apesar de não possuírem a função de acumulação de água para geração de energia, têm a capacidade de aumentar seu nível durante a elevação das vazões, fazendo com que a água seja disponibilizada para jusante em velocidade menor comparado ao cenário sem reservatório (INSTITUTO..., 2011, p. 446). Barbosa et al. (2011, p. 23) afirmam que, o planejamento e operação de controle de cheias, do setor elétrico brasileiro, tem

utilizado o método do Tempo de Retorno (TR) para proteção de vales inundáveis a jusante de usinas hidrelétricas. Os autores destacam que,

[...] a proteção ou risco é expresso hidrológicamente pelo inverso do tempo de retorno ($1/TR$), mas esse método não captura os avanços no monitoramento, controle e operação dos reservatórios; na dinâmica de uso e ocupação dos vales ou na percepção de risco pela sociedade (BARBOSA et al., 2011, p. 23).

Diante desta situação, tem sido desenvolvido a Metodologia Proteção Associada ao Tempo de Retorno Implícito de Cheias (PATRICH) em vales inundáveis a jusante de usinas hidrelétricas, para permitir a definição da proteção contra enchentes de forma mais precisa. Essa metodologia abrange diversos critérios objetivos e subjetivos em 3 dimensões: severidade das consequências caso seja superada a descarga de restrição; complexidade na gestão da restrição; e probabilidade da cheia natural superar a descarga de restrição no ponto de controle (BARBOSA et al., 2011, p. 25). Desta forma, as PCHs podem auxiliar na regularização do regime dos rios, amortecendo ou mesmo evitando, os efeitos mais fortes das grandes enchentes.

Em contrapartida aos usos múltiplos integrados, a construção de reservatórios pode representar riscos à população residente no entorno dos empreendimentos, devido aos possíveis acidentes e rupturas que podem ocorrer nas barragens. De acordo com a International Rivers (2007), durante o século XX, mais de 13 mil pessoas faleceram no mundo (excluindo a China), devido ao rompimento de barragens. Já na China especificamente, em 1975, o rompimento das barragens Banqiao e Shimantan, causaram a morte de 80 mil e 230 mil pessoas, respectivamente.

As principais causas dos rompimentos podem estar associadas tanto aos aspectos materiais quanto humanos, dentre os quais destacam-se as falhas nas fundações, os efeitos sísmicos, os erros no projeto e as falhas na construção. No Brasil, um dos principais casos ocorreu no rio Pardo, em São Paulo, em 1977, quando a barragem da Usina de Euclides da Cunha rompeu, produzindo uma onda de cheia que rompeu a barragem de Armando Sales de Oliveira a jusante (VADAS, 2014).

Apesar da probabilidade de rompimento ser pequena, para que o risco seja minimizado é necessário que seja elaborado um Plano de Ação de Emergência (PAE), uma Análise de Risco e um Estudo de Rompimento da Barragem. Estes estudos identificam os procedimentos preventivos a serem tomados no caso de emergência,

auxiliam no conhecimento das situações de risco e podem determinar o tempo de duração das cheias em cada localização (VADAS, 2014).

Embora as PCHs apresentem alguns riscos, elas também podem proporcionar o melhor atendimento às necessidades de consumo de pequenas regiões urbanas e localidades rurais. A geração distribuída, ou descentralizada, que se caracteriza por produzir menor capacidade e ser conectada na rede local de distribuição de energia próxima aos centros de consumo, diminui os custos com a transmissão de energia e pode promover o desenvolvimento regional (VERGÍLIO, 2012, p. 29).

Conforme The World Bank (2014), em 2010, a média da população brasileira com acesso a eletricidade era de 98,8%, ficando acima da média mundial, de 83,1%. Entretanto, verifica-se que esta distribuição é desigual entre as áreas urbanas e rurais. Segundo o Censo Demográfico de 2010, enquanto que na área urbana apenas 0,27% (133 mil) dos domicílios não tinham acesso à energia elétrica, na área rural este percentual subiu para 7,3% (595 mil domicílios) (Tabela 9).

Tabela 9 – Domicílios particulares permanentes, por situação de domicílio e existência de energia elétrica - 2010

	Total	Urbana	Rural
Total	57.324.167	49.226.751	8.097.416
Tinham	56.595.495	49.093.514	7.501.981
Não tinham	728.672	133.237	595.435

Fonte: Instituto Brasileiro... (2010).

De acordo com Pereira (2013, p. 178), a importância que as hidrelétricas têm para o Brasil é “exceção no mercado internacional de energia, o que exige políticas específicas para esta área”. O autor afirma que os projetos de PCHs podem ser utilizados como vetores para o desenvolvimento da região, e seriam classificados segundo sua capacidade de gerar emprego e renda. Para tanto, seria necessário que o Estado incentivasse a formação de consórcios envolvendo diversas instituições, tal como, empresas públicas e privadas, cooperativas de produtores, prefeituras, entre outras, que

[...] apresentariam projetos de empreendimentos integrados de desenvolvimento da região, abrangendo a industrialização de matérias-primas e recursos naturais locais, e que, necessariamente envolvessem a demanda de um percentual mínimo da energia elétrica gerada pela PCH proposta (PEREIRA, 2013, p. 179).

Nadaud (2012, p. 4) afirma que, a energia elétrica tem um papel fundamental na transformação da sociedade rural, tendo em vista que o acesso a esse serviço aumenta a qualidade de vida da população e possibilita a inserção do produtor rural no mercado através do uso de técnicas mais eficazes de produção. Ademais, o acesso à energia elétrica através da aquisição de eletrodomésticos e equipamentos rurais elétricos pode favorecer a permanência da família no campo, reduzindo o fluxo migratório para as grandes cidades.

Conforme o BIG da ANEEL (2014), 73 PCHs no Brasil são autoprodutoras de energia, onde o agente recebe autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo. Mendes e Pinto (2011, p. 1) identificam que, o papel dos autoprodutores e dos produtores independentes consiste em “diversificar a matriz energética, aumentar a competitividade do segmento de geração de energia e reduzir custos de transmissão, uma vez que as unidades geradoras podem ser instaladas próximas aos centros consumidores”.

O fornecimento de energia para comunidades consideradas “excluídas elétricas” tem como base institucional a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, que dispõe, entre outras coisas, sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, e o Decreto da ANEEL nº 4.873, de 11 de novembro de 2003, que criou o programa Luz para Todos (BRASIL, 2002; AGÊNCIA..., 2003). Nadaud (2012, p. 26) destaca que, “o Programa foca nos domicílios em meio rural procurando mitigar o potencial impacto sobre as tarifas através da alocação de recursos subvencionados”. Contudo, a autora afirma que, até o ano de 2012, não havia sido alcançado o objetivo de universalização total dos municípios.

Já no que diz respeito aos equipamentos eletromecânicos (turbinas e geradores) utilizados nas PCHs para transformar a energia hidráulica em elétrica, verifica-se que, por serem os maiores equipamentos das usinas, eles participam decisivamente no preço final e, inclusive, na viabilidade ou não dos projetos. Conseqüentemente, é essencial que a definição das suas características seja bem feita desde o início dos estudos de viabilidade econômica das centrais (GRUPO WEG, 2012).

A eficiência hidráulica de turbinas tem mostrado um aumento gradual ao longo dos anos, levando em consideração que os equipamentos modernos atingem um rendimento de 90% a 95% (Figura 16). Estas melhorias contínuas na tecnologia de

turbinas foram impulsionadas pela necessidade de: 1. Aumentar a potência e a eficiência; 2. Flexibilizar a operação da unidade para atender às necessidades do mercado; 3. Aumentar a disponibilidade e diminuir os custos de manutenção; e 4. Melhorar o desempenho ambiental, através de melhorias nas taxas de sobrevivência dos peixes e na manutenção dos padrões de qualidade da água (INTERNATIONAL..., 2011, p. 46).

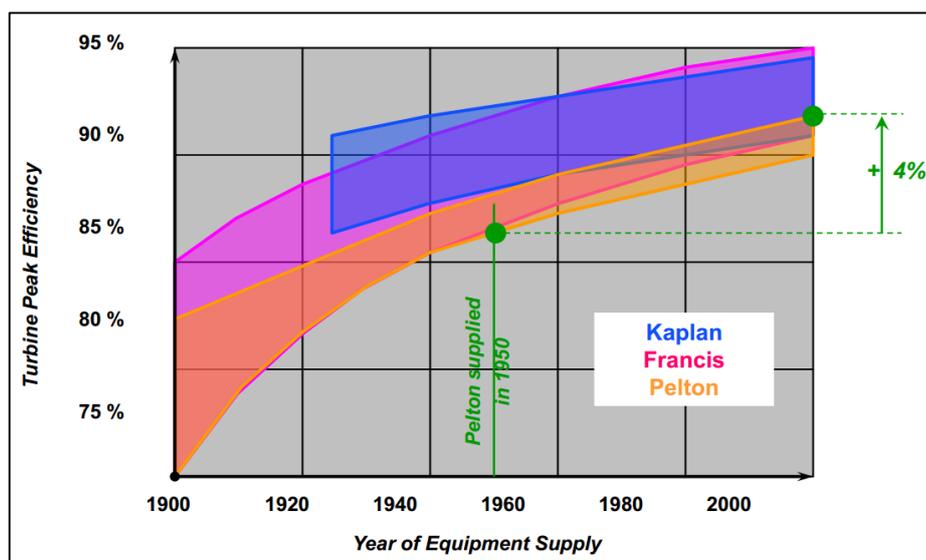


Figura 16 – Evolução da melhoria potencial do desempenho hidráulico – 1900 a 2011
 Fonte: Stepan (2011)

O nível de consolidação dos fabricantes destes equipamentos pode influenciar a capacidade de geração de energia hidrelétrica pelas PCHs. Segundo Gouvêa e Baggio (2012, p. 22), o custo estimado referente à instalação da turbina, gerador e elementos associados, para uma PCH com potência instalada de 4 MW no Brasil, seria de 3,6 milhões de reais, o que pode chegar a representar 15% do investimento total necessário. Já Moraes (2010, p. 70) verifica que, para uma PCH com potência geradora de 24 MW, o investimento em turbinas e geradores pode chegar a 12,8 milhões (13% do total).

A WWF Brasil (2006, p. 45) destaca que, o mercado nacional possui fabricantes que podem fornecer quase a totalidade dos equipamentos para PCHs. De acordo com o CERPCH (2015), a indústria nacional de turbinas está apta para fabricar diferentes tipos de modelos, tais como a Pelton (com injetores simples ou múltiplos), Michell-Banki (com ou sem tubo de sucção), a Francis (com rotores simples e geminado), e a Kaplan; com distintos arranjos, como caixa espiral, aberta ou cilíndrica.

A fabricação nacional cobre praticamente todo o campo de aplicação das micro, mini e pequenas centrais hidrelétricas, porém ainda há dificuldade em atender instalações com máquinas de rotações específicas muito altas. A Tabela 10 contém as principais características das turbinas fabricadas no Brasil.

Tabela 10 – Principais características das turbinas fabricadas no Brasil⁵⁷

Nome	Rotação específica (Ns)		Vazão Q (m ³ /s)	Queda (m)	Potência (kW)	Rendimento máximo (%)
Pelton	Número de jatos	Ns	0,05-50	30-1800	0,1-300000	70-91
	1	30				
	2	30-50				
	4	40-60				
	6	50-70				
Michell Banki	-	40-160	0,025-5	1-50	1-750	65-82
Francis	Tipo	Ns	0,05-700	2-750	1-750000	80-93
	Lenta	60-170				
	Normal	150-250				
	Rápida	250-400				
Kaplan	-	300-800	0,3-1000	5-80	2-200000	88-93

Fonte: Adaptado de Merigue e Silva (2013, p. 27).

Ainda segundo o CERPCH (2015),

[...] com a reestruturação do setor elétrico nacional, houve uma retomada do interesse no mercado por parte das empresas internacionais, tradicionais fabricantes de componentes de hidromecânicos. Há um crescimento do interesse do capital privado na produção independente de energia elétrica. Alguns grandes fabricantes tradicionais se estruturaram, tornando-se competitivos em se tratando de equipamentos para PCHs.

Existem no país cerca de 13 fabricantes de turbinas hidráulicas, 5 de geradores, e 8 que fabricam ambos os produtos. A grande maioria dos fabricantes encontram-se instalados nas regiões Sul e Sudeste do país (CENTRO NACIONAL..., 2015). A listagem com o nome destas empresas, por tipo de item produzido, encontra-se disposta a seguir:

Turbina: Andritz Hydro Brasil Ltda.; Betta Hidroturbinas Ind. e Com. Ltda.; Demuth Energy; GR Gonçalves e Rodrigues Ltda. Máquinas Hidráulicas e elétricas; Hisa - Hidráulica Industrial S.A. Ind. e Com.; IMCA Engenharia Ind. e Com. Ltda.; Ind. e Com. de Máquinas Franmaq; NH Geradores Ltda.; RM Equipamentos Ltda.; SEMI

⁵⁷ A rotação específica é obtida através da equação:

$$NS = (n \cdot Q^{1/2}) / H^{3/4}$$

onde **NS** é a rotação específica adimensional, **n** é a rotação em RPM, **Q** é a vazão em m³/s e **H** é a altura em metros.

Industrial Ltda.; Turbinas Hidráulicas Ewb; Turbinas Hidráulicas Wirz - Bee Ind. e Com. de Equipamentos Ltda.; e Verka Energy Engenharia Ind. e Com. Ltda.;

Gerador: Equacional Elétrica e Mecânica Ltda.; Flessak Eletro Industrial; Gevisa SA; Grupo Bambozi; e KCel Motores e Fios Ltda.; e

Ambos: Alstom Power Generation, Alterima Ind. Com. Geradores Ltda., Hacker Industrial Ltda., Hidroenergia; Mecamidi Wirz Ind. e Com. de Equip. Ltda.; Power Machines E. G. E. do Brasil, Voith Siemens Hydro Power Generation Ltda.; e Weg Máquinas.

As empresas que voltaram seus interesses ao mercado das PCHs têm procurado desenvolver modelos de turbinas hidráulicas para fabricação em série. Poucos fabricantes trabalham exclusivamente com a Michell-Banki, sendo que a maioria concentra suas atividades nas clássicas: Pelton, Francis e Hélice, deixando rotores Kaplan (que são considerados caros) para uma fase posterior. Caso as instalações demandem os rotores Kaplan, os projetos geralmente são importados das sedes de origem do fornecedor (CENTRO NACIONAL..., 2015).

Miranda (2009, p. 70) afirma que, as tecnologias de geração com turbinas tipo Pelton, Francis e Kaplan são maduras e totalmente disponíveis para produção no Brasil, sendo que as pesquisas de desenvolvimento tecnológico vêm ampliando a faixa de aplicação dessas máquinas. Ademais, têm sido realizados estudos visando aumentar a vida útil dos componentes que formam o hidrogenador, e diminuir os custos de manutenção dos equipamentos⁵⁸, tais como a elaboração de uma metodologia de avaliação estrutural e estimativa de vida útil, e o desenvolvimento de um sistema de monitoramento remoto de turbinas utilizando um robô (Silva et al., 2009, p. 22; Castanho et al., 2013, p. 14)

Levando em consideração as informações expostas anteriormente, o Quadro 18 apresenta uma síntese dos principais limites e potencialidades identificados na segunda etapa da cadeia produtiva das PCHs no Brasil.

⁵⁸ De acordo com Castanho et al. (2013, p. 17), o custo de contratação de uma equipe de mergulho para inspeção em uma turbina pode variar de R\$10.000,00 a R\$20.000,00. Embora o custo de aquisição de um robô seja maior, ele poderá ser amortizado rapidamente ao se considerar seu uso frequente.

Tipo	Itens identificados	Classificação
Limite	Deterioração da qualidade da água superficial	Tendo em vista as consequências deste limite, sua importância foi considerada média (M) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como possível (PO). Diante da sua incidência, sua temporalidade foi classificada como cíclica (C), e seu efeito foi categorizado como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como regional (R).
	Interferência na migração e reprodução da ictiofauna continental	Levando em consideração a relevância da migração e reprodução da ictiofauna continental, a sua importância foi considerada alta (A), e com ocorrência certa (CT). Adicionalmente, sua duração foi classificada como cíclica (C) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência vai além da dimensão local, sendo classificada como regional (R).
	Comprometimento da atividade pesqueira	Considerando o risco de comprometimento da atividade pesqueira, este limite foi classificado de média importância (M), e com ocorrência possível (PO). Sua duração foi classificada como cíclica (C) e seu efeito como de longo prazo (LP). Ademais, sua abrangência vai além da dimensão local, sendo classificada como regional (R).
	Risco de rompimento da barragem	No que tange ao risco de rompimento da barragem, a sua importância foi considerada baixa (B), e com ocorrência possível (PO). Adicionalmente, sua duração foi classificada como temporária (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como local (L).
Potencialidade	Possibilidade de usos múltiplos integrados	A importância da possibilidade de usos múltiplos integrados foi categorizada como média (M) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como possível (PO). Devido às características dos usos múltiplos, sua temporalidade foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como regional (R).
	Atenuação de cheias	Levando em consideração a relevância da atenuação de cheias para as populações que vivem próximas aos rios, esta potencialidade foi classificada de média importância (M), e com ocorrência possível (PO). Ademais, sua duração foi classificada como cíclica (C) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como local (L).
	Possível vetor de desenvolvimento regional	A importância desta potencialidade foi categorizada como alta (A) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como possível (PO). Devido às características do desenvolvimento regional, sua temporalidade foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como regional (R).
	Consolidação dos fabricantes de turbinas e geradores	Considerando a situação atual dos fabricantes de turbinas e geradores, esta potencialidade foi classificada de alta importância (A), e com ocorrência certa (CT). Tendo em vista que o mercado está consolidado, sua duração foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).

Quadro 18 – Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na etapa de geração
Fonte: Autoria própria.

A análise da terceira etapa da cadeia de produção das PCHs brasileiras, a etapa da transmissão, encontra-se a seguir.

4.2.3 Etapa 3: Transmissão

Após a energia elétrica ser gerada pela usina, ela deve ser transmitida, por meio de linhas de transmissão (LTs), até os centros consumidores. Ela é conduzida em altas tensões para reduzir as perdas decorrentes de grandes trajetos. Tendo em vista que é necessária a existência de uma infraestrutura para garantir que a energia

chegue as distribuidoras, o Estado precisa criar um arranjo institucional que assegure o desenvolvimento desta infraestrutura (FRANCISCO, 2012, p. 3). Segundo o National Council on Electricity Policy (2004, p. 6), o sistema de transmissão tem evoluído durante os anos e pode ser considerado um circuito complexo, caro e fundamental para a economia e o modo de vida das nações.

No Brasil, a transmissão da energia é realizada por cerca de 77 concessionárias que adquirem o direito por meio de leilões efetuados pela ANEEL (INSTITUTO ABRADÉE, 2010, p. 8). A atividade de transmissão é regulada pela ANEEL e as concessionárias são responsáveis pela adequada prestação do serviço, bem como pela execução de reforços nas instalações existentes (VIEIRA, 2009, p. 11). Conforme disposto na Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, a concessão é válida por 30 anos, podendo ser renovada por igual período. A lei também dispõe que a transmissão tem como premissa a garantia do livre acesso à rede, mediante ressarcimento dos custos de transporte envolvido (BRASIL, 1995).

Tendo em vista que o aumento populacional e o crescimento do consumo têm gerado aumento da demanda de energia elétrica, de aproximadamente 4% ao ano, a ampliação da oferta através de novos empreendimentos tem por potencialidade contribuir para a regularização do Sistema Interligado Nacional (SIN) (ALBERTI, 2014). O sistema de transmissão de energia elétrica serve para a distribuição espacial da energia gerada, conectando as usinas geradoras as subestações de distribuição, as quais foram implantadas para atender o crescimento do mercado de energia elétrica. O agente responsável pela coordenação e controle da operação de geração e da transmissão de energia elétrica do SIN é o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (EMPRESA..., 2013, p. 249).

Até 1999, o Brasil possuía basicamente dois subsistemas independentes, o Sul/Sudeste/Centro-oeste e o Norte/Nordeste, porém isto limitava a possibilidade de uma gestão mais eficiente das diversidades climáticas e energéticas das várias regiões do país. Atualmente, o SIN estende-se sobre a maior parte do território brasileiro e tem por objetivo possibilitar o intercâmbio de energia entre as diferentes regiões (VIEIRA, 2009, p. 9; PORTAL BRASIL, 2011; CENTRAIS ELÉTRICAS..., 2014).

O SIN responde por 96,6% do suprimento de energia elétrica do país, oriundo de fontes internas ou de importações (NASCIMENTO JUNIOR; GOPFERT..., 2010, p.

28). Conforme o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2009), a extensão total das linhas de transmissão no Brasil passou de 61,5 mil km, em 1995, para 99,8 mil km, em 2009 (Gráfico 10). Ainda de acordo com o ONS (2014), a extensão da rede de transmissão, em setembro de 2014, era de 108,5 mil km, sendo que até 2018 a tendência é que ela aumente para 153,8 mil km.

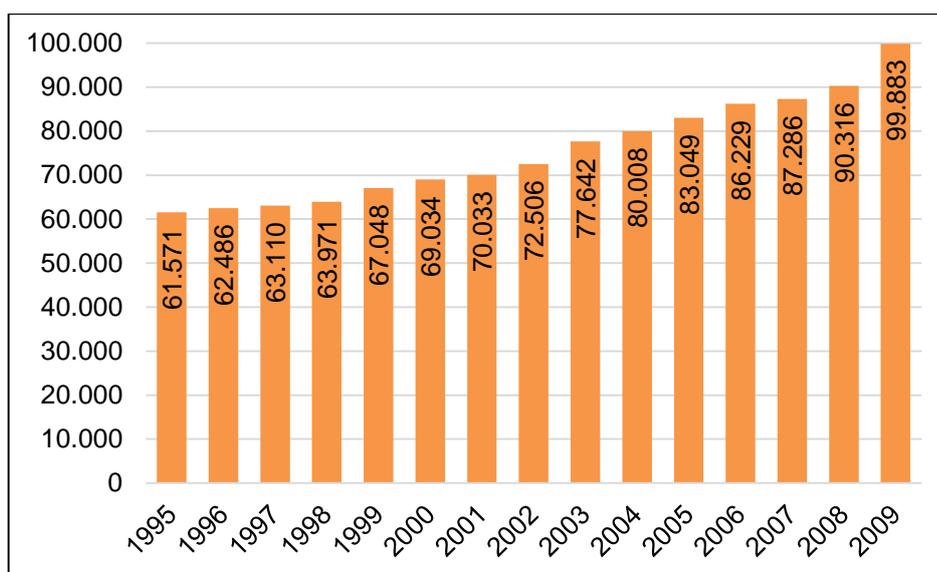


Gráfico 10 – Evolução da rede de transmissão no Brasil (em km) – 1995 a 2009
 Fonte: Adaptado de Operador... (2009).

Conforme o Centro Brasileiro de Infraestrutura (CBIE) (2011, p. 37), com a maior interligação entre as regiões, proporcionada pela expansão das linhas de transmissão, as restrições para envio de energia no SIN tendem a diminuir, aumentando a segurança energética e uniformizando o custo da energia no grid. O extenso sistema de transmissão do SIN pode ser justificado pelo fato de que as usinas hidrelétricas (que compõem grande parte da geração de energia elétrica no Brasil) estão instaladas, em sua maior parte, distantes dos centros de carga (VIEIRA, 2009, p. 1).

De acordo com o Guia do Empreendedor de Pequenas Centrais Hidrelétricas da ANEEL (2003, p. 89), todos os prestadores de serviço público de energia elétrica, independentemente de seu tamanho e de suas características técnicas, têm direito de utilizar as redes de transmissão para transportar energia desde os pontos de produção até os consumidores. Este direito é conhecido como Livre Acesso e foi estabelecido pela Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, que viabiliza a implantação da competição nos segmentos de geração e comercialização de energia elétrica (BRASIL, 1995).

O Guia (AGÊNCIA..., 2003, p. 89), informa que o Livre Acesso permite as transações de compra e venda de energia entre os produtores e consumidores, independentemente de suas localizações físicas. Desta forma, as redes elétricas de transmissão e distribuição funcionam como forma para a entrega de energia, tendo que executar uma função neutra e imparcial, estando disponíveis a quem quiser utilizá-las, desde que haja capacidade. O serviço de transporte de energia elétrica é prestado mediante a utilização de instalações e de recursos operacionais, sendo que os usuários deste serviço são os agentes produtores (concessionárias de serviços públicos de geração, produtores independentes e autoprodutores) e os agentes de consumo (consumidores livres e cativos) (AGÊNCIA..., 2003, p. 89). A conexão elétrica depende de distintos fatores, tais como: a capacidade instalada, a localização geográfica e o nível de tensão disponível na região (FILHO; ZANIN, 2008, p. 19).

Os empreendedores interessados em utilizar as redes elétricas para o transporte de energia devem implementar suas próprias instalações até o ponto de conexão com a rede. Além disso, eles necessitam encaminhar a solicitação ao ONS, quando tiverem a intenção de se conectar em uma subestação com tensão igual ou superior a 230 kV, ou à concessionária de distribuição local, quando pretenderem se conectar em uma subestação com tensão abaixo de 230 kV (AGÊNCIA..., 2003, p. 90). Contudo, o custo da conexão da PCH ao sistema elétrico pode, em alguns casos, inviabilizar um projeto, tendo em vista que os custos envolvidos podem chegar a representar 5% do custo total do empreendimento (FILHO; ZANIN, 2008, p. 18).

Segundo Gouvêa e Baggio (2012, p. 22), o total despendido em linhas de transmissão para uma PCH de potência instalada de 4 MW seria de aproximadamente R\$1.600.000,00, representando cerca de 6,7% do custo total do empreendimento. Em contrapartida, Moraes (2010, p. 70) estima que, o investimento neste ativo, para uma PCH com potência geradora de 24 MW, pode chegar a R\$2.841.000,00, o que representaria em torno de 3% do custo total. Porém, os maiores gastos são realizados pelas concessionárias responsáveis pela transmissão pelo SIN, que precisam investir em torres metálicas, cabos condutores, fundações, entre outros elementos.

Ribeiro (2014, p. 26), baseando-se no método de preços da ANEEL (2005), verifica que, o custo médio de uma LT de 100 metros varia de 79,4 a 86,9 milhões de reais, conforme a região na qual ela é instalada, sendo que o custo no Sul é o mais baixo e no Sudeste, o mais alto. Dos itens contabilizados pelo autor, um dos mais

caros foram os cabos condutores, que apresentaram um custo médio de 32,2 milhões de reais. Ribeiro (2014, p. 35) afirma ainda que,

[...] além do custo de projeto executivo, deve-se ter em mente que para que o projeto de linhas de transmissão seja sustentável financeiramente, é necessário considerar o valor presentes das perdas e a interferência do mesmo na escolha dos condutores por toda a vida útil da linha.

Apesar dos altos custos envolvidos na instalação das LTs, os investimentos em grandes linhas de transmissão de energia elétrica foram responsáveis pela elevação da capacidade de produção da indústria brasileira de fios e cabos de alumínio. O Brasil é considerado o oitavo maior produtor de alumínio primário e, diante do crescimento da demanda por fios e cabos, a capacidade instalada da indústria nacional passou de 135 mil toneladas por ano, em 2012, para 190 mil toneladas por ano, em 2014 (PORTOS E NAVIOS, 2014). Ademais, em 2013, a indústria brasileira de alumínio utilizou 124,6 mil trabalhadores, consistindo em mil trabalhadores a mais do que no ano anterior (ASSOCIAÇÃO..., 2014).

Além de poder ser integrado ao SIN, a energia gerada pelas PCHs pode ser também utilizada em sistemas isolados, nos quais a energia é consumida por apenas uma determinada localidade ou até mesmo por uma só indústria (NASCIMENTO JUNIOR; GOBFERT, 2010, p.16). Este tipo de consumo apresenta vantagens em relação à conexão de centros consumidores distantes do empreendimento, pois diminui as perdas técnicas de energia ocorridas na rede de transmissão (VERGÍLIO, 2012, p. 11). Smith (2004, p. 2068) afirma que, sistemas com longas linhas de transmissão e distribuição têm mais perdas do que sistemas com menores extensões, sendo que a qualidade das linhas e dos transformadores pode afetar a eficiência da transmissão e da distribuição.

Adicionalmente à possibilidade de fornecer energia as comunidades próximas, a transmissão por meio de LTs pode ser responsável pela geração de empregos diretos e renda na área de instalação. Em média, 710 empregos podem ser criados durante o período de pico das obras⁵⁹, sendo que a maior parte destes empregos não necessita de um alto nível de qualificação (EMPRESA..., 2013, p. 372). Conseqüentemente, tendo em vista, para o ano de 2015, está previsto que o SIN interligue mais estados das regiões Norte e Nordeste, além de ampliar a Rede

⁵⁹ A instalação de 169 LTs no país foram responsáveis pela geração de 120 mil empregos diretos durante o período de pico das obras.

Básica⁶⁰ existente em outras regiões (Figura 17), a possibilidade de contratação de mão-de-obra local pode estimular a economia da AIA (Área Indiretamente Afetada).

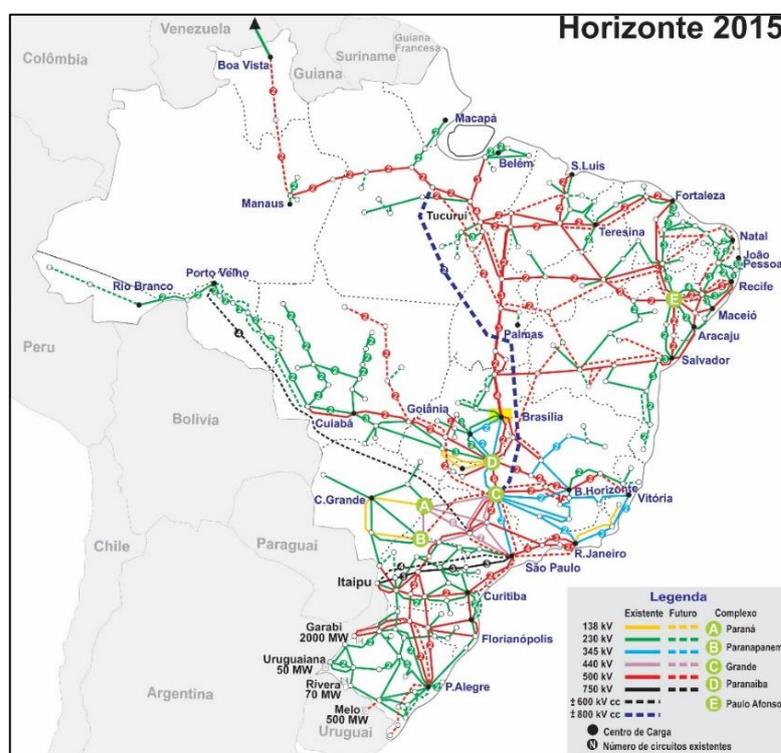


Figura 17 – Sistema de transmissão, existente e previsto - 2015
Fonte: Operador... (2015).

Apesar de serem capazes de transmitir energia tanto para grandes centros consumidores quanto para comunidades mais próximas do empreendimento, atuando como um vetor para o desenvolvimento das áreas mais isoladas, as linhas de transmissão (LTs), quando energizadas, tendem a provocar efeitos eletromagnéticos. Dentre os principais efeitos destacam-se: os campos elétrico e magnético; a rádio interferência; e ruído audível. Visando evitar riscos à segurança da linha, aos eventuais obstáculos existentes ao longo do seu traçado ou até mesmo a exposição humana a esses efeitos, faz-se necessário que essas linhas sejam instaladas dentro de uma área de terra, com uma largura definida, denominada faixa de segurança (SOUZA, 2012, p. 1; VERGÍLIO, 2012, p. 1).

⁶⁰ A Rede Básica do SIN compreende, além das LTs e equipamentos de subestação em tensão igual ou superior a 230 kV, as instalações de fronteira, compostas pelos transformadores de potência com tensão primária igual ou superior a 230 kV e tensões secundária e terciária inferiores a 230 kV, bem como as respectivas conexões e demais equipamentos ligados ao terciário (AGÊNCIA..., 2004, p. 2).

A faixa de segurança é a área de terreno que se estende ao longo de toda a LT. Ela é medida do centro da linha para os lados e pode ser de domínio ou de servidão. O primeiro tipo caracteriza-se pela aquisição, por parte do proprietário da linha, da área de terra atravessada pela LT. Já no segundo tipo, não ocorre aquisição da área da terra, sendo que o proprietário da terra continua dono da área, porém, ele passa a possuir restrições de uso. A compra ou não da faixa depende do nível de tensão da LT e do sistema de conexão, sendo que as LTs com tensões menores ou iguais a 138 kV, com conexão nas concessionárias de energia elétrica, tem faixa de domínio, enquanto que as LTs maiores ou iguais a 230 kV, com conexão no Sistema Interligado Nacional (SIN) possuem faixa de servidão (COMPANHIA..., 2012; SOUZA, 2012, p. 1).

As diretrizes para se calcular a largura da faixa de segurança de uma LT foram estabelecidas pela norma ABNT NBR 5422, intitulada “Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia”, de março de 1985. Já os limites máximos admissíveis para os efeitos eletromagnéticos (campo elétrico, campo magnético, ruído audível e rádio interferência) gerados pelas linhas de transmissão de energia elétrica com tensão igual ou maior que 230 kV, foram definidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), através dos Procedimentos de Rede do ONS, Submódulo 2.4, atualizado em 2010 (ASSOCIAÇÃO..., 1985; OPERADOR..., 2010).

Em 23 de março de 2010, foi regulamentado no Brasil, por meio da Resolução Normativa nº 398 da ANEEL, os limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos originários de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, na frequência de 60 Hz. De acordo com Souza (2012, p. 3), “essa regulamentação inicia a corrida pela conscientização das empresas projetistas de LT em se determinar a largura de faixa de segurança das linhas de transmissão”. Em 2014, a Resolução nº 398 foi alterada pela Resolução nº 616, aumentando os níveis de referência estabelecidos. Segundo a Resolução, os campos elétricos para o público em geral devem ser menores que 5 e 4,17 kV/m, para instalações de 50 e 60 Hz, respectivamente. Já o limite dos campos magnéticos deve ser de 200 μ T para o público em geral, e 1000 μ T para a população ocupacional (Tabela 11) (AGÊNCIA..., 2014, p. 3).

Tabela 11 – Níveis de Referência para campos elétricos e magnéticos, variantes no tempo, nas frequências de 50 e 60 Hz

	Instalações em 50 Hz		Instalações em 60 Hz	
	Campo elétrico (kV/m)	Campo magnético (μT)	Campo elétrico (kV/m)	Campo magnético (μT)
Público em geral	5,00	200,00	4,17	200,00
População Ocupacional	10,00	1.000,00	8,33	1.000,00

Fonte: Agência... (2014, p. 3).

Além de riscos de exposição humana a campos eletromagnéticos, a instalação das LTs resulta também em supressão da vegetação existente na área da faixa de segurança. A limpeza da faixa altera não apenas os aspectos da flora da região, mas também pode provocar modificações nas populações da fauna presentes na ADA e AID do empreendimento. Tais alterações resultam em mudanças na estrutura e na dinâmica do ecossistema (NASCIMENTO JUNIOR; GOPFERT, 2010, p. 56).

O procedimento de licenciamento e da regularização ambiental federal de sistemas de transmissão de energia elétrica encontra-se disposto na Portaria nº 421, de 26 de outubro de 2011, do Ministério do Meio Ambiente. Segundo a Portaria, o licenciamento pode ocorrer pelo procedimento simplificado, com base no Relatório Ambiental Simplificado (RAS), pelo procedimento ordinário, embasado no Relatório de Avaliação Ambiental (RAA), ou por meio do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) (MINISTÉRIO..., 2011). Sales (2011) destaca que,

[...] o licenciamento ambiental é considerado um dos maiores entraves na implantação das linhas de transmissão. Apesar do impacto ambiental das linhas ser relativamente baixo, a análise requerida para a obtenção do licenciamento ambiental é muito complexa por envolver longos trajetos que frequentemente atravessam diversos biomas em várias jurisdições.

Conseqüentemente, os empreendimentos são licitados com cronogramas apertados que não toleram atrasos ou contingências. Sales (2011) menciona que, ainda que o tempo médio para a obtenção da Licença Prévia (LP) seja de 17 meses, as LTs têm sido licitadas com prazo de 18 a 24 meses para entrar em operação, restando de 1 a 7 meses para a execução das obras. Com isso, a demora na concessão das licenças ambientais atrasa o cronograma da construção das linhas de transmissão, e prejudica o andamento dos projetos.

De acordo com Nascimento Junior e Gopfert (2010, p. 54), existem dois tipos de cortes para a implantação das LTs, a supressão total e a supressão parcial (seletiva). A supressão total varia de 3 a 10 metros e é definida na faixa de serviço da linha. Ela consiste na faixa necessária para o lançamento dos cabos e, algumas vezes, para o acesso às torres. Já a seletiva ocorre fora da faixa de serviço e garante a segurança do cabo e das estruturas energizadas. Ribeiro (2014, p. 19) afirma que o custo de limpeza da faixa varia conforme a região geográfica e é calculado pela multiplicação do custo por metro quadrado pela área da faixa de servidão.

Ademais, as LTs restringem ainda o uso da terra na área da faixa de servidão. Apesar de ser possível transitar livremente pela faixa, plantar e manejar pastagens para o gado, e fazer plantios convencionais de culturas que não sejam altas ou sujeitas a queimada, algumas atividades são proibidas. Dentre elas, destacam-se a construção de edificações, tanto para moradia quanto para lazer, o plantio de vegetação de grande porte, e o depósito de materiais inflamáveis ou combustíveis (CELG, 2010, p. 10; COMPANHIA..., 2012).

A Tabela 12 apresenta as larguras de faixa estabelecidas por companhias energéticas de três estados diferentes. Observa-se que o valor da largura da faixa varia de 12 a 60 metros em função do seu nível de tensão. A primeira companhia, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), determina as larguras de faixa de segurança para as linhas de transmissão de 69 a 500 kV, a partir de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Já a segunda, a Companhia Energética de Goiás (CELG), estabelece as larguras de faixa necessárias por meio da Especificação Técnica para Limitação do Uso de Faixa de Linhas de 69, 138 e 230 kV. E por último, a Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista (CETEEL) padroniza as larguras de faixa de segurança do estado de São Paulo, para os níveis de tensão de 69, 138 e 500 kV. Contudo, para as linhas de 230 e 345 kV, a empresa observa que há grandes variedades de largura de faixa, sendo necessário se conhecer o projeto da linha para se estabelecer a real largura (SOUZA, 2012, p. 6).

Tabela 12 – Largura da faixa de segurança, em metros, aplicada pela CEMIG, CELG e CETEEP

Companhias	Tensão (kV)				
	69	138	230	345	500
CEMIG	23	23	38	50	60
CELG	12	16	35	-	-
CETEEP	20	30	-	-	50

Fonte: Adaptado de Souza (2012, p. 7).

Além dos cuidados com o uso e ocupação da área, a limpeza da faixa de segurança, por parte das concessionárias, é essencial para o funcionamento das linhas, sendo que uma vegetação inadequada pode causar acidentes e afetar o fornecimento de energia. Em 2013, um incêndio ocorrido próximo a duas linhas de transmissão que interligam os sistemas Sudeste/Centro-oeste com o Nordeste, foi apontado como causa de um blecaute que atingiu nove estados do Nordeste brasileiro e totalizou um corte de carga de 10.900 MW (CRAIDE, 2013; O GLOBO, 2013).

Resumindo, embora as linhas de transmissão sejam importantes para a condução de energia elétrica no país, dificuldades em conseguir licenças ambientais e demora nos repasse de empréstimos têm causado atraso nas conclusões de empreendimentos, tal como o adiamento na entrega da LT de Tucuruí, que tem por objetivo acabar com o isolamento da energia na Amazônia (BOM DIA BRASIL, 2015). De acordo com o CBIE (2011, p. 37), apesar dos 42,5 mil quilômetros de linhas de transmissão que serão construídos até 2020 e dos 46,4 bilhões de reais que a EPE estima que serão investidos, os projetos de transmissão podem ser considerados os grandes gargalos do setor elétrico e ameaçam o futuro do abastecimento de energia no país.

Considerando o que foi apresentado anteriormente, o Quadro 19 contém o resumo dos principais limites e potencialidades verificados na terceira etapa da cadeia de produção das PCHs brasileiras.

Tipo	Itens identificados	Classificação
Limite	Custo de instalação das LTs	Tendo em vista as consequências deste limite, sua importância foi considerada baixa (B) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como possível (PO). Diante da sua incidência, sua temporalidade foi classificada como temporária (T), e seu efeito foi categorizado como de curto prazo (CP). Sua abrangência foi classificada como local (L).
	Risco de exposição humana a campos elétricos e magnéticos	No que tange ao risco de exposição humana aos campos eletromagnéticos, a sua importância foi considerada baixa (B), e com ocorrência certa (CT). Adicionalmente, sua duração foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como local (L).
	Restrição de uso da faixa de servidão	Considerando a área da faixa de servidão, este limite foi classificado de baixa importância (B), e com ocorrência certa (CT). Tendo em vista os riscos que os usos do solo podem apresentar as linhas, sua duração foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como local (L).
	Supressão da vegetação na faixa de segurança	Levando em consideração a área de supressão da vegetação, a importância deste limite foi enquadrada como média (M) e a probabilidade de sua ocorrência foi considerada certa (CT). Por causa dos riscos de queimada que a vegetação pode apresentar às linhas, sua temporalidade foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como local (L).
	Licenciamento ambiental	Tendo em vista a necessidade do licenciamento ambiental, sua importância foi considerada alta (A) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como certa (CT). Diante da sua incidência, sua temporalidade foi classificada como cíclica (C), e seu efeito foi categorizado como de curto prazo (CP). Sua abrangência foi classificada como local (L), pois refere-se especificamente às linhas de transmissão.
Potencialidade	Contribuição ao SIN	A importância desta potencialidade foi categorizada como baixa (M) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como possível (PO). Devido às características do SIN, sua temporalidade foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como regional (R).
	Livre acesso	Levando em consideração o direito de todos os prestadores de serviço público de energia elétrica de utilizar as redes de transmissão para transportar energia desde os pontos de produção até os consumidores, esta potencialidade foi classificada de média importância (M), e com ocorrência certa (CT). Ademais, sua duração foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).
	Indústria nacional de fios e cabos de alumínio em expansão	Considerando a situação atual da indústria nacional de fios e cabos de alumínio, esta potencialidade foi classificada de baixa importância (B), e com ocorrência certa (CT). Tendo em vista que ela depende do mercado, sua duração foi classificada como cíclica (C) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).
	Possível vetor de desenvolvimento regional	A importância desta potencialidade foi categorizada como média (M) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como possível (PO). Devido às características do desenvolvimento regional, sua temporalidade foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como regional (R).

Quadro 19 – Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na etapa de transmissão

Fonte: Autoria própria.

A quarta etapa da cadeia produtiva das PCHs no Brasil, a distribuição, é analisada no próximo subitem.

4.2.4 Etapa 4: Distribuição

A etapa de distribuição caracteriza-se como a atividade do setor elétrico dedicada à entrega de energia para o consumidor final. De maneira geral, o sistema de distribuição pode ser considerado como o conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam, normalmente, em tensões inferiores a 230 kV, incluindo os sistemas de baixa tensão (AGÊNCIA..., 2015). Da mesma forma que ocorre com o sistema de transmissão, a distribuição também é composta por fios condutores, transformadores e equipamentos diversos de medição, controle e proteção das redes elétricas. Entretanto, o sistema de distribuição é mais ramificado, pois precisa atender todos os seus consumidores (ASSOCIAÇÃO..., 2015).

Nas redes de transmissão, após deixar a usina, a energia elétrica trafega em tensão que varia de 88 kV a 750 kV. Quando chega às subestações das distribuidoras, a tensão é rebaixada e, por meio de um sistema composto por fios, postes e transformadores, alcançando a unidade final em 127 V ou 220 V. Além disso, existem algumas unidades industriais que operam com tensões mais elevadas (de 2,3 kV a 88 kV) em suas linhas de produção e recebem energia elétrica diretamente da subestação da distribuidora (NASCIMENTO JUNIOR; GOPFERT, 2010, p. 25).

No Brasil, até o início da década de 1990, as empresas de energia eram verticalizadas e não havia separação dos negócios da cadeia produtiva, ou seja, as companhias podiam exercer ao mesmo tempo as atividades de geração, transmissão, distribuição e/ou comercialização. Porém, diante de problemas enfrentados pelo setor, tal como a crise de abastecimento ocorrida em 2001, o governo optou por realizar uma reforma setorial, visando introduzir a competição e aumentar a participação da iniciativa privada na expansão da capacidade instalada (VIEIRA, 2009, p. 12).

Atualmente, segundo a ANEEL (2015), o país possui 63 concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica, além de um conjunto de permissionárias, que consistem em cooperativas de eletrificação rural que passaram pelo processo de enquadramento como permissionária de serviço público de distribuição de energia elétrica. As condições gerais de contratação do acesso, compreendendo o uso e a conexão, ao sistema de distribuição de energia, encontram-se dispostas na Resolução ANEEL nº 281, 01 de outubro de 1999.

De acordo com a legislação, os geradores, neste estudo caracterizados pelas PCHs, que quiserem acessar as redes de serviço público de transmissão e distribuição devem implementar suas próprias instalações até o ponto de conexão com a rede. Essas instalações, bem como os pontos de conexão, são estabelecidas nos próprios atos autorizativos ou nos contratos de concessão, após definidas pelo planejamento setorial. Os contratos de uso do sistema de transmissão e de distribuição especificam, em MW, os montantes de uso associados ao ponto de conexão, ou seja, a potência máxima demandada ou injetada no ponto. Sobre esses montantes é aplicada a tarifa de uso de sistema de transmissão (TUST) ou a tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) (AGÊNCIA..., 2005, p. 22). A relação entre os agentes operadores e os agentes consumidores do setor brasileiro de energia, pode ser observada na Figura 18.

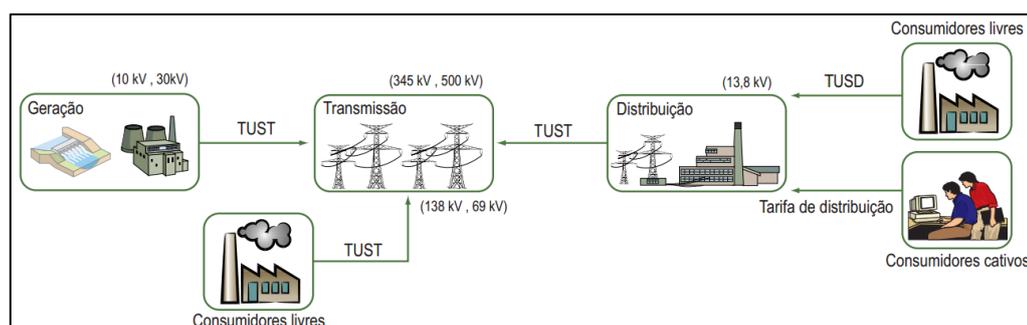


Figura 18 – Relação entre agentes e consumidores
Fonte: Agência... (2008, p. 23).

A Lei nº 10.438/2002 estipula um percentual de redução não inferior a 50% a ser aplicado a TUST e a TUSD, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada. Leão (2008, p. 72) afirma que, a TUSD é calculada com base no atendimento a um público indistinto, sendo única para cada nível de tensão da distribuidora. Conforme Moraes (2010, p. 74), os gastos anuais com o TUSD, para uma PCH com potência geradora de 24 MW, seriam de 556 mil reais (a preços de 2010), o que corresponderia a quase 5% das despesas operacionais no primeiro ano de funcionamento da PCH.

Com o aumento da geração de energia pelas PCHs, e os investimentos na rede de distribuição (cabos, postes, transformadores, subestações, entre outros equipamentos) pelas concessionárias e permissionárias, a eletricidade tende a atingir as residências, comércios e indústrias, estando disponível para quem tiver interesse

em utilizá-la (VIEIRA, 2011, p. 9). Segundo Fugimoto (2005, p. 140), no período de 1950 a 2000, enquanto que o número de domicílios cresceu cerca de 34,7 milhões, o número de domicílios atendidos com energia elétrica cresceu em torno de 40 milhões, o que representa um incremento médio de 1 milhão de ligações acima do crescimento no número de domicílios, a cada 10 anos. Ademais, de acordo com a ANEEL (2015), a quantidade de Unidades Consumidoras (UCs)⁶¹ no país passou de 52,4 milhões, em maio de 2003, para 75,5 milhões, em maio de 2014, apresentando um crescimento de 44,3% no período (Gráfico 11).

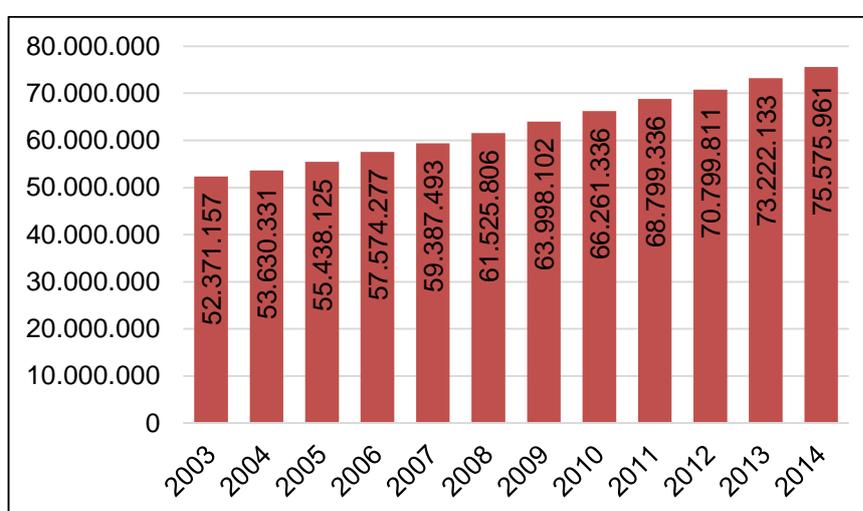


Gráfico 11 – Evolução no número de Unidades Consumidoras no Brasil – 2003 a 2014
 Fonte: Agência... (2015).

Entretanto, não apenas a oferta do serviço público de distribuição de energia deve ser considerada pelas distribuidoras, mas também a questão da desigualdade desta distribuição. Conforme o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) (2011), 75% da população mais pobre do mundo utiliza apenas 10% da oferta global, sendo que 85% das pessoas sem acesso ao recurso vivem em áreas rurais. Ademais, em 2010, cerca de 16,9% da população mundial ainda não tinha acesso à energia elétrica (THE WORLD BANK, 2015). Diante deste cenário, alguns esforços vêm sendo realizados em todo o mundo visando o acesso universal à eletricidade. De 2001 a 2011, o PNUD ajudou países a investir mais de US\$ 2,5 bilhões em projetos que levaram energia sustentável a 10 milhões de pessoas em todo o mundo (PROGRAMA DAS NAÇÕES..., 2011).

⁶¹ Segundo a ABRADÉE (2015) as UCs correspondem, “ao conjunto de instalações ou equipamentos elétricos caracterizados pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor”.

Já no Brasil, apesar da obrigatoriedade das concessionárias de participarem dos programas governamentais de universalização, o atendimento à população rural não apresentou avanço até o início do século XXI. As empresas privadas apoiavam-se no princípio do equilíbrio econômico-financeiro para não realizar os investimentos necessários. Conforme Pereira et al. (2005, p. 33), do ponto de vista financeiro, a eletrificação rural não é vantajosa para as concessionárias devido as características intrínsecas do mercado, tais como o baixo consumo e a pequena capacidade de pagamento dos consumidores rurais.

Visando reverter esta situação, a ANEEL instituiu metas de universalização para as concessionárias distribuidoras de energia elétrica para todos os municípios do país segundo suas áreas de concessão, tendo como base institucional a Lei nº 10.438/2002 (NADAUD, 2012, p. 25). A Figura 19 ilustra a taxa de eletrificação dos domicílios brasileiros, isto é, a proporção de domicílios com energia elétrica, segundo informações do Censo Demográfico de 2010. Verifica-se que as áreas com os menores índices estão localizadas no Norte do país, enquanto que as de maior índice situam-se no Sudeste.

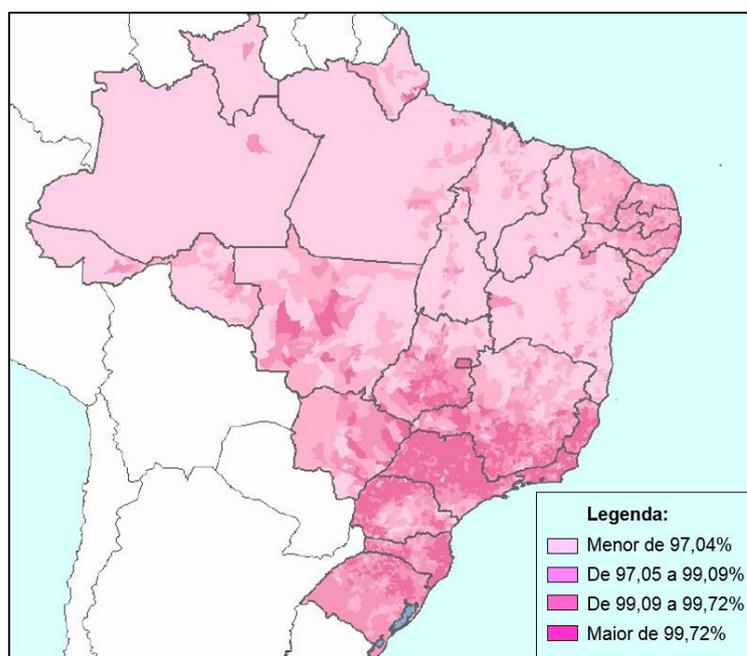


Figura 19 – Taxa de eletrificação domiciliar, por município – 2010
Fonte: Instituto Brasileiro... (2010).

Segundo Pereira et al. (2005, p. 32), cerca de 12 milhões de brasileiros não têm acesso à energia elétrica, sendo que aproximadamente 83% destes cidadãos

moram na área rural. Os autores (2005, p. 32) destacam que, “a ausência de acesso a fontes modernas de energia agrava a pobreza, especialmente no campo, onde as oportunidades são escassas, tornando o homem do campo impotente diante de sua exclusão social”. Ademais, a falta de energia em uma sociedade resulta em assimetrias sociais nas condições e qualidade de vida, tais como: a permanência da pobreza; a falta de oportunidade para o crescimento; e o fluxo migratório para as grandes cidades (PEREIRA et al., 2005, p. 43).

Levando em consideração que as PCHs normalmente se localizam longe dos grandes centros consumidores, as suas ligações com as redes rurais de distribuição podem auxiliar na promoção do desenvolvimento de comunidades isoladas. Um estudo realizado por Pereira et al. (2005, p. 44), verificou que após a implementação do Programa Luz no Campo⁶² em propriedades rurais situadas na área de concessão da Empresa Energética de Mato Grosso do Sul (ENERSUL), o perfil de consumo das famílias sofreu alteração. Com base nos dados levantados, observou-se que o gasto percentual mensal de energia elétrica passou de 0% na fase *ex-ante*, para 32,5% na fase *ex-post*. Ademais, houve aumento na aquisição de pelo menos um eletrodoméstico, sendo que 29% das propriedades declararam possuir na fase *ex-ante* pelo menos um eletrodoméstico⁶³ e na fase *ex-post*, foram 93%. Porém, Vieira (2011, p. 24) afirma que, o custo médio de energização nas áreas isoladas pode chegar a ser 212% maior do que em localidades mais próximas à rede de distribuição, demandando desta forma altos investimentos.

Além do aumento na quantidade de UCs atendidas e da redução na desigualdade geográfica da distribuição, as distribuidoras devem se preocupar também com a qualidade dos serviços prestados. De acordo com a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, que dispõe sobre o regime de concessão e permissão dos serviços públicos, “toda a concessão ou permissão pressupõe a prestação de serviço adequado ao pleno atendimento dos usuários” (BRASIL, 1995).

Cyrillo (2011, p. 43) destaca que, a qualidade do serviço relaciona-se com a continuidade de fornecimento, visando, garantir a tensão adequada sem interrupções,

⁶² O Programa Nacional de Eletrificação Rural Luz no Campo foi criado pelo Decreto Presidencial, de 2 de dezembro de 1999, com o objetivo de eletrificar um milhão de propriedades rurais até 2002 (FUGIMOTO, 2005, p. 38).

⁶³ As propriedades que possuíam eletrodomésticos na fase *ex-ante* não tinham energia elétrica. Segundo Pereira et al. (2005, p. 35), elas dependiam de geradores e motores a óleo diesel para utilizar seus eletrodomésticos.

e na ocorrência destas, atuar de forma a minimizar o seu tempo de ocorrência. Estas interrupções podem ser resultado de falhas no sistema (geração, transmissão e distribuição) ou de atividades de manutenção programada. O autor (2011, p. 45) também observa que, os problemas de qualidade, além de impactar negativamente os consumidores, quando os mesmos têm prejuízos ocasionados pelas faltas no sistema, também oneram as distribuidoras, quando estas devem indenizar os consumidores prejudicados, seja por meio de multas ou ressarcimentos por danos.

Para supervisionar a qualidade dos serviços de energia elétrica são utilizados indicadores técnicos de qualidade, tais como o indicador de Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor (DEC) e de Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor (FEC). O primeiro, DEC, exprime o intervalo de tempo que, em média, cada consumidor do conjunto considerado ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período de observação, considerando-se as interrupções maiores ou iguais a 3 (três) minutos. Já o segundo, FEC, corresponde ao número de interrupções que, em média, cada consumidor do conjunto considerado sofreu no período de observação, considerando-se as interrupções maiores ou iguais a 3 (três) minutos (AGÊNCIA..., 1999, p. 3).

Visando manter a qualidade na prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica, a ANEEL exige que as concessionárias mantenham um padrão de continuidade e, para tal, edita limites para os indicadores DEC e FEC. Estes indicadores são apurados pelas distribuidoras e enviados para a ANEEL para verificação da continuidade do serviço prestado, representando o tempo e o número de vezes que uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica (AGÊNCIA..., 2015).

Conforme dados retirados da ANEEL (2015), a média nacional do indicador DEC, em 2013, foi de 18,19 horas. Apesar de ter diminuído se comparado ao valor de 2012 (18,7hrs), ainda continua acima do DEC limite, o qual foi de 15,29hrs (Gráfico 12). Já a média nacional do indicador FEC diminuiu no período de 2005 a 2013, passando de 12,42 interrupções para 10,52, permanecendo abaixo do FEC limite, de 12,51 interrupções (Gráfico 13). Diante deste cenário, observa-se que por mais que a duração da interrupção do fornecimento de energia no país tenha aumentado, a frequência destas interrupções diminuiu.

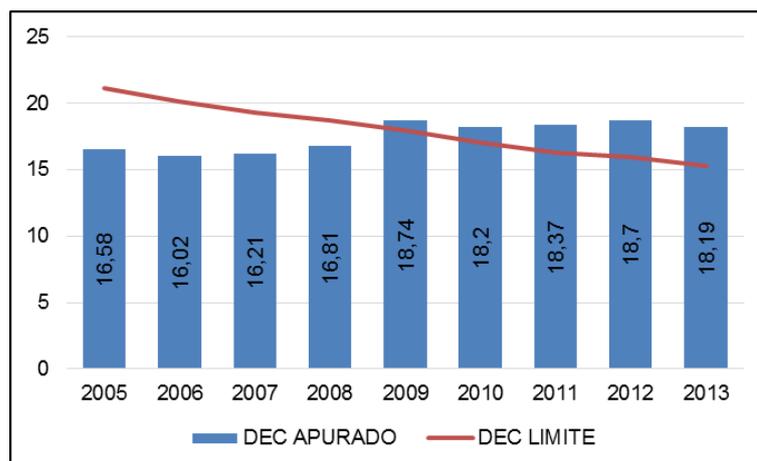


Gráfico 12 – Evolução do índice DEC, em horas – 2005 a 2013
Fonte: Adaptado de Agência... (2014).

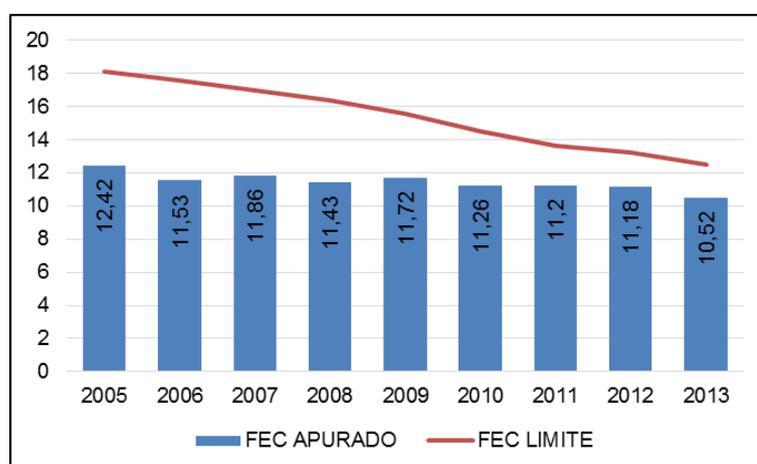


Gráfico 13 – Evolução do índice FEC, em número de interrupções – 2005 a 2013
Fonte: Adaptado de Agência... (2014).

De acordo com a ABRADÉE (2015), o setor de distribuição investiu, em 2014, cerca de 12,3 bilhões de reais em compra de novos equipamentos, treinamento de pessoal, expansão da rede, entre outros. Ghirardi et al. (2002, p. 60) afirmam que, os indicadores DEC e FEC podem fornecer, no longo prazo, indicações da eficácia dos investimentos da empresa na melhoria da qualidade dos serviços. Adicionalmente, Cyrillo (2011, p. 76) observa que, os índices de qualidade melhoram com o aumento de investimentos, no entanto há um limite técnico para o qual o aumento de investimentos não resulta em melhora significativa da qualidade da energia.

Segundo o estudo realizado por Cyrillo (2011, p. 76), para atingir um valor de DEC menor que 8 horas por ano, no período de 4 anos, seria necessário 100 milhões de reais de valor presente de investimentos em um horizonte de 10 anos. Porém, o autor (2011, p. 85) afirma que, as reduções dos valores de DEC apresentam um crescimento marginal decrescente em relação ao aumento dos valores presentes de

orçamento. Cyrillo (2011, p. 85) observa que, enquanto que um aumento de valor presente de 70 para 75 milhões de reais resulta em uma redução do DEC de 1,48h/ano, um aumento de valor presente de 120 para 125 milhões de reais, gera uma redução do DEC de apenas 0,32h/ano.

Outro fator competitivo importante que as concessionárias de distribuição de energia elétrica de países emergentes enfrentam é a perda de receita causada por perdas de energia não técnicas. Estas perdas, também chamadas de perdas comerciais, podem ser ocasionadas por equipamentos defeituosos, por erros de leitura e erros de processamento. Entretanto, as principais causas destas perdas são as fraudes e os furtos de energia (HERNANDES JUNIOR et al., 2013 p. 48).

Smith (2004, p. 2067) destaca que, a perda dos rendimentos, associada ao roubo de energia, pode resultar em escassez de recursos para investimentos na capacidade do sistema de energia, e em uma necessidade de expandir a capacidade de geração. O autor ainda afirma que, apesar de não ser possível o sistema de energia ser 100% seguro de furtos, alguns sistemas, em países mais afetados, estão perto de falência.

A média percentual das perdas comerciais no mundo aumentaram de 11,69% para 16,22%, no período de 1980 a 2000. No que diz respeito as regiões, especificamente, apenas três áreas apresentaram redução das perdas: a Europa Ocidental; a América do Norte; e o leste da Ásia/Australásia⁶⁴. Já a região que teve o maior aumento foi a Europa Oriental, que passou de 9,68% para 18,18%. Porém, o Sul da Ásia ainda possui o maior percentual de perdas, com 27,55% (Tabela 13) (SMITH, 2004, p. 2071).

Tabela 13 – Perdas comerciais, por região – 1980 e 2000

Regiões	Países	Perda comercial (%)		Mudança no % de 1980 para 2000
		1980	2000	
Europa Ocidental	17	7,71	7,56	(-)0,15
Europa Oriental	24	9,68	18,18	(+)8,5
Oriente Médio, Norte da África	11	11,18	19,63	(+)8,45
África	11	14,6	19,95	(+)5,35
América do Norte	3	9,67	9,38	(-)0,29
América do Sul	9	13	17,23	(+)4,23
América Central, Caribe	9	15,5	21,68	(+)6,18
Sul da Ásia	5	25,2	27,55	(+)2,35
Sudeste da Ásia	7	12,14	13,32	(+)1,18
Leste da Ásia, Australásia	6	8,67	7,65	(-)1,02
Total	102	11,69	16,22	(+)4,54

Fonte: Adaptado de Smith (2004, p. 2071).

⁶⁴ Australásia é a região que inclui a Austrália, a Nova Zelândia, a Nova Guiné e algumas ilhas menores da parte oriental da Indonésia.

No Brasil, em termos monetários, em 2007, os custos das perdas não técnicas chegaram a aproximadamente US\$ 20 bilhões, cerca de 15% do total de energia distribuída no país (HERNANDES JUNIOR et al., 2013 p. 48). Segundo Resende (2013), no Espírito Santo, na área de concessão da Espírito Santo Centrais Elétricas S.A (EDP Escelsa), a empresa contabiliza uma perda comercial de cerca de 17% no ano de 2013, o que poderia chegar a um prejuízo de R\$ 48 milhões ao ano.

Contudo, as perdas de receitas não afetam apenas o caixa das empresas distribuidoras, levando em consideração que os prejuízos por conta das irregularidades são repassados aos consumidores. Na Manaus Energia, por exemplo, as perdas comerciais representam 17,46% da tarifa da distribuidora, cujo valor chega aos R\$ 214,92/MWh, enquanto que na concessionária Ceron de Rondônia, o valor das perdas comerciais chega a R\$ 43,47/MWh (Tabela 14) (ORTEGA, 2008, p. 36).

Tabela 14 – Impacto das perdas nas tarifas de energia em 10 distribuidoras brasileiras

Empresa	Tarifa média (R\$/MWh)	Perdas Comerciais (R\$/MWh)	Perdas Tarifa (%)
Eletrobrás Amazonas Energia	214,92	37,53	17,46
Eletrobrás Distribuição Rondônia (CERON)	275,49	43,47	15,78
Light Serviços de Eletricidade	186,01	20,76	11,16
Ampla Energia e Serviços	253,23	26,45	10,45
Companhia de Eletrificação do Ceará (COELCE)	229,35	15,28	6,66
Companhia Energética de Pernambuco (CELPE)	181,84	11,55	6,35
Centrais Elétricas do Pará (CELPA)	230,67	14,16	6,14
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA)	219,31	13,43	6,12
Rio Grande Energia (RGE)	234,33	13,65	5,82
Empresa Energética Sergipe (ENERGIPE)	186,92	10,79	5,77

Fonte: Adaptado de Ortega (2008, p. 36).

Além dos custos econômicos, o furto de energia pode gerar a interrupção do fornecimento de energia e colocar em risco a vida das pessoas, através de incêndios e choques elétricos. Segundo a empresa Light (2013), desde 2001, 444 pessoas faleceram ao fazer uma ligação clandestina. Ortega (2008, p. 23) destaca que, a ausência de arranjos institucionais que permitam o efetivo combate as perdas dificulta sua gestão pelas concessionárias, tendo em vista que a Resolução da ANEEL n° 414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as condições do fornecimento de energia elétrica, não contempla todos os instrumentos necessários à redução das perdas.

O principal método utilizado pelas empresas distribuidoras para combater as perdas comerciais é a realização de inspeções nos consumidores. Estas inspeções têm a finalidade de detectar fraudes, furtos ou outras irregularidades, tais como

equipamentos manipulados ou defeituosos. Após a fiscalização, o cliente é classificado em uma das três categorias: fraudador (quando é comprovada fraude nos medidores ou furto por ligações clandestinas); irregularidade técnica (quando é comprovado algum tipo de irregularidade, normalmente associado ao medidor de energia); ou normal (quando nada é comprovado). Entretanto, o elevado número de consumidores⁶⁵ dificulta a inspeção e torna o processo muito caro. Como resultado, o número de fraudes detectadas na inspeção é geralmente baixo comparado com o número total de inspeções (ORTEGA, 2008, p. 22; REIS et al., 2009, p. 127).

Diante desta situação, têm sido realizados estudos para identificar as melhores formas de lidar com estas perdas. Reis et al. (2009, p. 127) utilizaram o Sistema de Identificação de Fraudes e Erros de Medição (SIFEM) para detectar anormalidades de consumo e defendem que o SIFEM pode ser considerado um produto de sucesso, pois combate um problema real das concessionárias. Já Hernandez Junior et al. (2013 p. 48), desenvolveram um processo baseado em um dispositivo de medição que é instalado nas conexões do ramal de entrada cliente. Segundo os autores (2013 p. 48), o medidor produz uma leitura aproximada de consumo de energia do cliente durante um período amostral e este valor é comparado com a leitura regular do medidor de energia do cliente para o mesmo período.

Entretanto, de acordo com Smith (2004, p. 2075), o furto de energia, em suas diversas formas, pode ser reduzido e mantido sob controle apenas pela ação forte e assertiva de organizações do setor de energia. O autor (2004, p. 2075) afirma que, uma vez que um alto nível de furto de energia está relacionado com a corrupção, a estratégia de ação não pode limitar-se a perspectivas técnicas e gerenciais e deve apresentar uma abordagem multidisciplinar. Ademais, em uma cultura que a corrupção é um modo de vida, o roubo de energia elétrica pode ser reduzido a níveis médios através de métodos técnicos, porém, reduzir a taxa de furto de energia drasticamente consiste em uma batalha difícil enquanto a corrupção existir.

Baseando-se nas informações apresentadas anteriormente, o Quadro 20 contém um resumo dos principais gargalos e potencialidades identificados na quarta etapa da cadeia de produção das PCHs no país.

⁶⁵ A empresa Light do Rio de Janeiro, por exemplo, atende em torno de 4 milhões de clientes em 31 municípios do Estado (EMPRESA LIGHT, 2015).

Tipo	Itens identificados	Classificação
Limite	Desigualdade de distribuição	Tendo em vista as consequências deste limite, sua importância foi considerada alta (A) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como certa (CT). Diante da sua incidência, sua temporalidade foi classificada como cíclica (C), porém devido aos esforços para universalizar o acesso à energia elétrica, seu efeito foi categorizado como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).
	Perdas não técnicas de energia	Levando em consideração a relevância das perdas não técnicas para a cadeia produtiva das PCHs, a importância deste limite foi enquadrada como média (M) e a probabilidade de sua ocorrência foi considerada possível (PO). Por causa da dificuldade em inspecionar os consumidores, sua temporalidade foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).
Potencialidade	Possível vetor de desenvolvimento regional	A importância desta potencialidade foi categorizada como média (M) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como possível (PO). Devido às características do desenvolvimento regional, sua temporalidade foi classificada como permanente (P) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência foi classificada como regional (R).
	Melhoria na qualidade dos serviços	Considerando a qualidade dos serviços de distribuição de energia, esta potencialidade foi classificada de baixa importância (B), e com ocorrência possível (PO). Tendo em vista que ela depende de investimentos no setor, sua duração foi classificada como temporária (T) e seu efeito como de longo prazo (LP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).

Quadro 20 – Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na etapa de distribuição

Fonte: Autoria própria.

4.2.5 Etapa 5: Comercialização

Segundo a ANEEL (2003, p. 13), a atividade de comercialização constitui-se em uma forma de permitir a intermediação, ou a venda direta, aos consumidores e distribuidores, tendo por objetivo flexibilizar e dar efetividade ao mercado competitivo de energia elétrica. No Brasil, o Governo estabeleceu em 2004 um novo marco regulatório buscando revitalizar o setor, sendo que, conforme disposto na Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, a instituição responsável por viabilizar as atividades de comercialização de energia elétrica e zelar pelo funcionamento do mercado, é a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) (BRASIL, 2004).

O Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro, disciplinado pelo Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, tem como principais objetivos: garantir a segurança de suprimento de energia elétrica; promover a modicidade tarifária; e promover a inserção social no Setor Elétrico, em particular pelos programas de universalização de atendimento (BRASIL, 2004). Moraes (2010, p. 41) afirma que, o Sistema Elétrico Brasileiro se utiliza de duas regras básicas no que tange a

comercialização: todo consumo de energia no sistema deve estar 100% coberto por contratos de energia; e os contratos de compra e venda bilaterais devem ter um lastro físico de geração capaz de produzir o montante de energia contratada de maneira sustentável.

O setor elétrico nacional possui dois ambientes de contratação de energia: o Ambiente de Contratação Livre (ACL); e Ambiente de Contratação Regulada (ACR). O primeiro permite a compra da energia diretamente do produtor de energia ou de um agente intermediário, por meio de contratos bilaterais, onde prevalece a livre negociação de preço, qualidade e demanda. Os contratos, registrados pela CCEE, podem ser de curto, médio e longo prazo, sendo que este ambiente promove a liquidação financeira do mercado de curto prazo. Já no segundo, são realizados leilões públicos para a contratação de energia. Esta contratação é formalizada através de contratos bilaterais regulados, denominados Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR), celebrados entre agentes vendedores (comercializadores, geradores, produtores independentes ou autoprodutores) e compradores (distribuidores). Neste ambiente, os contratos estabelecidos são de longo prazo, sendo a CCEE é responsável por operacionalizar os leilões, enquanto que a ANEEL é encarregada de realizá-los (FERREIRA, 2013, p. 6; CENTRO..., 2015). A Figura 20 ilustra os ambientes de contratação de energia no país.

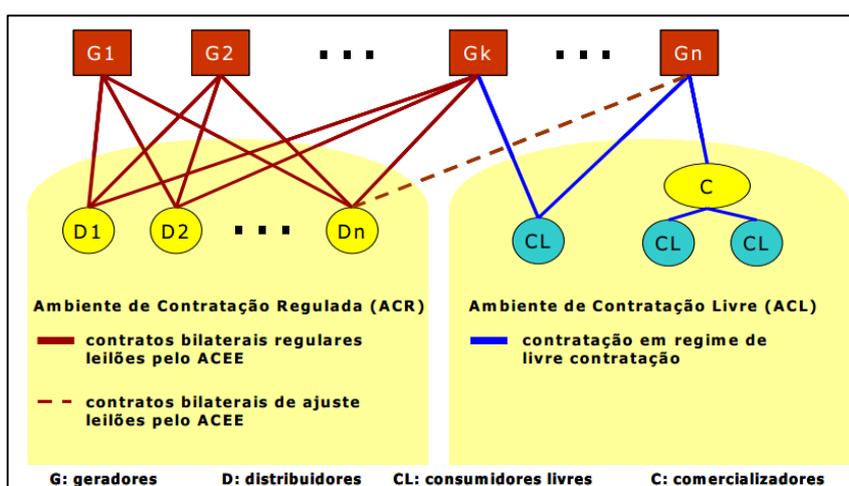


Figura 20 – Visão geral das relações contratuais
 Fonte: MINISTÉRIO... (2003, p. 31).

No ACR, o MME determina a data dos leilões, que são realizados pela ANEEL e pela CCEE. O preço-teto para o MWh a ser ofertado é fixado por meio de portarias,

de acordo com a fonte da energia. Como as geradoras entram em “pool” (ou seja, a oferta não é individualizada), a prioridade é concedida ao vendedor que pratica o menor preço, sendo que os valores máximos devem ser iguais ou inferiores ao preço-teto (AGÊNCIA..., 2008, p. 19).

Os leilões são divididos em duas modalidades principais: energia existente e energia nova. A primeira diz respeito à produção das usinas já em operação e os volumes contratados são entregues em um prazo menor (um ano). A segunda, corresponde à produção de empreendimentos em processo de leilão das concessões e de usinas que já foram outorgadas pela ANEEL e estão em fase de planejamento ou construção. Neste caso, o prazo de entrega geralmente é de três ou cinco anos. Além deles, existe os leilões de ajuste e os leilões de reserva. Nos leilões de ajuste, as distribuidoras complementam o volume necessário ao atendimento do mercado (visto que as compras de longo prazo são realizadas com base em projeções), desde que ele não supere 1% do volume total. Nos leilões de reserva, o objeto de contratação é a produção de usinas que entrarão em operação apenas em caso de escassez da produção das usinas convencionais (AGÊNCIA..., 2008, p. 19).

Desde 2004, a CCEE organizou mais de 20 leilões por delegação e sob coordenação da ANEEL. Destes, pelo menos dois estavam voltados para o aumento da participação de fontes renováveis da matriz nacional e à sua diversificação. Em junho de 2007 foi realizado o primeiro leilão de fontes alternativas, e o segundo aconteceu em agosto de 2010.

O primeiro, inicialmente empolgou os agentes do setor pela convocação de leilão específico para fontes biomassa, PCH e eólica, porém, não teve os resultados esperados. A maior frustração do leilão coube às PCHs, que comercializaram apenas 6% da energia inicialmente cadastrada. Além das dificuldades em se obter as licenças ambientais, o preço-teto foi o maior responsável pelo resultado, tendo em vista que quando o leilão foi anunciado, 77 projetos de PCHs foram cadastrados, contudo, após a divulgação do preço-teto de R\$ 135,00/MWh, apenas 25% depositou garantia de participação para pré-qualificação (REGO, 2012, p. 96).

Três anos depois, no segundo leilão de fontes alternativas e no terceiro leilão de energia de reserva, esta situação foi verificada novamente. A EPE recebeu o cadastro de 478 projetos, totalizando 14.529 MW, distribuídos da seguinte forma: eólica com 10.569 MW (72,7%), biomassa com 3.706 MW (25,5%) e PCH com 255

MW (1,8%). Destes, foram habilitados 10.745 MW para o leilão de reserva e 10.415 para o leilão de fontes alternativas, com a fonte eólica tendo participações de 76% e 80%, respectivamente. Com base no Gráfico 14, observa-se que as PCHs perderam espaço nos leilões de fonte alternativa, sendo que enquanto que a sua participação relativa passou de 28% para menos de 3%, de 2007 a 2010, a participação da fonte eólica elevou-se de 39% para 80%.

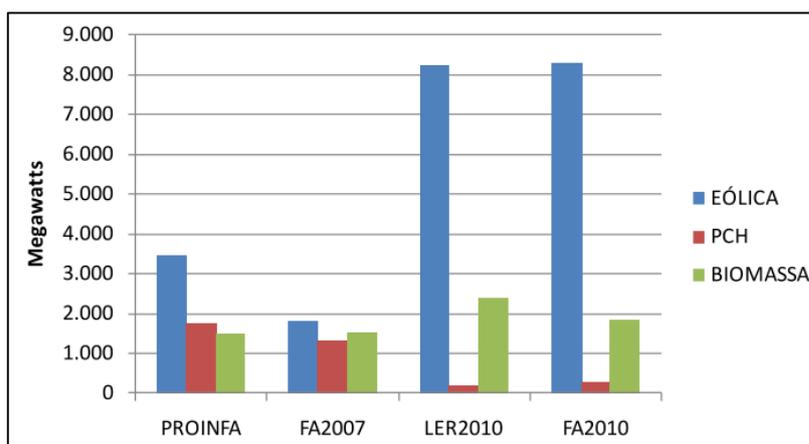


Gráfico 14 – Participação das fontes eólica, biomassa e PCH nos leilões específicos do ACR

Fonte: Rego (2012, p. 121).

Nota: FA2007: leilão de fontes alternativas de 2007; LER2010: leilão de energia de reserva de 2010; FA2010: leilão de fontes alternativas de 2010.

De acordo com Rego (2012, p. 121), o número reduzido de projetos de PCH disponíveis para o leilão do ACR é resultado das barreiras enfrentadas por essa fonte no processo de licenciamento ambiental e da sobrecarga de trabalho da ANEEL, com o trâmite de mais de 2.500 estudos de aproveitamentos hidrelétricos. Ademais, o baixo preço praticado no ambiente regulado fez com que houvesse direcionamento desses projetos ao atendimento exclusivo do mercado livre.

Rego (2012, p. 160) afirma que, quando comparados os resultados da chamada pública do PROINFA com os leilões do ACR, é possível verificar que quando o preço adotado é adequado, não ocorre frustração de contratação. Ou seja, ainda que o valor do contrato do PROINFA, de R\$185,00/MWh (a preços de dezembro de 2011), tenha sido apenas 11% superior à média dos preços-tetos dos leilões do ACR, que era de R\$157,00/MWh (a preços de dezembro de 2011), foram contratados 281% mais energia do que os 14 leilões somados. O Gráfico 15 apresenta a evolução da energia contratada no PROINFA e nos leilões, assim como a evolução do preço-teto estabelecido.

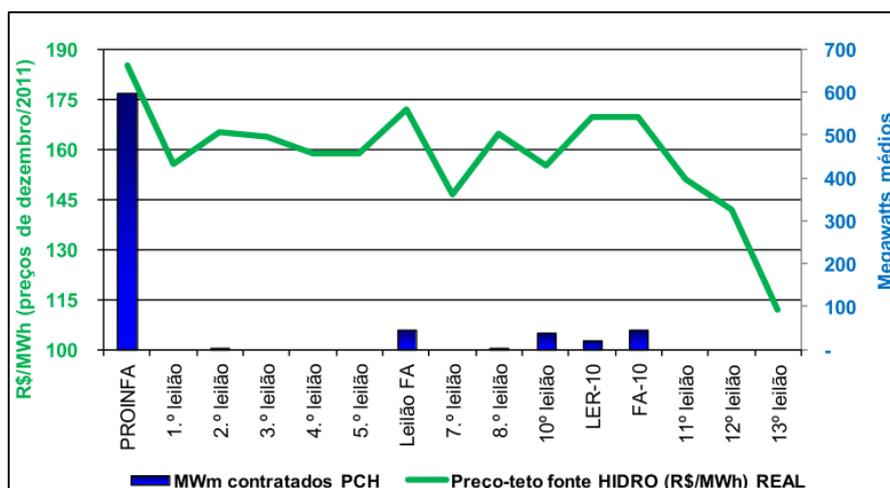


Gráfico 15 – Energia contratada e preço-teto das PCHs, no PROINFA e nos leilões do ACR
 Fonte: Rego (2012, p. 160).

Pimentel (2012, p. 107) explica que, a baixa participação das PCHs nos leilões em comparação com as outras fontes, tal como a eólica, pode ser justificada pelo fato de que, enquanto que o preço da geração eólica, impulsionado por fatores como excedente de oferta de equipamentos e incentivos financeiros, alcançou os R\$100,00/MWh, as PCHs, que contam com tecnologia já extensivamente maturada, apresentam custos acima do patamar de competitividade dos leilões. Rego (2012, p. 118) defende que, “preços-teto baixos desestimulam novos entrantes, reduzem a competição e, conseqüentemente, a eficiência econômica do mecanismo de leilão”.

Além do preço-teto baixo no ACR, as PCHs podem enfrentar dificuldades na venda de energia para consumidores livres no ACL. Isto porque o contrato firmado pode resultar em exposições extremamente negativas no volátil mercado de curto prazo para o gerador, caso este tenha uma produção de energia menor que seu compromisso de entrega ao consumidor, fato comum no período seco do ano (FONSECA, 2009, p. 16). O mercado do curto prazo (*spot*) é o ambiente onde são liquidadas as diferenças (positivas ou negativas) entre os montantes de energia contratados e os efetivamente consumidos ou produzidos pelos agentes (Figura 21) (MORAES, 2010, p. 43; TATEMOTO, 2013, p. 13).

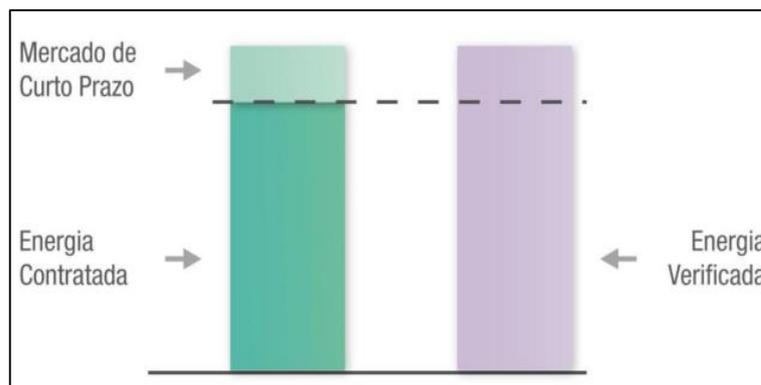


Figura 21 – Energia comercializada no Mercado de Curto Prazo

Fonte: Moraes (2010, p. 44).

A liquidação das diferenças é realizada mensalmente e tem como base o Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), o qual reflete o custo marginal de operação, sendo que os valores máximos e mínimos são determinados pela ANEEL⁶⁶ (TATEMOTO, 2013, p. 13). Neste mercado, os agentes que tiverem um consumo menor do que efetivamente contrataram, receberão essa diferença valorada ao PLD. Da mesma forma, o agente que consome um montante maior do que contratou, deve pagar a energia adicional valorada ao PLD (CUBEROS, 2008, p. 24).

Em sistemas com predominância hidroelétrica, na maior parte do tempo há excedentes de energia, o que implica em preços *spot* muito baixos. Por outro lado, se um período muito seco ocorre, os preços podem aumentar drasticamente, e até chegar ao custo de racionamento do sistema. Fonseca (2009, p. 36) destaca que, devido aos reservatórios terem grande capacidade de armazenamento, os períodos de baixo custo acontecem com frequência e geralmente duram muito tempo, porém, são intercalados por curtos períodos de custos elevados, causados pela seca.

No que tange às PCHs, tendo em vista que o Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) é predominantemente hidroelétrico, há uma correlação negativa entre o nível do PLD e o montante de energia produzida pela usina, o que potencializa a sua exposição financeira ao PLD (FONSECA, 2009, p. 41). Levando em consideração que, desde 2012, o Brasil tem enfrentado condições hidrológicas desfavoráveis, reduzindo a oferta de energia hidráulica, a ANEEL, visando estimular o consumo racional, reduziu o valor máximo do PDL de R\$822,83/MWh, em 2014, para R\$388,48/MWh, em 2015,

⁶⁶ O valor máximo do PLD é determinado com base no custo variável de operação da geração térmica mais cara disponível para participar do despacho centralizado. Já o valor mínimo do PLD é definido pela ANEEL, contemplando os custos da operação e a manutenção das usinas hidrelétricas e as compensações financeiras pelo uso dos recursos hídricos (TATEMOTO, 2013, p. 14).

e elevou seu piso de R\$15,62/MWh para R\$30,26/MWh (GOY, 2014). O Gráfico 16 apresenta a evolução do PLD no período de 2000 a 2014. Nota-se que os anos com preços baixos correspondem às condições hidrológicas favoráveis, enquanto que os com preços altos, correspondem às secas.

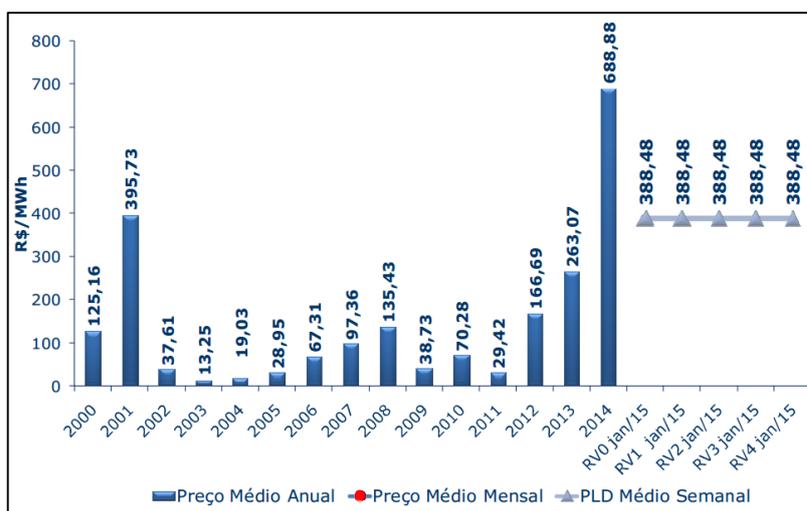


Gráfico 16 – Evolução do PLD no Sudeste/Centro-oeste (em R\$/MWh) – 2000 a 2014
 Fonte: Câmara... (2015, p. 1).

Diante da volatilidade do mercado, como forma de mitigar parte dos riscos hidrológicos, as PCHs podem optar pela participação no Mecanismo de Realocação de Energia (MRE). Este dispositivo visa compartilhar os riscos que afetam os agentes de geração e busca garantir a otimização dos recursos hidrelétricos do SIN. De acordo com a CCEE (2015), o MRE realoca contabilmente a energia, transferindo o excedente daqueles que geraram além de sua garantia física para aqueles que geraram abaixo.

Para que a PCH possa aderir ao MRE, ela deve requerer ao MME o cálculo de sua garantia física, a partir do histórico de vazões médias mensais num período mínimo de 30 anos e dos dados físicos do empreendimento. O valor de garantia física⁶⁷ computado valerá para o cálculo de realocação de energia no MRE (PIMENTEL, 2012, p. 107). O Gráfico 17 mostra um exemplo de geração de uma determinada usina, onde, entre os meses de abril e outubro, a empresa estaria recebendo energia do MRE e nos demais meses, doando.

⁶⁷ Corresponde à geração média referida ao ponto de entrega do subsistema geotérmico em que se encontra a usina.

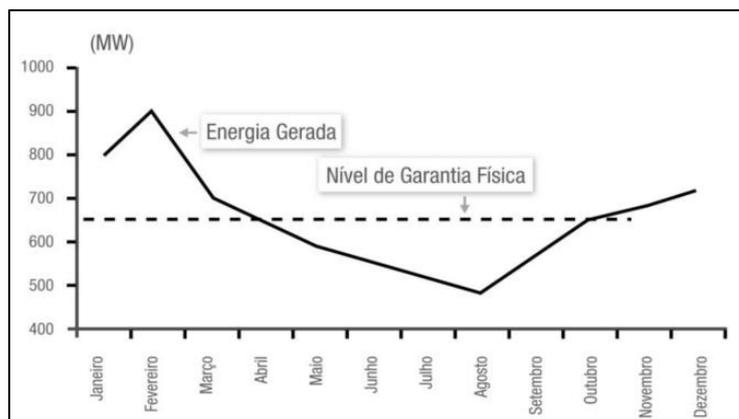


Gráfico 17 – Gráfico de energia gerada e garantia física
Fonte: Moraes (2010, p. 46).

Por meio do mecanismo (gerenciado mensalmente pela CCEE), a geração total do grupo é realocada entre os participantes de maneira a atribuir a cada um deles sua parcela de garantia física ainda quando a geração verificada no local não seja suficiente para isso. A troca de energia entre os participantes do grupo é feita pela Tarifa de Otimização (TEO), fixada pela Aneel (PIMENTEL, 2012, p. 107). A TEO fixada para o ano de 2014 era de R\$10,54/MWh, já para 2015 é de R\$11,25/MWh (AGÊNCIA..., 2013; 2014).

Todavia, a participação no MRE não elimina totalmente os riscos de exposição ao preço de curto prazo. Em caso de condições hidrológicas extremamente severas afetarem o sistema como um todo, todas as usinas participantes do MRE irão consequentemente produzir um montante de energia abaixo de sua Garantia Física. Consequentemente, elas receberão um montante de créditos de energia inferiores a sua Garantia Física (FONSECA, 2009, p. 43).

O Gráfico 18 apresenta a distribuição típica da Receita Líquida Anual na CCEE de uma PCH participante do MRE de 30 MW de Potência Instalada e Garantia Física de 16,5 MW médio, que vende toda sua Garantia Física através de um contrato de fornecimento firme de energia. Observa-se que há uma probabilidade de cerca de 7,5% da PCH ter prejuízo na CCEE e que este prejuízo pode chegar a até 20 milhões de reais. Este valor equivale a receita que a PCH conseguiria caso ela tivesse negociado seu contrato a um preço de R\$140,00/MWh. Ou seja, caso a PCH vendesse sua energia a R\$140,00/MWh, haveria possibilidade dela perder toda esta receita devido ao prejuízo ocorrido na CCEE, resultado de um cenário onde ela recebeu uma quantidade insuficiente de créditos de energia para honrar seu

compromisso e teve que comprar essa energia no mercado de curto prazo (por exemplo na CCEE).

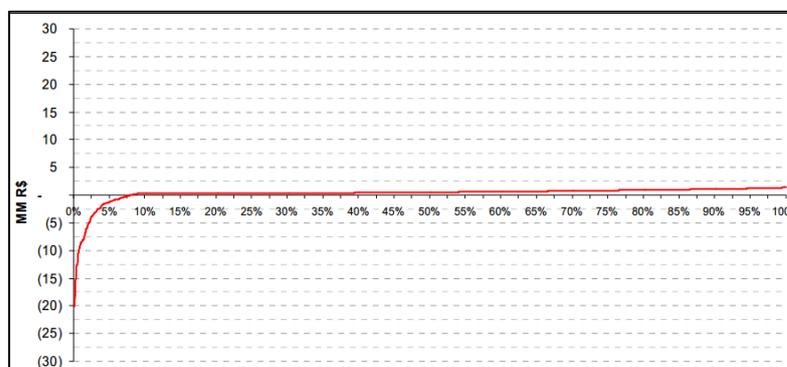


Gráfico 18 – Distribuição da Receita Líquida de uma PCH no MRE, em milhões
Fonte: Fonseca (2009, p. 43).

Diante desta situação, mesmo participando do MRE, as PCHs podem considerar arriscado vender energia para consumidores livres de maneira individual. Isso incentiva esses geradores a procurar maneiras alternativas de comercializar sua energia no ACL. Conforme Rego (2012, p. 72), no ACL participam grandes consumidores que têm estrutura para escolher seu próprio fornecedor de energia elétrica, discutir preços e condições contratuais e, com isso, obter as vantagens oferecidas por um mercado de livre competição.

No mercado livre, a energia contratada pode ser convencional ou incentivada. A energia convencional é proveniente de fontes como usinas térmicas a gás ou grandes hidroelétricas. Já a energia incentivada foi estabelecida pelo Governo para estimular a expansão de geradores de fontes renováveis limitados a 30 MW de potência, tal como as PCHs. Para esses geradores serem mais competitivos, o comprador da energia proveniente deles, recebe descontos de até 50% na TUSD (MERCADO LIVRE DE ENERGIA, 2015).

A compra e venda de energia incentivada, regulamentada pela Resolução Normativa nº 247, de 21 de dezembro de 2006, contempla preços livremente negociados entre as partes e é formalizada por meio de Contratos de Compra e Venda de Energia Incentivada (CCEIs). De acordo com a Resolução, o CCEI é celebrado entre o agente gerador incentivado e o consumidor especial⁶⁸ (BRASIL, 2006; TATEMOTO, 2013, p. 2).

⁶⁸ Conforme a Resolução Normativa nº 247, de 21 de dezembro de 2006, o agente gerador incentivado é definido como titular de concessão, permissão ou autorização do Poder Concedente para gerar

Apesar dos contratos bilaterais no ACL protegerem os geradores contra os riscos de preço baixo, eles introduzem um risco de quantidade. Isso se dá porque, como esses contratos geralmente alocam no gerador a obrigação de entrega de energia, caso este não produza energia suficiente para atender o montante contratado, ele deverá então comprar energia no mercado de curto prazo para cumprir sua obrigação contratual, possivelmente a um preço alto. No caso das PCHs, esse risco é potencializado por causa da característica sazonal de seu perfil de geração. Como os consumidores livres, de maneira geral, procuram contratos de fornecimento de montantes constantes de energia ao longo do ano, a sazonalidade característica dessas usinas resulta em riscos de exposição financeira ao PLD (FONSECA, 2009, p. 40).

Adicionalmente, os pequenos geradores, na sua maioria, não têm corpo técnico especializado no setor elétrico, nem na comercialização de energia. Conseqüentemente, eles não têm *know-how* em venda de energia e não conseguem mensurar os riscos que influenciam na formação de preço do seu produto, tais como o risco regulatório, de crédito, de exposição ao PLD e de exposição a penalidades. Januário (2007, p. 78) observa que, uma solução para este problema seria a utilização de agentes já existentes no mercado, as comercializadoras de energia, como facilitadores nas transações contratuais. A autora (2007, p. 79) destaca que, “tal solução implicaria em uma redução dos riscos associados ao processo, uma vez que diminuiria as incertezas quanto à geração, promoveria um ganho de escala e transferiria a comercialização para agentes que possuem experiência”.

Tatemoto (2013, p. 126) afirma que, uma outra forma de mitigar o risco de comercialização da energia incentivada, seria através de “*hedge*” contratual entre fontes incentivadas. Segundo a autora (2013, p. 126), quando duas usinas comercializam energia em conjunto, tais como uma PCH com uma usina eólica ou uma PCH com uma termelétrica a biomassa, obtém-se um retorno financeiro maior do que quando a comercialização é realizada de forma isolada.

energia elétrica. Já o consumidor especial é o consumidor responsável por unidade consumidora ou conjunto de unidades consumidoras do Grupo “A”, integrante(s) do mesmo submercado no SIN, reunidas por comunhão de interesses de fato ou de direito, cuja carga seja maior ou igual a 500 kW (BRASIL, 2006)

Com base no que foi exposto anteriormente, o Quadro 21 apresenta uma síntese dos principais limites e potencialidades identificados na quinta etapa da cadeia produtiva das PCHs no Brasil.

Tipo	Itens identificados	Classificação
Limite	Volatilidade no mercado de curto prazo	A sua importância foi considerada média (M) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como certa (CT). Devido à volatilidade do mercado, sua temporalidade foi classificada como cíclica (C) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).
	Preço-teto baixo praticado no ACR	Levando em consideração a relevância do preço-teto para os leilões de energia, a importância deste limite foi enquadrada como alta (A) e a probabilidade de sua ocorrência foi considerada certa (CT). Por causa das características do ACR, sua temporalidade foi classificada como cíclica (C) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).
Potencialidade	Mecanismo de Realocação de Energia	A importância desta potencialidade foi categorizada como média (M) e a probabilidade de sua ocorrência foi enquadrada como certa (CT). Devido às características do mercado, sua temporalidade foi classificada como cíclica (C) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).
	Energia incentivada	Considerando o mercado de energia, esta potencialidade foi classificada de média importância (M), e com ocorrência certa (CT). Tendo em vista que ela depende da sazonalidade das usinas, sua duração foi classificada como temporária (T) e seu efeito como de curto prazo (CP). Sua abrangência vai além da dimensão local e regional, sendo classificada como estratégica (E).

Quadro 21 – Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na etapa de comercialização

Fonte: Autoria própria.

O item a seguir apresenta os critérios para análise dos limites e potencialidades identificados na cadeia de produção.

4.3 ÍNDICE DE SIGNIFICÂNCIA DOS LIMITES E POTENCIALIDADES

Levando em consideração que cada etapa da cadeia produtiva possui características específicas, a tentativa de analisar individualmente a significância de cada um dos itens torna-se um trabalho que vai além do escopo deste estudo. Desta forma, os limites e potencialidades identificados nesta pesquisa foram classificados com base nos critérios apresentados no Capítulo 3 (importância, probabilidade, temporalidade, efeito e abrangência). Em seguida, os índices atribuídos a cada critério foram multiplicados, resultando no Índice de Significância (IS). Os resultados encontram-se condensados na Tabela 15 e na Tabela 16.

Tabela 15 – Classificação dos limites da cadeia produtiva das PCHs no Brasil, segundo critérios estabelecidos, e os seus respectivos Índices de Significância (IS)

Etapa	Nº	Limite	I	O	T	E	A	IS					
Recurso Natural	1	Licenciamento Ambiental	A	3	CT	2	P	3	LP	2	R	2	72
	2	Fragmentação de habitats	M	2	CT	2	P	3	LP	2	L	1	24
	3	Supressão da vegetação	M	2	CT	2	P	3	CP	1	L	1	12
	4	Aumento na emissão de CO ₂ e CH ₄	B	1	PO	1	P	3	CP	1	E	3	9
	5	Perda de heranças históricas e culturais	M	2	PO	1	P	3	LP	2	L	1	12
	6	Reassentamentos dos moradores e reorganização social	A	3	PO	1	P	3	LP	2	L	1	18
	7	Comprometimento de determinadas atividades produtivas	M	2	PO	1	P	3	LP	2	L	1	12
Geração	8	Deterioração da qualidade da água superficial	M	2	PO	1	C	2	LP	2	R	2	16
	9	Interferência na migração e reprodução da ictiofauna continental	A	3	CT	2	C	2	LP	2	R	2	48
	10	Comprometimento da atividade pesqueira	M	2	PO	1	C	2	LP	2	R	2	16
	11	Risco de rompimento da barragem	B	1	PO	1	T	1	LP	2	L	1	2
	12	Custo elevado de instalação das LTs	B	1	PO	1	T	1	CP	1	E	3	3
Transmissão	13	Risco de exposição humana a campos elétricos e magnéticos	B	1	CT	2	P	3	LP	2	L	1	12
	14	Restrição de uso da faixa de servidão	B	1	CT	2	P	3	LP	2	L	1	12
	15	Supressão da vegetação na faixa de segurança	M	2	CT	2	P	3	LP	2	L	1	24
Distribuição	16	Licenciamento ambiental	A	3	CT	2	C	2	CP	1	L	1	12
	17	Desigualdade de distribuição	A	3	CT	2	C	2	CP	1	E	3	36
	18	Perdas não técnicas de energia	M	2	PO	1	P	3	CP	1	E	3	18
Comercialização	19	Volatilidade no mercado de curto prazo	M	2	CT	2	C	2	CP	1	E	3	24
	20	Preço-teto baixo praticado no ACR	A	3	CT	2	C	2	CP	1	E	3	36

Fonte: Autoria própria.

Nota: I: importância; P: probabilidade; T: temporalidade; E: efeito; A: abrangência; IS: índice de significância; B: baixa; M: moderada; A: alta; CT: certo, ou certeza de ocorrência; PO: ocorrência possível, apesar de incerta; T: temporário; C: cíclico; P: permanente; CP: curto prazo; LP: longo prazo; L: local; R: regional; E: estratégico.

Tabela 16 – Classificação das potencialidades da cadeia produtiva das PCHs no Brasil, segundo critérios estabelecidos, e os seus respectivos Índices de Significância (IS)

Etapa	Nº	Potencialidades	I	P	T	E	A	IS					
Recurso Natural	1	Política Nacional sobre Mudança do Clima	M	2	CT	2	T	1	LP	2	E	3	24
	2	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	M	2	CT	2	C	2	CP	1	E	3	24
	3	Potencial hidrelétrico das bacias hidrográficas	A	3	CT	2	P	3	CP	1	E	3	54
	4	Formação da Área de Preservação Permanente	M	2	CT	2	P	3	LP	2	L	1	24
	5	Geração de emprego (direto, indireto e de efeito-renda) e renda temporários	A	3	PO	1	T	1	CP	1	R	2	6
	6	Possibilidade de usos múltiplos integrados	M	2	PO	1	P	3	LP	2	R	2	24
Geração	7	Atenuação de cheias	M	2	PO	1	C	2	LP	2	L	1	8
	8	Possível vetor de desenvolvimento regional	A	3	PO	1	P	3	LP	2	R	2	36
	9	Consolidação dos fabricantes de turbinas e geradores	A	3	CT	2	P	3	CP	1	E	3	54
Transmissão	10	Contribuição ao SIN	B	1	PO	1	P	3	LP	2	E	3	18
	11	Livre acesso	M	2	CT	2	P	3	CP	1	E	3	36
	12	Indústria nacional de fios e cabos de alumínio em expansão	B	1	CT	2	C	2	CP	1	E	3	12
Distribuição	13	Possível vetor de desenvolvimento regional	M	2	PO	1	P	3	LP	2	R	2	24
	14	Possível vetor de desenvolvimento regional	M	2	PO	1	P	3	LP	2	R	2	24
	15	Melhoria na qualidade dos serviços	B	1	PO	1	T	1	LP	2	E	3	6
Comercialização	16	Mecanismo de Realocação de Energia	M	2	CT	2	C	2	CP	1	E	3	24
	17	Energia incentivada	M	2	CT	2	T	1	CP	1	E	3	12

Fonte: Autoria própria.

Nota: I: importância; P: probabilidade; T: temporalidade; E: efeito; A: abrangência; IS: índice de significância; B: baixa; M: moderada; A: alta; CT: certo, ou certeza de ocorrência; PO: ocorrência possível, apesar de incerta; T: temporário; C: cíclico; P: permanente; CP: curto prazo; LP: longo prazo; L: local; R: regional; E: estratégico.

Para facilitar a visualização das informações, os resultados da avaliação de cada um destes aspectos encontram-se sintetizados no Gráfico 19 e no Gráfico 20 (os picos correspondem aos limites/potencialidades com os maiores valores do IS).

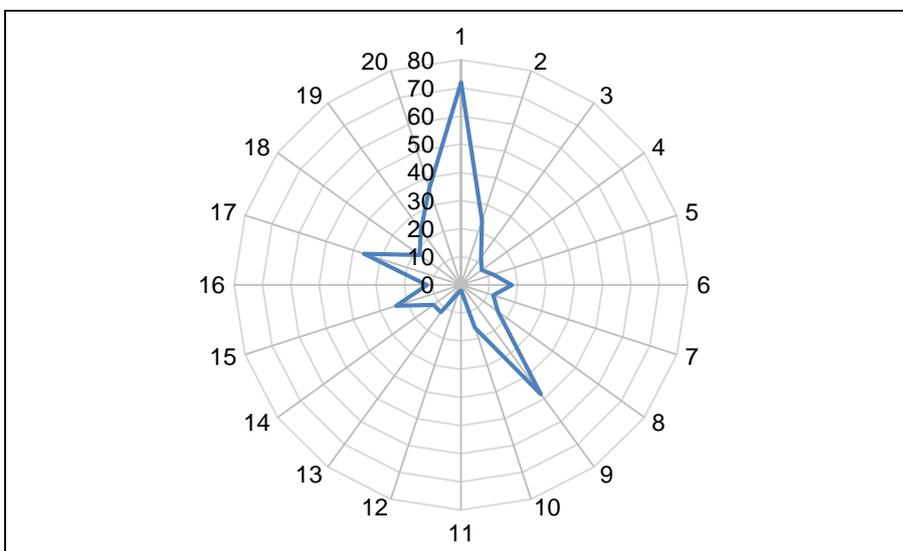


Gráfico 19 – Radar limites

Fonte: Autoria própria.

Nota: Os números de 1 a 20 referem-se aos limites dispostos na Tabela 15.

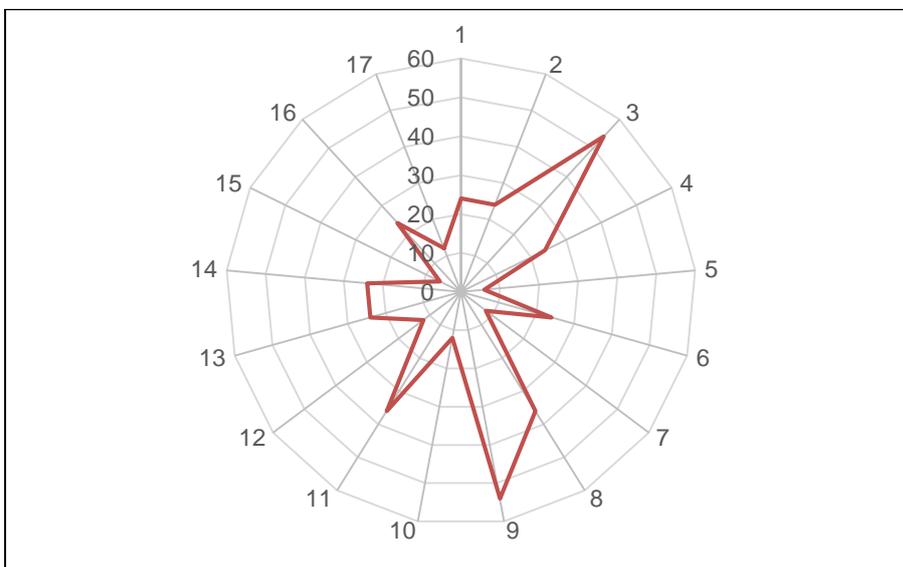


Gráfico 20 – Radar potencialidades

Fonte: Autoria própria.

Nota: Os números de 1 a 17 referem-se as potencialidades apresentadas na Tabela 16.

Todos os limites e potencialidades identificados neste trabalho apresentam algum nível de significância para o desenvolvimento da cadeia produtiva das PCHs no Brasil. Entretanto, alguns foram considerados mais significativos que outros, com base nos valores dos seus ISs. De todos os limites e potencialidades mapeados, 40%

foram classificados como pouco significativos, 38% como significativos e 22% como muito significativos.

Os limites muito significativos, ou seja, aqueles com o valor do IS igual ou superior a 36, foram quatro: Licenciamento Ambiental; Interferência na migração e reprodução da ictiofauna continental; Desigualdade de distribuição; e Preço-teto baixo praticado no ACR. Já as potencialidades classificadas como muito significativas foram quatro também: Potencial hidrelétrico das bacias hidrográficas; Possível vetor de desenvolvimento regional; Consolidação dos fabricantes de turbinas e geradores; e Livre acesso. Visando auxiliar no entendimento dos fatores que podem exercer a maior influência no nível de desenvolvimento das PCHs no Brasil, serão abordados a seguir os gargalos e potencialidades enquadrados como muito significativos.

O licenciamento ambiental apresentou o maior valor do IS e foi identificado como um dos principais gargalos da cadeia produtiva das PCHs. Embora seja extremamente relevante, não apenas para instrumentalizar a gestão ambiental, mas também para buscar a harmonia entre o desenvolvimento socioeconômico com a proteção do meio ambiente, a demora na análise dos relatórios e na emissão das licenças, por parte dos órgãos ambientais responsáveis, devido ao significativo volume de solicitações, tem gerado atrasos nos inícios das obras. Além dos desvios no planejamento de implantação e entrega das usinas, os atrasos no cronograma decorrentes de questões que não dependem do empreendedor, elevam os riscos do negócio, e, por conseguinte, desestimulam a participação de investidores.

Diante deste cenário, sugere-se que, para reduzir a significância deste gargalo, o sistema de licenciamento ambiental seja modernizado, visando a melhoria da capacidade de atuação e resposta dos órgãos ambientais. Complementarmente, aconselha-se, também, a realização prévia de diagnósticos ambientais de bacias hidrográficas, mediante parcerias com entidades do setor elétrico, com o objetivo de fornecer maior conhecimento sobre as áreas de influência dos projetos de geração de energia elétrica.

Outro limite enquadrado como muito significativo foi a interferência na migração e reprodução da ictiofauna continental causada pelo represamento dos rios devido à ameaça de conservação da fauna de peixes. Além disso, a sinergia existente entre a alteração no processo migratório e a modificação na qualidade da água superficial, pode vir a comprometer a atividade pesqueira de populações ribeirinhas,

afetando a qualidade de vida destas pessoas. Apesar de existirem formas de minimizar este impacto negativo, tais como a construção de mecanismos de transposição e de repulsão de peixes, estudos apontam que não é possível aplicar um método generalizado para todos os empreendimentos. Conseqüentemente, os mecanismos utilizados devem ser adaptados para cada tipo de usina.

Uma forma de tentar reduzir a sua significância, seria através de levantamentos mais aprofundados da ictiofauna da região afetada, além da instalação de turbinas que apresentem baixa taxa de mortalidade dos peixes que passarem por elas. Ademais, seria interessante o desenvolvimento de programas que incentivem a pesca consciente entre os pescadores locais.

Já a desigualdade da distribuição de energia no país, apesar de não estar diretamente relacionada às PCHs, também foi considerada um limite muito significativo, tendo em vista que a falta de energia em uma sociedade resulta em assimetrias sociais nas condições de vida. Adicionalmente, a ausência de eletricidade em comunidades rurais, causada, por um lado, pela vasta extensão do território brasileiro, e, por outro lado, pelo desinteresse das concessionárias de energia em investir na eletrificação rural, pode vir a aumentar o fluxo migratório para as grandes cidades, e pressionar os serviços públicos urbanos.

Entretanto, este limite pode ser mitigado pela potencialidade das PCHs atuarem como vetores de desenvolvimento regional. Desta forma, apesar de mais de 500 mil domicílios rurais no Brasil ainda não terem acesso à eletricidade, a localização das usinas, muitas vezes próximas às comunidades isoladas, não apenas facilita o acesso à energia elétrica gerada, mas também diminui as perdas do sistema e reduz os custos do empreendedor com linhas de transmissão. Ademais, o livre acesso às redes de transmissão e distribuição, também considerada uma potencialidade muito significativa, permite transações de compra e venda de energia entre os produtores e consumidores, independentemente de suas localizações físicas. Desta maneira, todos os prestadores de serviço público de energia elétrica, independentemente de seu tamanho e de suas características técnicas, têm direito de utilizar as redes de transmissão para transportar energia desde os pontos de produção até os consumidores.

Tendo como base que, a criação de programas governamentais que visam universalizar o fornecimento de energia, tal como o Luz no Campo, têm auxiliado na

eletrificação de áreas rurais, as PCHs podem contribuir com o SIN e atuar como instrumentos para garantir a universalização do serviço público de energia elétrica. Adicionalmente, as PCHs podem, ainda, estimular o mercado local, por meio da possibilidade de geração de emprego e renda temporários.

Outro gargalo considerado muito significativo foi o baixo valor do preço-teto das PCHs praticado nos leilões do ACR, pois, além de desestimular os agentes do setor, que acabam direcionando seus projetos ao atendimento exclusivo do mercado livre, também reduz a competição no ambiente regulado. Conseqüentemente, para incitar a participação no ACR seria necessária a adoção de preços-teto adequados, que considerem os custos reais envolvidos, tal como o valor do contrato do PROINFA, e, possivelmente a realização de leilões específicos para cada tipo de fonte, diante da dificuldade das PCHs em competirem com os baixos preços das outras fontes de energia.

Já no que tange o potencial hidrelétrico das bacias hidrográficas brasileiras, apesar da crise no sistema hidrológico do país desde 2012, que tem prejudicado não apenas o abastecimento de água, mas também o fornecimento de energia, ele é considerado uma das potencialidades mais significativas da cadeia. A sua significância está diretamente relacionada com o fato das PCHs dependerem fundamentalmente da disponibilidade de água para funcionar.

Levando em consideração que o potencial brasileiro é de aproximadamente 260 GW, considerado um dos maiores do mundo, e que apenas 31% é efetivamente aproveitado, verifica-se que ainda há espaço para o desenvolvimento de novas usinas hidrelétricas no Brasil. Contudo, para aumentar a significância desta potencialidade, propõem-se a elaboração de estudos de inventário mais detalhados, tendo em vista que estes estudos, muitas vezes, não consideram locais com pequenos potenciais, deixando de analisar sítios atraentes para as usinas de pequeno porte.

Por fim, a consolidação dos fabricantes nacionais de turbinas e geradores foi enquadrada também uma potencialidade muito significativa, diante da não necessidade de importação de equipamentos de outros países. Ademais, além da compra de produtos manufaturados no país estimular o mercado nacional, a tecnologia utilizada nas hidrelétricas é considerada madura e consolidada, facilitando o domínio tecnológico. Apesar do mercado estar apto para fornecer quase a totalidade dos equipamentos para PCHs, caso haja aumento na quantidade demandada devido

a instalação de novos empreendimentos, seria preciso verificar a capacidade de produção destes fabricantes.

O próximo capítulo apresenta as considerações finais da dissertação, abordando o atendimento aos objetivos definidos para a pesquisa e as possíveis contribuições geradas por esta. Ademais, são apresentadas as limitações da pesquisa e apontadas sugestões para a realização de trabalhos futuros, relacionados à temática do trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados e nas análises realizadas no Capítulo 4 observa-se que, apesar da cadeia de produção das PCHs possuir diversos gargalos que podem interferir com a instalação de novas usinas, este tipo de empreendimento ainda constitui-se como uma opção viável para a diversificação da matriz energética nacional. A construção de PCHs no país de forma sustentável pode contribuir para o desenvolvimento de comunidades isoladas, sem que grandes áreas sejam alagadas e muitas pessoas tenham que ser reassentadas, além de contribuir com o Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN).

Adicionalmente, é possível concluir que a cadeia produtiva das PCHs no Brasil contém diversos gargalos e potencialidades que, ao contexto das dimensões ambientais, sociais, econômicas e institucionais, interagem diferentemente com o setor de energia. Apesar de alguns fatores serem mais significativos do que outros, a atribuição da significância depende da percepção do principal agente envolvido, ou seja, enquanto que para um agente o gargalo mais significativo é o licenciamento ambiental, para outro, como por exemplo os donos das terras que serão alagadas, pode ser o comprometimento das suas atividades produtivas.

Desta forma, para tornar o setor mais competitivo, frente as outras fontes de energia e ao mercado, são necessários alguns esforços para reduzir os impactos socioambientais negativos decorrentes da instalação das PCHs, tais como a redução de áreas alagadas e de famílias reassentadas. Ademais, é preciso resolver, ainda, alguns aspectos legais e técnicos relacionados com o meio ambiente e a comercialização de energia, os procedimentos para interligação à rede, e avançar no conhecimento dos usos múltiplos das águas. Por fim, seria interessante, também, o aprofundamento nos estudos de inventário, especialmente em bacias de médio e pequeno portes.

No que diz respeito ao atendimento dos objetivos da pesquisa, conforme apresentado no capítulo introdutório, no subitem 1.3, o objetivo geral desta pesquisa é identificar os principais limites e as potencialidades da sustentabilidade da cadeia produtiva das PCHs no Brasil, ao contexto das dimensões ambiental, social, econômica e institucional. Desta forma, respaldado pelos resultados do levantamento bibliográfico e pelos dados apresentados ao longo deste estudo, no capítulo 4, na

seção 4.2, o conjunto dos principais gargalos e potencialidades relacionados com a cadeia de produção com o propósito de identificá-los, é detalhado. Foram identificados 20 limites e 17 potencialidades, sendo que 8 dos 37 itens foram enquadrados como muito significativos.

No que tange aos objetivos específicos, o primeiro objetivo, relacionado ao mapeamento da estrutura da cadeia produtiva das PCHs, é tratado em especial no capítulo da fundamentação teórica, no subitem 2.4.3, onde explicita-se cada etapa da cadeia, assim como a sua função. O segundo objetivo, que consiste em descrever o panorama atual das PCHs no Brasil, é abordado no capítulo de apresentação dos dados, Capítulo 4, na seção 4.1. Já o terceiro, e último, objetivo, o de estruturar critérios para a avaliação dos limites e potencialidades da cadeia de produção de PCHs no país, é atendido, em parte, no Capítulo 2, na seção 2.5, quando são abordados os fatores determinantes da competitividade, e em parte, no Capítulo 4, na seção 4.3, por meio da classificação dos limites e potencialidades identificados segundo os cinco critérios selecionados (importância, probabilidade, temporalidade, efeito e abrangência), e o consequente cálculo dos seus Índices de Significância.

Além do atendimento aos objetivos, buscou-se responder, por meio da proposta elaborada, a pergunta de pesquisa apresentada na seção 1.2 do capítulo introdutório, que versa sobre quais são os limites e as potencialidades para que as Pequenas Centrais Hidrelétricas se desenvolvam de forma sustentável no país. Por meio da pesquisa realizada foram identificados 37 itens que abrangem desde o licenciamento ambiental necessário para a obtenção de licenças (prévia, implantação e operação) até o baixo preço-teto praticado nos leilões do ambiente de contratos regulados (ACR). Ainda que o estudo não contemple todos os fatores determinante da competitividade da cadeia de produção das PCHs, os principais aspectos identificados podem auxiliar na avaliação da sustentabilidade da cadeia no Brasil e na proposição de formas de minimizar a significância dos gargalos existentes.

Dentre as contribuições desta dissertação para a academia, é possível destacar, inicialmente, o mapeamento da estrutura da cadeia produtiva das PCHs, o qual, posteriormente, facilitou o entendimento das etapas que constituem a cadeia. Nesta direção, outra contribuição possível de ser apontada, é a discussão, ao contexto das dimensões ambiental, social, econômica e institucional, dos fatores mais significativos para o desenvolvimento de forma sustentável desta fonte renovável no

Brasil. Por fim, a contribuição mais relevante da pesquisa é a metodologia de análise utilizada no estudo. Empregada para auxiliar na identificação dos limites e das potencialidades da cadeia de produção das PCHs, ela também pode ser utilizada para analisar a sustentabilidade da cadeia de outras fontes renováveis de energia, tais como a energia eólica e a solar.

No que se refere às limitações da pesquisa, levando em consideração que cada PCH apresenta características específicas, referentes, não apenas a sua localização, mas também, aos aspectos do seu projeto, uma limitação que pode ser apontada é o fato de que os resultados do estudo não podem ser generalizados e servem, apenas, como um guia para a realização de análises específicas mais aprofundadas. Além disso, outro fator limitante encontrado durante a elaboração do trabalho foi a escassez de dados secundários referentes ao mercado dos fabricantes de equipamentos para PCHs, impossibilitando uma análise de mercado detalhada a respeito do nível de concentração do mercado.

Ainda no que tange às limitações do trabalho, reconhece-se também como uma limitação o entendimento restrito da autora quanto alguns aspectos técnicos referentes as dimensões da energia abordadas, tais como as análises da emissão de CO₂ e CH₄ nas áreas de reservatório, os efeitos da geração de energia hidrelétrica sobre a ictiofauna, além do risco de exposição humana aos campos eletromagnéticos provocados pelas linhas de transmissão.

Já no que diz respeito às sugestões para pesquisas futuras, com base nos resultados obtidos, recomenda-se o desenvolvimento dos seguintes trabalhos: Realizar uma análise comparativa entre a cadeia de produção das PCHs no Brasil e em outros países do mundo; Verificar o papel das políticas públicas como fator para a viabilidade e implantação das PCHs; Analisar de forma mais aprofundada a utilização das PCHs como vetor para interiorização do desenvolvimento industrial; e Estudar a cadeia produtiva das outras fontes renováveis, tais como a eólica, a solar e a biomassa, utilizando a metodologia aplicada nesta pesquisa.

Com estas sugestões, espera-se que os resultados desta dissertação possam auxiliar no avanço das discussões sobre o tema das energias renováveis, mais especificamente, sobre os limites e potencialidades da sustentabilidade de fontes de energia.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. 2013. Disponível em:
<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/PDFs%20agregados/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil_capitulos_.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Divisão Hidrográfica segundo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos**. 2013. Disponível em:
<<http://www2.snirh.gov.br/atlasrh2013/>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Acesso e Uso dos Sistemas de Transmissão e de Distribuição**. 2005. Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/caderno5capa.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Anexo ao contrato de adesão à permissão de serviço público de energia elétrica: qualidade dos serviços de energia elétrica**. 1999. Disponível em:
<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CC4QFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Faplicacoes%2Faudiencia_publica%2Faudiencia_proton%2F1999%2Fap003%2FAnexo2_Minu_Contra_Qualidade.doc&ei=He_PVJaPNbGHsQSU8oH4Dw&usg=AFQjCNEkSO9gBmDsrdcicsoWBHJ3F5gQdA>. Acesso em: 02 fev. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Hidráulica**. 2006. Disponível em:
<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_hidraulica/4_3.htm>. Acesso em: 24 jun. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2008. Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de Informações de Geração (BIG)**. Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Consumidores, Consumo, Receita e Tarifa Média – Classe de Consumo**. Disponível em: <http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSampClasseCons.xlsx&Source=http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx&DefaultItemOpen=1>. Acesso em: 29 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bdec20034873.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Distribuição de Energia Elétrica**. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=77>>. Acesso em: 29 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Evolução da capacidade instalada**. 2013. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 09 set. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Energia Hidráulica. **Atlas de Energia Elétrica**. 2003. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/04-Energia_Hidraulica\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/04-Energia_Hidraulica(2).pdf)>. Acesso em: 14 mai. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica no Brasil**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Guia do Empreendedor de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. 2003. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia_empreendedor.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Indicadores Coletivos de Continuidade**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=80>. Acesso em: 20 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Indicadores de Qualidade**. 2014. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/indicadores_de_qualidade/pesquisaGeral.cfm>. Acesso em: 28 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução normativa nº 67, de 8 de junho de 2004.** Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2004067.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução nº 281, de 01 de outubro de 1999.** Disponível em:
<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2005/010/documento/resolucao_n%C2%BA_281_1999_-_versao_proposta_com_alteracoes.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução nº 393, de 4 de dezembro 1998.** Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res1998393.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução nº 414, de 9 de setembro 2010.** Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução nº 652, de 9 de dezembro 2003.** Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2003652.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Revisão das diretrizes para a elaboração de orçamentos de linhas de transmissão (OLT).** 2005. Disponível em:
<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Licitacoes_administrativas/Documentos/ANEXO%203%20%20Diretrizes%20para%20elabora%C3%A7%C3%A3o%20de%20or%C3%A7amentos%20de%20Linhas%20de%20Transmiss%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 398, de 23 de março de 2010.** Disponível em:
<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2013/097/resultado/resolucao_398_atualizada_2014.pdf>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 616, de 1º de julho de 2014.** Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2014616.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico.** Disponível em:
<<http://sigel.aneel.gov.br/kmz.html>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Tarifa de Energia de Otimização é fixada para 2015**. Publicado em: 10 dez. 2014. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8297&id_area=>>. Acesso em: 02 fev. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Tarifas do setor são aprovadas pela Agência**. Publicado em: 26 nov. 2013. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=7533&id_area=90>>. Acesso em: 02 fev. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Pré-sal demanda US\$ 400 bilhões até 2020**. Publicado em: 09 de mai. de 2012. Disponível em: <<http://anp.gov.br/?pg=60260&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1339033498165>>>> Acesso em: 02 fev. 2015.

ALBERTI, Emerson L. Hidráulica. **Debate sobre Energias Renováveis**. Realizado em: 14 de nov. 2014. Curitiba: UTFPR/PPGGPGP.

ÁLVAREZ, Maria E. Z. et al. Análisis Costo-Beneficio para la Zona Costera Norte en la Provincia de Camagüey, Cuba. **Revista Tecnologia e Sociedade**. Curitiba, n. 17, p.7-28. 2013.

ALVES, Juliano N.; MORAES, Josiane L. de; QUATRIN, Denise R. **Os fatores competitivos das indústrias de pedras preciosas: um multicaso no interior do rio grande do sul**. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. p. 1-16, 2012. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2012/artigos/E2012_T00432_PCN42828.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2014.

ANDRADE, Estefânia de S.; ARAÚJO, Jamile da C. Medidas mitigadoras dos impactos ambientais causados por usinas hidrelétricas sobre peixes. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v. 12, n. 3, p. 1-30. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO (ABAL). Perfil da Indústria Brasileira do Alumínio. **Estatísticas**. 2014. Disponível em: <<http://www.abal.org.br/estatisticas/nacionais/perfil-da-industria/>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). **A distribuição de energia**. 2015. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia>>. Acesso em: 29 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). Investimentos do Setor. **Setor de Distribuição**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/investimentos-do-setor>>. Acesso em: 29 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FOMENTO ÀS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (ABRAPCH). **PCHs e seus benefícios ao meio ambiente e à sociedade**. 2014. Disponível em: <<http://abrapch.com.br/pequenas-usinas/beneficios-das-pchs-ao-meio-ambiente-e-a-sociedade/>>. Acesso em: 07 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5422**: Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica. Rio de Janeiro, 1985. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=9416>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

ARDIZZON, G. et al. A new generation of small hydro and pumped-hydro power plants: Advances and future challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 746-761, 2014.

BAIR, Jennifer. Editor's Introduction: Commodity Chains in and of the World-System. 2014. **American Sociological Association**. v. 20, n. 1, p. 1-10, 2014.

BARBOSA, Paulo S. F. et al. Cheias em vales inundáveis a jusante de usinas hidrelétricas. In: **Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL**. n. 4, 2011. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/revista_P&D_04_web.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2015.

BAZZO, Walter A.; LINSINGEN, Irlan V.; PEREIRA, Luiz T. do V. O que é Ciência, Tecnologia e Sociedade? In: PEREIRA, Luiz T. do V.; LINSINGEN, Irlan V.; BAZZO, Walter A. (org.). **Introdução aos Estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madri: OEI, 2003, Cap. 4, p. 119-170.

BENAKOUCHE, Tamara. Tecnologia é sociedade: contra a noção de impacto tecnológico. PPGSP/UFSC. **Cadernos de Pesquisa**. n. 17, set. 1999. Disponível em: <https://pimentalab.milharal.org/files/2013/11/Tamara_Benakouche_Tecnologia_eh_Sociedade.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2014.

BERMANN, Célio. Impasses e controvérsias da hidroeletricidade. **Estudos Avançados**. v. 21, n. 59, p. 139-153, 2007.

BERTOL, Moacir C. Política Energética e Hidroeletricidade. Agosto de 2013. Apresentações. **Encontro Nacional sobre “O Futuro das PCHs”**. 2013.

BOM DIA BRASIL. **Pelo menos 35 % das obras de geração de energia estão atrasadas**. Publicado em: 21 jan. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2015/01/pelo-menos-35-das-obras-de-geracao-de-energia-estao-atrasadas.html>>. Acesso em: 21 jan. 2015.

BOUILLE, Daniel. **Economia de la Energia**. 2004. Disponível em: <http://www.posgradofadu.com.ar/archivos/biblio_doc/Economia_de_la_energia.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2014.

BRASIL. **Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM>. Acesso em: 02 Fev. 2015.

BRASIL. **Entenda como a energia elétrica chega a sua casa**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/entenda-como-a-energia-eletrica-chega-a-sua-casa>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. **Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L3924.htm>. Acesso em: 12 jan. 2015.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 20 dez. 2014.

BRASIL. **Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8987cons.htm>. Acesso em: 28 jan. 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9074cons.htm>. Acesso em: 17 jan. 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 20 dez. 2014.

BRASIL. **Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.** Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9984.htm>. Acesso em: 20 dez. 2014.

BRASIL. **Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.** Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10438.htm>. Acesso em: 14 jan. 2015.

BRASIL. **Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004.** Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.848.htm>. Acesso em: 31 jan. 2015.

BRASIL. **Portaria nº 109, de 24 de novembro de 1982.** Disponível em:
<http://infoener.iee.usp.br/legislacao/legisla_nac/eletrico/leis/portaria_109.html>. Acesso em: 22 nov. 2014.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986.** Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

BRASIL. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 14 jan. 2015.

BRASIL. **Resolução Normativa nº 247, de 21 de dezembro de 2006.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2006247.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2015.

BRASIL. Resolução nº 652, de 9 de dezembro de 2003. Estabelece os critérios para o enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica (PCH). **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 dez. 2003. Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/cedoc/pubres2003652.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2013.

BOAS, Cíntia de L. V. O uso múltiplo de reservatórios. **CPRM Serviço Geológico do Brasil**. 2005. Disponível em:
<<http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/go/O%20uso%20multiplo%20de%20reservatorios.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

CADA, Glenn F. The Development of Advanced Hydroelectric Turbines to Improve Fish Passage Survival. **Fisheries**. v. 26, n. 9, p 14-23. 2001.

CALLON, Michel. Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis. In: BIJKER, Wiebe E. et al. **The social construction of technological systems**: new directions in the sociology and history of technology. Cambridge, Mass: MIT Press, 1997, p. 83-103.

CAMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). **Mecanismo de Realocação de Energia – MRE**. Disponível em: <http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/mre_contab?_afLoop=261701850971434#%40%3F_afrLoop%3D261701850971434%26_adf.ctrl-state%3D36jkvn47m_187>. Acesso em: 03 Fev. 2015.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). 5ª semana operativa de janeiro, **Info PLD**. 2015. Disponível em: <http://www.ccee.org.br/portal/wcm/idc/groups/bibpublic_precos/documents/conteudoccee/ccee_346929.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2015.

CAMARGO, Serguei A. F. da. **Pesca Profissional, Dilemas e Conflitos no Reservatório da UHE- Tucuruí, PA**. 2002. 139 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002. Disponível em: <http://www.caunesp.unesp.br/publicacoes/dissertacoes_teses/teses/Tese%20Serguei%20Aily%20Franco%20de%20Camargo.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2015.

CAPELLESSO, Adinor J.; CAZELLA, Ademir A. Pesca artesanal entre crise econômica e problemas socioambientais: estudo de caso nos municípios de Garopaba e Imbituba (SC). **Ambiente & Sociedade**. Campinas v. 14, n. 2, p. 15 -33. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v14n2/03.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

CARVALHO, Daniel F.; MELLO, Jorge F. P.; SILVA, Leonardo D. B. da. Hidrologia. **Irrigação e Drenagem**. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2014.

CASTANHO, José E. C. et al. Acompanhamento de falhas em turbinas hidráulicas utilizando diagnóstico por imagens usando robô. In: **Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL**. n. 5, 2013. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Revista%20P&D_05.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2015.

CASTRO, Antônio M. G. de. **Cadeia produtiva e prospecção tecnológica como ferramentas para a gestão da competitividade**. 2005. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secec/sti/indbrasopodesafios/coletanea/ofutindcadprodutiva/AntonioMaria.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2014.

CASTRO, Antônio M. G. de et al. Cadeia Produtiva: Marco Conceitual para Apoiar a Prospecção Tecnológica. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 22, Salvador, 2002. **Anais Eletrônicos...** Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1197031881.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2014.

CAVIQUIOLO, Suelen C. **Os Trabalhos de Conclusão do Curso de Design de Produto da UFPR entre 1978 e 2000: Design, Tecnologia e Sociedade**. 2010. 183 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

CELG. **Especificação técnica para limitação do uso de faixa de linhas de subtransmissão e transmissão da CELG PAR - 69 kV, 138 kV e 230 kV**. 2010. Disponível em: <<https://www.celg.com.br/arquivos/dadosTecnicos/normasTecnicas/ET-LTP.pdf>>.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. (ELETROBRAS). Capítulo 2 – Tipos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. **Diretrizes para projetos de PCHs**. 1999.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. (ELETROBRAS). **Como a energia elétrica é transmitida no Brasil**. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/elb/natrilhadaenergia/energia-eletrica/main.asp?View=%7B05778C21-A140-415D-A91F-1757B393FF92%7D>>. Acesso em: 17 jul. 2014.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. (ELETROBRÁS). **Fluxogramas de atividades para estudos e projetos**. 2005. Disponível em: <<https://www.eletrobras.com/ELB/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7B54DA2095-47F9-46F7-BE76-B347CA486AC3%7D&ServiceInstUID=%7B3C6E3C0E-2ADA-4EE5-B8F5-647119AA05CB%7D>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. (ELETROBRÁS). **Potencial Hidrelétrico Brasileiro por Bacia**. 2014. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMIS21D128D3PTBRIE.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. (ELETROBRAS). Proinfra. **Programas**. Disponível em: <<http://www.elektrobras.com/elb/Proinfra/data/Pages/LUMISABB61D26PTBRIE.htm>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

CENTRO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA (CBIE). **Sistema Elétrico Brasileiro**: Expansão Hidrotérmica. 2011. Disponível em: <http://www.cbie.com.br/arquivos/Relat%C3%B3rio%20Sistema%20Hidrot%C3%A9rico.pdf>>. Acesso em: 21. jan. 2015.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (CERPCH). **Fabricantes de turbinas hidráulicas**. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/fabricantes-de-turbinas-hidraulicas.html>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (CERPCH). **Mercado de PCH**. Disponível em: <http://www.cerpch.unifei.edu.br/mercado_pch.php>. Acesso em: 31 jan. 2015.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (CERPCH). **Turbinas hidráulicas**. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/fabricantes-de-turbinas-hidraulicas.html>>. Acesso em: 09 jan. 2015.

CINTRA, Israel H. A. et al. A pesca no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, Amazônia, Brasil. **Actapesca**. v. 1, n. 1, p. 57-78. 2013.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). **Linhas de transmissão de energia**. 2012. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/folder_lt2012/\\$FILE/folderLT2012.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/folder_lt2012/$FILE/folderLT2012.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 302, de 20 de março de 2002**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

COUTINHO, Luciano; FERRAZ, João C. **Estudo da competitividade da indústria brasileira**. 3.ed. Campinas: Papyrus: Editora da Unicamp, 1995.

CRAIDE, Sabrina. Aneel determina que concessionárias limpem vegetação sob linhas de transmissão. **EBC**. Publicado em: 03 set. 2013. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/brasil/2013/09/apos-queimada-no-nordeste-aneel-determina-que-concessionarias-limpem>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

CRUZ, Castro; FABRIZY, N. Impactos Ambientais de Reservatórios e Perspectivas de Uso Múltiplo. **Revista Brasileira de Energia**, v. 4, n. 1. 1995. Disponível em: <<http://www.sbpe.org.br/rbe/revista/9/>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

CUBEROS, Fábio L. **Novo modelo institucional do setor elétrico brasileiro: análise dos mecanismos de mitigação de riscos de mercado das distribuidoras**. 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CUTTCLIFF, Stephen. La emergencia de CTS como campo académico. In: **Ideas, máquinas y valores: los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad**. Barcelona: Anthropos, 2003, p. 07-23.

CYRILLO, Ivo. **Estabelecimento de Metas de Qualidade na Distribuição de Energia Elétrica por Otimização da Rede e do Nível Tarifário**. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

DAVIS, L. E.; NORTH, D. C. **Institutional change and American economic growth**. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.

EGRÉ, Dominique; MILEWSKI, Joseph C. The diversity of hydropower projects. **Energy Policy**. v. 30, p. 1225-1230, 2002.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2013**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20130909_1.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional (BEN)**. 2013 (ano base 2012). Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2013&anoFimColeta=2012>>. Acesso em: 26 abr. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional (BEN)**. Relatório Síntese. 2014 (ano base 2013). Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Custo Marginal de Expansão: Metodologia de Cálculo 2011**. 2011. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_26/NT_MetodologiadecalculoCME_2011.pdf>. Acesso em: 9 set. 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Metodologia para Avaliação Socioambiental de Usinas Hidrelétricas. **Estudos do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022**. 2013. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/20140124_1.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2014.

EMPRESA LIGHT. **Conexão Light**: Campanha 2013 – Diga não ao gato. 2013. Disponível em: <<http://www.light.com.br/para-residencias/SitePages/default.aspx>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

EMPRESA LIGHT. **Light Serviços de Eletricidade**. Disponível em: <<http://www.light.com.br/grupo-light/Empresas-do-Grupo/light-servicos-de-eletricidade.aspx>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

EUROPEAN RENEWABLE ENERGY COUNCIL (EREC). **Renewable energy scenario to 2040**: half of the global energy supply from renewables in 2040. 2006. Disponível em: <<http://www.censolar.es/erec2040.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2014.

FARIA, Felipe A. M. de. **Metodologia de prospecção de pequenas centrais hidrelétricas**. 2011. 212 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

FARIAS, Leonel M.; SELLITTO, Miguel A. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 01–106. jan./jun. 2011.

FERRAZ, João C.; KUPFER, David; HAGUENAUER, Lia. **Made in Brazil**. Rio de Janeiro: Campus, 1996. Disponível em: <<http://professor.ucg.br/siteDocente/admin/arquivosUpload/15040/material/MADE%20IN%20BRAZIL.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2014.

FERREIRA, Luiz E. B. Cenário e tarifas do mercado livre e regulado. Agosto de 2013. Apresentações. **Encontro Nacional sobre “O Futuro das PCHs”**. 2013.

FIANI, Ronaldo. **Cooperação e conflito: instituições e desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/971/1/TD_1815.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2015.

FILHO, Altino V. **Por que a Hidroeletricidade no Mundo e no Brasil?** Aspectos Energéticos, Econômicos e Socioambientais. Fórum Nacional. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <http://forumnacional.org.br/trf_arq.php?cod=EP05170>. Acesso em: 12 dez. 2014.

FILHO, Geraldo L. T. et al. Impactos sócio-econômicos das pequenas centrais hidrelétricas inseridas no Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA). **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 1, p. 145-166, 2008.

FILHO, Geraldo L. T. Hidroenergia e o Desenvolvimento Sustentável. **XIII Seminário Nacional de Gestão e Uso da Água**. Rio Grande do Sul. 2010. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/rhima/files/2010/07/Geraldo-L%C3%BAcio-Tiago-Filho.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2014.

FILHO, Ivo M.; ZANIN, Wolmer R. **Viabilização de PCHs: conexão elétrica**. Artigo técnico. 2008. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/artigos/326357dce257b97338fbc68d52fe6725.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2014.

FILHO, Jair et al. **Cadeia Produtiva da Energia Elétrica no Ceará**. 2004. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/textos_discussao/TD_15.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2014.

FONSECA, Francisco R. **Estratégias de sazonalização da garantia física de PCHs em Portfólios PCHs e Biomassa**. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/15891/15891_4.PDF>. Acesso em: 03 fev. 2015.

FONTES, Grazielly doa A.; XAVIER, Yanko M. de A.; GUIMARÃES, Patrícia B. V. Princípio fundamental ao meio ambiente: pequenas centrais hidrelétricas na matriz energética brasileira. **Revista Constituição e Garantia de Direitos**, v. 1, n. 4, p. 1-23, 2010. Disponível em: <<http://ojs.ccsa.ufrn.br/index.php/cgd/article/view/180/183>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

FRANCISCO, Cecília M. **Connecting renewable power plant to the Brazilian transmission power system**. The Institute of Brazilian Business and Public Management Issues. 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Artigo_Cecilia_Francisco.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2015.

FREIRE, Leticia de L. Seguindo Bruno Latour: notas para uma antropologia simétrica. **Comum**, v. 11, n. 26, p. 46-65, 2006. Disponível em: <<http://www.ifcs.ufrj.br/~lemetro/pesquisadores/Leticia%20de%20Luna%20Freire/latour.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2014.

FREITAS, Giovana S. **As modificações na matriz energética brasileira e as implicações para o desenvolvimento sócio-econômico e ambiental**. 2011. 232 f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. 2011.

FUGIMOTO, Sérgio K. **A universalização do serviço de energia elétrica acesso e uso contínuo**. 289 f. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Dissertacao_Sergio_Fugimoto.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2015.

FUNCHAL, Paulo H. Z. **A Contabilização das Externalidades como Instrumento para a Avaliação de Subsídios: o caso das PCHs no contexto do Proinfa**. 2008. 155 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

FURNAS. **Usina hidrelétrica**. 2014. Disponível em: <http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/usina_hidr_funciona.asp>. Acesso em: 13 jul. 2014.

GARCEZ, Danielle S.; SÁNCHEZ-BOTERO, Jorge I. Comunidades de pescadores artesanais no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Atlântica**, v. 27, n. 1, p. 17-29. 2005. Disponível em: <http://www.tabuleirodigital.com.br/twiki/pub/MarSol/ItemAcervo15/Comunidades_de_Pescadores_RS.pdf>. Acesso em 16 jan. 2015.

GHIRARDI, André G. et al. Lucratividade e qualidade na distribuição de energia elétrica. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 12, n. 1, p. 41-67, 2002. Disponível em: <<http://www.face.ufmg.br/novaeconomia/sumarios/v12n1/v12n1ghirardi.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2015.

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, Antonio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

GIL, Antonio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

GIMPEL, Jean. **A Revolução Industrial na Idade Média**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977, p. 47-84.

GOOGLE EARTH. **Software livre**. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

GOUVÊA, Fabiano F.; BAGGIO, Francisco A. V. Soluções para viabilização de pequenas centrais hidrelétricas. **Revista CERPCH**. v. 14, n. 55, p. 20-25. 2012. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/artigos/solucoes-para-viabilizacao-de-pequenas-centrais-hidreletricas.html>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

GOY, Ricardo. Aneel aprova medidas que podem atenuar aumento de preço da energia em 2015. In: **Portal PCH**. Publicado em: 27 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.portalpch.com.br/noticias-e-opniao/4457-27-11-2014-aneel-aprova-medidas-que-podem-atenuar-aumento-de-preco-da-energia-em-2015.html>>. Acesso em: 03 fev. 2015.

GOYE, Leonardo; ROCHAS, Anna F. Fim de potencial hidrelétrico desafia Brasil para expansão energética. In: **Estadão**. Publicado em: 23 jun. 2014. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/negocios,enfoque-fim-de-potencial-hidreletrico-desafia-brasil-para-expansao-energetica,1516948>>. Acesso em: 22 jan. 2015.

GRUPO WEG. **Soluções em Geração de Energia**. 2012. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-solucoes-em-geracao-de-energia-usinas-hidreletricas-uhe-50039896-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

GÜNTER, Hartmut. Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta É a Questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**. v. 22, n. 2, p. 201-210, mai./ago. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ptp/v22n2/a10v22n2.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

HAGUENAUER, Lia et al. **Evolução das Cadeias Produtivas Brasileiras na Década de 90**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). 2001. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/995/1/TD_0786.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2014.

HARZING, A.W. **Publish or Perish: research in International Management**. 2007. Disponível em: <<http://www.harzing.com/pop.htm>>. Acesso em: 2 mar. 2014.

HÉMERY, Daniel et al. **Uma História da Energia**. Brasília: Universidade de Brasília, 1993.

HERNANDES JUNIOR, Luiz et al. Processo não invasivo de baixo custo para otimização da rotina de inspeção na detecção de furto de energia elétrica. In: **Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL**. n. 5, 2013. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Revista%20P&D_05.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2015.

HOPKINS, Terence K.; WALLERSTEIN, Immanuel. Commodity chains in the world-economy prior to 1800. **Research Foundation of SUNY**. v. 10, n. 1, p. 157-170, 1986.

INEPAR. **IESA participa dos mais importantes empreendimentos de energia elétrica do mundo**. Disponível em: <http://www.inepar.com.br/not_uhe_santonio.htm>. Acesso em: 13 jul. 2014.

INSTITUTO ABRADEE. **Módulo 4 – Transmissão**. 2010. Disponível em: <<http://www.eletobrasoraima.com/wp-content/uploads/2011/01/M%C3%93DULO-4-TRANSMISS%C3%83O.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). **Estudo de Impacto Ambiental (EIA): PCH Água Limpa**. 2011. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1366>>. Acesso em: 13 jan. 2015.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). PCH Água Limpa a ser implantado nos municípios de Mariluz e Alto Piquiri (PR). **Estudos Ambientais Preliminares / Editais de Entrada e Abertura de Prazos – 2012**. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1366>>. Acesso em: 03 ago. 2014.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANA (IAP). Qualidade das Aguas. **Reservatórios do Estado do Paraná 2005-2008**. 2009. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/boletins/RELATORIO_AGUA/relatorio_RESERVATORIOS_2005_2008.pdf>. Acesso em 14 jan. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em; <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1395&z=cd&o=7&i=P>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Tabela 1395. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl3.asp?c=1395&n=0&u=0&z=cd&o=7&i=P>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Famílias e domicílios**. 2010. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-povo/familias-e-domicilios>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **EIAs, Relatórios, Monitoramento disponíveis**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/licenciamento/>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NAATURAIS (IBAMA). **Ibama faz consultas para uso de APPs e lagos de PCHs entre Rio de Janeiro e Espírito Santo**. Publicado em: 25 jul. 2015. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/publicadas/ibama-faz-consultas-para-uso-de-apps-e-lagos-de-pchs-entre-rj-e-es>>. Acesso em: 19 dez. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS (IBAMA). **PCH Santa Rosa I**. 2001. Disponível em: <<http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/Santa%20Rosa%20I/EIA.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO (LACTEC).
Relatório de monitoramento da Ictiofauna na área da UHE Mauá. 2012.

Disponível em:

<http://www.consorcio Cruzeiro dos Sul.com.br/upload/tiny_mce/arquivos/meio_ambiente/PBA/Relatorio_Agosto_2012/Relatorio_Monitoramento_Ictiofauna_Maua_-_39-agosto_2012_.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2015.

INSTITUTO DO PATRIMONIO HISTORICO E ARTISTICO NACIONAL (IPHAN).

Patrimônio Arqueológico. Disponível em:

<<http://portal.iphan.gov.br/portal/montarPaginaSecao.do?id=12944&retorno=paginalphan>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. **Hydropower.** 2011.

Disponível em: <<http://srren.ipcc-wg3.de/>>. Acesso em: 14 mai. 2014.

INTERNATIONAL CENTER ON SMALL HYDRO POWER (ICSHP). **World Small Hydropower Development Report.** 2013. Disponível em:

<http://www.smallhydroworld.org/fileadmin/user_upload/pdf/WSHPDR_2013_Final_Report-updated_version.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2014.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key World Energy Statistics.** 2013.

Disponível em:

<<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2014.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key World Energy Statistics.** 2014.

Disponível em:

<<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Renewable Energy Essential: Geothermal.** 2010. Disponível em:

<<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,3914,en.html>>. Acesso em: 30 mar. 2014.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Renewable Energy Essential: Wind.** 2008. Disponível em:

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Wind_Brochure.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2014.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Scenarios & Strategies to 2050. **Energy Technology Perspectives**. 2010. Disponível em: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/etp2010.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2014

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Snapshot of Global PV 1992-2013. **Photovoltaic Power Systems Programme**. 2014. Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/PVPS_report_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2013_-_final_3.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2014.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Technology Roadmap: Hydropower**. 2011. Disponível em: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapHydropower.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2014.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. **Hydropower**. 2012. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-HYDROPOWER.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2014.

INTERNATIONAL RIVERS. **Damming Statistics**. 2007. Disponível em: <<http://www.internationalrivers.org/damming-statistics>>. Acesso em 14 jan. 2015.

JUNHO, Ricardo A. C. **Migrações ascendentes de peixes neotropicais e hidrelétricas: proteção a jusante de turbinas e vertedouros e sistemas de transposição**. 2008. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

JANNUZZI, Gilberto de M. **Faltam políticas públicas para eficiência energética e fontes renováveis**. Entrevista de 09 dez. 2010. Ecodebate/Instituto Humanitas Unisinos – IHU. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). São Leopoldo - RS: IHU, 2010. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2010/12/09/faltam-politicas-publicas-para-eficiencia-energetica-e-fontes-renovaveis-entrevista-com-gilberto-de-martino-jannuzzi/>>. Acesso em: 02 set. 2014.

JANNUZZI, Gilberto de M. **Políticas Públicas para Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil**. São Paulo: Autores Associados, 2000.

JANUÁRIO, Alexandra C.V. **O mercado de energia elétrica de fontes incentivadas**: proposta para sua expansão e implicações na câmara de comercialização de energia elétrica. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

KOVACSV, Michelle H. Entre o Fusca Zero Bala e o Jaguar Usado: Uma Reflexão Crítica da (não) Utilização de Dados Secundários em Pesquisas na Área de Marketing. In: ENCONTRO DE MARKETING DA ANPAD, Rio de Janeiro, 2006. **Anais Eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/ema/2006/dwn/ema2006-mkta-058.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

KUSMA, Camila M.; FERREIRA, Francesca W. Mecanismo de transposição de peixes de pequena central hidrelétrica. **Ciência Rural**, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v40n1/a429cr1250.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

LATOUR, Bruno. **A Esperança de Pandora**. Ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. Bauru: EDUSC. 2001.

LATOUR, Bruno. Entrevista por uma antropologia do centro. **MANA**. v. 10, n. 2, 2004, p. 397-414. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/mana/v10n2/25166.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2014.

LATOUR, Bruno. **Reensamblar lo social**: una introducción a la teoría del actor-red. Buenos Aires: Manantial, 2008.

LEÃO, Larissa L. **Considerações sobre impactos socioambientais de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)** – modelagem e análise. 2008. 244 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2008.

LESLIE, Deborah; REIMER, Suzanne. Spatializing commodity chains. **Progress in Human Geography**. v. 23, n. 3, p. 401-420, 1999.

LI, Francis. Hydropower in China. **Energy Policy**. v. 30, p. 1241-1249, 2002.

LIMA FILHO, Domingos L.; QUELUZ, Gilson L. A tecnologia e a educação tecnológica: elementos para uma sistematização conceitual. **Educação & Tecnologia**. Belo Horizonte, v. 10, n. 1, p. 19-28, 2005.

LINSINGEN, Irlan V. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, nov. 2007.

LIPP, Judith. Lessons for effective renewable electricity policy from Denmark, Germany and the United Kingdom. **Energy Policy**. v. 35, p. 5481-5495, 2007.
LUCKEMEYER, Alfonso C. A. B. **Análise da matriz energética brasileira sob a visão sistêmica**: programas energéticos governamentais e a redução dos gases do efeito estufa. 2010. 170 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

LUNA, Bráulio. Sequência Básica na Elaboração de Protocolos de Pesquisa. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. 1998. v. 71, n. 6, São Paulo. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0066-782X1998001200001&script=sci_arttext>. Acesso em: 24 ago. 2014.

MACIEL, Jonas F.; OLIVEIRA, Samuel T. de; DZEDZEJ, Maira. Análise de fragilidade socioambiental para o diagnóstico de Bacias Hidrográficas no estudo de empreendimentos hidrelétricos. **Revista Brasileira de Energia**. 2010. v. 16, n. 1 p. 75-91, 2010.

MAIA, Alexandre G. **Valoração de recursos ambientais**. 2002. 199 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MAKARON, Paula M. **Análise de viabilidade de projetos de pequenas centrais hidrelétricas: pontos críticos de sucesso a partir de estudos de caso no estado de Santa Catarina**. 2012. 157 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MALHOTRA, Naresh K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MANZANO-AGUGLIARO, Francisco et al. Scientific production of renewable energies worldwide: An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 18, p. 134-143, 2013.

MARTINS, Sidney L. **Transposição de peixes neotropicais em barragens**. 2004. 81 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2004.

MATIELLO, Catiane. **Narrativas tecnológicas, desenraizamento e cultura de resistência**: história oral de vida de famílias desapropriadas pela construção da usina hidrelétrica de Itaipu. 2011. 303 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MENDES, Ana L. S.; PINTO, Miriam de M. Autoprodução e Produção Independente de Energia Elétrica a partir de Fontes Renováveis no Brasil. In: **VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**. Vitória. p. 1-10. 2011.

MENDES, José M. de O. Pessoas sem voz, redes indizíveis e grupos descartáveis: os limites da teoria do actor-rede. **Análise Social**. v. XLV (196), 2010, p. 447-465.

MENKES, Monica. **Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade**. 2004. 293 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2004.

MERCADO LIVRE DE ENERGIA. **Visão geral**. 2015. Disponível em: <<http://www.mercadolivredeenergia.com.br/>>. Acesso em: 31 jan. 2015.

MERIGUE, Rafael; SILVA, Ricardo S. **Estudo de turbinas para hidrelétrica de Roncador – Bocaiúva do Sul**. 2013. 63 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MICHELLIS, Decio. Quem precisa de PCHs? In: **Antecipar a renovação ou não? Eis a questão**. 2012. ano 14 n. 55 p. 31. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/revistas/55.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2014.

MIELKE, Eduardo J. C. **Análise da cadeia produtiva e comercialização do xaxim, Dicksoniana selloviana, no Estado do Paraná**. 2002. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 2013. Disponível em: <<http://gvc.es.com.br/arquivos/177/EstimativasClima.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2015

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual para a decretação de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública**. 1999. Disponível em: <http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/banco-de-precos/doc_view/49-resolucao-n-3-de-02-de-julho-de-1999.html>. Acesso em: 18 jan. 2015.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Pesca Artesanal**. 2014. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/pesca/artesanal>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. 2011. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/files/docs/Boletim_MPA_2011_pub.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas**. Brasília-DF, 2007. Disponível em: <<http://www.biblioteca.presidencia.gov.br/publicacoes-oficiais-1/catalogo/conselhos/conselho-nacional-de-politica-energetica/manual-de-inventario-hidroeletrico-de-bacias-hidrograficas/view>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Modelo Institucional do Setor Elétrico**. 2003. Disponível em: <<http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/2063034.PDF>>. Acesso em: 01 fev. 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Plano Nacional de Energia 2030**. 2007. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_3.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia - PROINFA**. 2013. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa> >. Acesso em: 09 set. 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Portaria nº 421, de 26 de outubro de 2011**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/cartas-topo-bh-sao-francisco/category/87-servios?download=8865%3Aportaria-421-11>>. Acesso em:

MIRANDA, J. C. et al. Estrutura da comunidade de peixes na área de influência direta da pequena central hidrelétrica Braço, RJ/SP. **Holos**. v. 5, p. 293-304. 2013.

MIRANDA, Roberto L. **Regulação técnica para se obter melhor eficiência na motorização de pequenas centrais hidrelétricas no Brasil**. 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) – Universidade Salvador, Salvador, 2009. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Dissertacao_Roberto_Lobo.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2015.

MORAES, Bruno Z. **Análise Econômico-Financeira de uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH)**. 2010. 110 f. Monografia. (Bacharelado em Administração) - Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MOVIMENTO DOS ATINGIDOS POR BARRAGENS (MAB). **Final da década de 70: os primeiros passos**. Publicado em: 01 ago. 2011. Disponível em: <<http://www.mabnacional.org.br/content/1-final-da-decada-70-os-primeiros-passos>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

MOVIMENTO DOS ATINGIDOS POR BARRAGENS (MAB). **Novas perspectivas na virada do século: mais luta popular**. Publicado em: 01 ago. 2011. Disponível em: <<http://www.mabnacional.org.br/content/5-novas-perspectivas-na-virada-do-sculo-mais-luta-popular>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

MUNIZ JUNIOR, Jorge; MAIA, Flávia G. M.; VIOLA, Gian. Os principais trabalhos na teoria do conhecimento tácito: Pesquisa bibliométrica 2000-2011. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 14, São Paulo, 2011. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2011/artigos/E2011_T00197_PCN17366.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2014.

NADAUD, Gabriela C. A. **Acesso à energia elétrica de populações urbanas de baixa renda: o caso das favelas do Rio de Janeiro**. 2012. 160 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/nadaud.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

NAJBERG, Sheila; PEREIRA, Roberto de O. Novas estimativas do modelo de geração de empregos do BNDES. **Sinopse Econômica**. n. 133, 2004. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/estudos/estimativas.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2015.

NASCIMENTO JUNIOR, Jose S.; GOPFERT, Lana C. **Impactos Ambientais Pela Implantação da Linha de Transmissão 500 kV Oriximiná – Cariri**. 2010. 94 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001740.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

NATIONAL COUNCIL ON ELECTRICITY POLICY. **Electricity Transmission: A Primer**. 2004. Disponível em: <<http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/primer.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2015.

O GLOBO. **ONS confirma que apagão foi causado por queimada.** Publicado em: 02 set. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2013/09/ons-confirma-que-apagao-foi-causado-por-queimada.html>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

OBSERVATÓRIO SÓCIO-AMBIENTAL DE BARRAGENS. **Lista de barragens.** Disponível em: <<http://www.observabarragem.ippur.ufrj.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2014.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **Mapas do SIN.** 2015. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx>. Acesso em: 10 jan. 2015.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **PAR - Plano de Ampliação e Reforços 2009-2011.** Disponível em: <http://www.ons.org.br/plano_ampliacao/plano_ampliacao.aspx>. Acesso em: 14 jan. 2015.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Apresentação Sumário Executivo. **PAR - Plano de Ampliação e Reforços nas Instalações de Transmissão do SIN 2015-2017.** 2014. Disponível em: <http://www.ons.org.br/plano_ampliacao/plano_ampliacao.aspx>. Acesso em: 14 jan. 2015.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **Submódulo 2.4 - Requisitos mínimos para linhas de transmissão aéreas.** 2010. Disponível em: <http://www.ons.org.br/download/procedimentos/modulos/Modulo_2/Subm%C3%B3dulo%202.4_Rev_1.1.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

ORTEGA, Gustavo V. C. **Redes Neurais na Identificação de Perdas Comerciais do Setor Elétrico.** 2008. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13380/13380_2.PDF>. Acesso em: 20 jan. 2015.

PANWAR, N. L. et al. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** v. 15, p. 1513-1524, 2011.

PARO, Denise. Gigante pela própria natureza. **Gazeta do Povo.** Curitiba, 4 mai. 2014. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/especial-itaipu-30-anos/conteudo.phtml?tl=1&id=1466225&tit=Gigante-pela-propria-natureza>>. Acesso em: 23 mai. 2014.

PAULON, J.; MARTINS NETO, J. M. Pequenas centrais hidrelétricas: Histórico e perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 2. 2000. **Anais...** Canela: Rio Grande do Sul. p. 267-280.

PEDREIRA, Adriana C. **Avaliação do processo de licenciamento ambiental para pequenas centrais hidrelétricas no estado de Minas Gerais**. 2004. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá. 2004.

PEREIRA, Anísio C. et al. Custo de Oportunidade: Conceitos e Contabilização. **Cadernos de Estudos**. n. 2, p. 1-22. 1990. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cest/n2/n2a02.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

PEREIRA, Marcio G. et al. Avaliação dos impactos socioeconômicos de projetos energéticos – eletrificação rural: área de concessão da ENERSUL – MS. **Perspectiva Econômica**, v. 1, n. 2, p. 31-47, jul./dez. 2005.

PEREIRA, Thulio C. G. Política energética para o desenvolvimento do Estado do Paraná. In: PEREIRA, Thulio C. G. (Org.). **Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético**, Curitiba: COPEL, 2013. 322p.

PERIUS, Marlon R.; CARREGARO, Juliano B. Pequenas Centrais Hidrelétricas como forma de redução de impactos ambientais e crises energéticas. In: **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**. Campo Grande: Universidade Anhanguera. 2012. v. 16, n. 2, p. 135-150. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26025448011>>. Acesso em: 8 jun. 2013.

PIMENTA, Sandro M. et al. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do rio São Tomás, município de Rio Verde – Goiás. **Sociedade & Natureza**. v. 21, n. 3, p. 393-412, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-45132009000300013&script=sci_arttext>. Acesso em: 16 jan. 2015.

PIMENTEL, Regina. PCHs: é necessário investir mais nesta alternativa. **TN Petróleo**, v. 3, n. 21, p. 106-107, 2012.

PINTO JUNIOR, Helder Q. et al. **Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PORTAL BRASIL. **Rede de transmissão supera 107 mil quilômetros.** Publicado em: 13 dez. 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/rede-de-transmissao-supera-107-mil-quilometros>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

PORTAL PCH. **Cientistas desenvolvem rede de hidrelétricas para evitar enchentes no Extremo Oriente.** Publicado em: 12 set. 2013. Disponível em: <<http://www.portalpch.com.br/noticias-e-opniao/noticias-pch-s/1588-12-09-2013-cientistas-desenvolvem-rede-de-hidreletricas-para-evitar-enchentes-no-extremo-orient.html>>. Acesso em: 07 jan. 2015.

PORTOS E NAVIOS. **Importação de fios e cabos aumenta e afeta companhias.** Publicado em: 02 abr. 2014. Disponível em: <<http://portosenavios.com.br/geral/23533-importacao-de-fios-e-cabos-aumenta-e-afeta-companhias>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

POSSAS, Silvia. **Concorrência e competitividade:** notas sobre estratégia e dinâmica seletiva na economia capitalista. São Paulo: Hucitec, 1999.

POVOS INDÍGENAS NO BRASIL. **Localização e população.** 2003. Disponível em: <<http://pib.socioambiental.org/pt/povo/apurina/1512>>. Acesso em: 14 jan. 2015

PROCHNIK, Victor; HAGUENAUER, Lia. Cadeias Produtivas e Oportunidades de Investimento no Nordeste Brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMISTAS, 14, 2001, Recife. **Anais Eletrônicos...** Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/cadeiasprodutivas/pdfs/cadeias_produtivas_e_oportunidades_d_e_investimento_no_nordeste_brasileiro.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2014.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **ONU quer universalizar energia até 2030.** Publicado em: 30 jun.2011. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/Noticia.aspx?id=2439>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA (PPGTE). **Apresentação.** Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/curitiba/estrutura-universitaria/diretorias/dirppg/programas/ppgte/conheca-ppgte/apresentacao>>. Acesso em: 4 mar. 2014.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA (PPGTE). **Tecnologia e Desenvolvimento.** Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/curitiba/estrutura-universitaria/diretorias/dirppg/programas/ppgte/areas-pesquisa/tecnologia-e-desenvolvimento>>. Acesso em: 4 mar. 2014.

RAMPAZZO, S. E. A questão ambiental no contexto do desenvolvimento econômico. In: BECKER, D. (Org.) **Desenvolvimento sustentável: necessidade e/ou possibilidade?** 4. ed. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2002.

REGO, Erik E. **Proposta de aperfeiçoamento da metodologia dos leilões de comercialização de energia elétrica no ambiente regulado: aspectos conceituais, metodológicos e suas aplicações.** 2012. 248 f. Tese (Doutorado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

REIS, Lineu B. dos. **Geração de energia elétrica: Tecnologia, Inserção Ambiental, Planejamento, Operação e Análise de Viabilidade.** 3. ed. São Paulo: Manole Ltda., 2003.

REIS, Lineu B. dos. **Geração de energia elétrica.** 2. ed. São Paulo: Manole Ltda., 2011.

REIS, José et al. Desenvolvimento do Sistema de Identificação de Fraudes e Erros de Medição Usando Técnicas de Inteligência Artificial (SIFEM). In: **Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL.** n. 3, 2009. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/REVISTAP&D3.PDF>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

RESENDE, Tatiana. Perdas na distribuição: baixa tensão, altos prejuízos. In: **Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica.** Publicado em: 11 out. 2013. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/imprensa/artigos-e-releases/1018-perdas-na-distribuicao-baixa-tensao-altos-prejuizos-reportagem-especial-canal-energia>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

RIBEIRO, Mário G. **Metodologia de cálculo de custos em linhas de transmissão no Brasil.** 113 f. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010721.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

RIBEIRO, Wagner C. The impacts of climate change on brazilian cities. In: **Clima change in Brazil: vulnerability, impacts and adaptation.** Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. p. 203-224. 2009.

RICOSTI, Juliana F. C. **Inserção da Energia Eólica no sistema Hidrotérmico Brasileiro.** 2011. 238 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

RIQUELME, Daniela M. **A Proteção do Meio Ambiente sobre a Perspectiva das Fontes Alternativas de Energia**. 2008. 219 f. Dissertação (Mestrado em Direito das Relações Sociais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2008.

ROSA, Luiz P. **Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear**. *Estud. av.* [online] 2007, v. 21, n. 59, p. 39-58. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142007000100005>>. Acesso em: 11 jul. 2014.

ROSA, Victor H. da S. **Energia elétrica renovável em pequenas comunidades no Brasil: em busca de um modelo sustentável**. 2007. 440 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2007.

SALES, Claudio J. D. **Os enormes desafios da transmissão de energia**. 2011. Disponível em: <http://www.andradecanellas.com.br/default.asp?id_materia=9141>. Acesso em: 21 jan. 2015.

SANTOS, Afonso H. M.; NOGUEIRA, Luiz A. H.; BAJAY, Sergio V. **Um panorama sobre a situação das pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) no mundo**. 1986. Disponível em: <<http://www.ixconsult.com.br/artigos/1111-28.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2014.

SANTOS, Fernanda K. C. **Os impactos econômicos e socioambientais do aproveitamento hidrelétrico da bacia do rio Xingu: estudo de caso da usina hidrelétrica de Belo Monte**. 2011. 81 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

SANTOS, Marco A. et al. Gross greenhouse gas fluxes from hydro-power reservoir compared to thermo-power plants. **Energy Policy**. v. 34, p. 481-488, 2005. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/hidrosfera/balanco/arquivos/energypolicyhydroversusthermo.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

SANTOS, Viviane R. dos. **Avaliação da qualidade da água do rio Andrada através do modelo QUAL2K**. 142 f. Monografia (Curso de Engenharia Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

SAUER, Ildo L. et al. Energias renováveis: ações e perspectivas na Petrobras. **Bahia Análise & Dados**. Salvador. v. 16, n. 1, p. 9–22, jun. 2006.

SBRISSIA, Rita C. **Emissão de gases de efeito estufa de reservatórios de pequenas centrais hidrelétricas**: Estudo de caso PCH Salto Natal, Campo Mourão – Paraná. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SCHWEITZER, Davi de S. **Pequenas Centrais Hidrelétricas**: Regras para implantação e potencial desperdiçado. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Sócio-Ambiental) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SEGATA, Jean. Reagregando o Social: uma introdução à Teoria do Ator-Rede. Resenha. **Ilha**, v. 14, n. 2, p. 238-243, jul./dez. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/ilha/article/view/2175-8034.2012v14n1-2p238/24017>>. Acesso em: 24 jul. 2014.

SEVÁ, Oswaldo. **Usinas hidrelétricas e termelétricas**: Roteiro experimental sobre as concepções e o modo de funcionamento e sobre algumas das consequências. 2005. Disponível em: <http://www.ifch.unicamp.br/profseva/972_apost_SEVA_uhe_ute.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2014.

SILVA, Christian L. da. **Competitividade Internacional da Indústria de Papel de Imprimir e Escrever Brasileira Sob a Ótica da Cadeia de Valor**. 2002. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção de Sistemas) – Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SILVA, Christian L. da. Competitividade e estratégia empresarial: um estudo de caso da indústria automobilística brasileira na década de 1990. **Revista FAE**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 35-48, jan./abr. 2001. Disponível em: <http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/revista_da_fae/fae_v4_n1/competitividade_e_estrategia.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2014.

SILVA, Christian L. da. **Competitividade na cadeia de valor**: um modelo econômico para a tomada de decisão empresarial. 2 ed. Curitiba: Juruá, 2007.

SILVA, Christian L. da. **Energias renováveis: construção de uma matriz de decisão multicritério para opção da matriz tecnológica**. Cooperação internacional entre UTFPR/ PPGTE e a Universidad de Pinar del Río (Cuba). Projeto de Pesquisa financiado pela CAPES (Brasil – Cuba). Jul./2013.

SILVA, E. C. N. et al. Desenvolvimento de metodologia para modelagem e avaliação estrutural de componentes de hidrogerador para diagnóstico de defeitos e extensão de vida útil. In: **Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL**. n. 3, 2009. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/REVISTAP&D3.PDF>>. Acesso em: 18 jan. 2015.

SILVA, Luciane, L. C.; MORET, Arthur de S. Impactos sociais de hidrelétricas e a necessidade de legislação para o remanejamento. **Revista CERPCH**. v. 14, n. 54, p. 16-25. 2012. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/artigos/impactos-sociais-de-hidreletricas-e-a-necessidade-de-legislacao-para-o-remanejamento.html>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

SILVA, Neilton F. da. **Fontes de energia renováveis complementares na expansão setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica**. 2006. 267 f. Tese (Doutorado em Planejamento Estratégico) – Universidade de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SINISGALLI, Paulo A. de A. **Valoração dos danos ambientais de hidrelétricas: estudos de caso**. 2005. 226 f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SMITH, Merritt R. Technological Determinism in America Culture. In: MARX, Leo; SMITH, Merritt R. **Does technology drive history?** The dilemma of technological determinism. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1994.

SMITH, Thomas. Electricity theft: a comparative analysis. **Energy Policy**. v. 32, p. 2067–2076, 2004. Disponível em: <<http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrobras/estudos/smith1.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

SOUZA, Claudemir J. **Determinação da largura de faixa de segurança de linhas de transmissão: um estudo paramétrico**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

SOUZA, Patricia A. P. et al. **Planejamento e Gestão Ambiental Integrada quando da Implantação de PCHs**. 2001. p. 1-17. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/237794405_PLANEJAMENTO_E_GESTO_AMBIENTAL_INTEGRADA_QUANDO_DA_IMPLANTAO_DE_PEQUENAS_CENTRAIS_HIDRELTRICAS_%28PCHs%29>. Acesso em: 14 jan. 2015.

SOUZA, Andréa de. **Proposta de uma matriz de decisão em energia hidroelétrica, com o uso do método multicritério, para apoio na formulação de políticas públicas para o desenvolvimento do estado do Paraná.** 2014. 114 f. Tese em andamento (Doutorado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

STEPAN, Michael. **The 3-Phase Approach.** 2011. Disponível em: <<http://water.worldbank.org/sites/water.worldbank.org/files/2A-1-Stepan-Andritz-Hydro-The-3-Phase-Approach.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

STERN, Nicholas. **Stern Review: The Economics of Climate Change.** 2006. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2014.

STRAUHS, Faimara do R.; NASCIMENTO, Decio E do. **Metodologia da pesquisa.** Material disponibilizado para a disciplina de Metodologia da pesquisa. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Curitiba, 2013.

TANCREDI, Marcio; ABBUD, Omar A. Por que o Brasil está trocando as hidrelétricas e seus reservatórios por energia mais cara e poluente? Texto para Discussão 128. **Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado.** Mai. 2013.

TATEMOTO, Katia A. **Energia incentivada: uma análise integrada dos aspectos regulatórios, de comercialização e de sustentabilidade.** 2013. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

THE EUROPEAN ENERGY ASSOCIATION (EWEA). **Wind energy facts.** Wind energy basics. 2013. Disponível em: <<http://www.ewea.org/wind-energy-basics/facts/>>. Acesso em: 05 abr. 2014.

THE INTERNATIONAL ENERGY AGENCY IMPLEMENTING AGREEMENT FOR HYDROPOWER TECHNOLOGIES AND PROGRAMMES (IEA HYDROPOWER). **What is Hydropower's History?** Disponível em: <http://www.ieahydro.org/What_is_hydropower's_history.html>. Acesso em: 14 mai. 2014.

THE WORLD BANK. **Access to electricity (% of population).** 2014. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS/countries/1W-BR?display=graph>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

THE WORLD BANK. **Fish species, threatened: 2010-2014**. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicator/EN.FSH.THRD.NO/countries/1W?display=map>>. Acesso em: 16 jan. 2015.

THERRIEN, Jean; BOURGEOIS, Gilles. **Fish Passage at Small Hydro Sites**. Report by Genivar Consulting Group. 2000. Disponível em: <http://www.ieahydro.org/uploads/files/annexii_fish_passage_smallhydrosites.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2015.

THOMAS, Hernán. **Estructuras cerradas vs. Procesos dinámicos**: trayectorias y estilos de innovación y cambiotecnológico. 2008, p. 169-211. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/101789852/Clase-6-Thomas-Estructuras-Cerradas-Vs>>. Acesso em: 24 jul. 2014.

TOLMASQUIM, Mauricio T. et al. **Geração de energia elétrica**. Rio de Janeiro: Interciência: CINERGIA, 2005.

TOMASINI, Daniel. **Valoracion economica del ambiente**. 2012. Disponível em: <<http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAES/PED/Semana4/Valoracioneconomica.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2015.

TRAVASSOS, Fábio A. **Influência da hidroelétrica de Tucuruí sobre aspectos da biologia populacional de peixes detritívoros do rio Tocantins (PA – Brasil)**. 2014. 31 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

TUCCI, Carlos E. M.; MENDES, Carlos A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2014.

TUNDISI, José G. Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia. **Estudos Avançados**. v. 21, n. 59, p. 109-117, 2007.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO). **World Small Hydropower Development Report**. 2013. Disponível em: <http://www.smallhydroworld.org/fileadmin/user_upload/pdf/WSHPDR_2013_Final_Report-updated_version.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2014.

VADAS, Rolando G. **Segurança e Rompimento de Barragens**. 2014. Disponível em:
<<http://www.asec.com.br/000111201asec/ArquivoAMR/EncontroTecnico/IIseminarioAguaEnergia2014/26/IIseminarioAguaEnergia20140007.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

VERASZTO, et al. Tecnologia e sociedade: uma busca por relações da influência social nas concepções e atitudes frente ao desenvolvimento tecnológico. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências, 6, Rio de Janeiro. 2007. In: **Anais Eletrônicos...** Disponível em:
<<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p384.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2014.

VERGÍLIO, Karen E. P. **Geração distribuída e pequenas centrais hidrelétricas: alternativas para a geração de energia elétrica no Brasil**. 2012. 42 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

VIANNA, João N. de S. Energia e meio ambiente no Brasil. In: Bursztyn, Marcel (org.), **A difícil sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

VICHI, Flavio M.; MANSOR, Maria T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 757-767, 2009. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a19v32n3.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2015.

VIEIRA, Isabela S. **Expansão do sistema de transmissão de energia elétrica no Brasil**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

WARTH, Anne. Conta de luz terá reajuste médio de mais de 17% na tarifa. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 21 out. 2014. Disponível em:
<<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,conta-de-luz-tera-reajuste-medio-de-mais-de-17-na-tarifa,1580443>>. Acesso em: 11 dez. 2014.

WORLD COMMISSION ON DAMS. **Dams and development a new framework for decision making**. 2000. Disponível em:
<http://www.internationalrivers.org/files/attached-files/world_commission_on_dams_final_report.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2015.

WWF BRASIL. **Agenda Elétrica Sustentável 2020**: estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo. Série técnica volume XII. 2006. Disponível em: <http://assets.wwf.org.br/downloads/wwf_energia_ebook.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2015.

YÜKSEL, Ibrahim. Hydropower for sustainable water and energy development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 14, n. 1, p. 462-469, 2010.

ZAN, Renato A. et al. Avaliação da qualidade das águas superficiais do rio Jamari na região da construção de uma PCH no município de Monte Negro-Rondônia, Amazônia ocidental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 8, n. 8, p. 1876-1888, 2012. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/viewFile/7295/pdf_1>. Acesso em: 17 jan. 2015.