

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS CURITIBA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**LUCAS BARBOSA CAMPOS  
NORMANDO GUEDES MARCONDES**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO  
POTENCIAL ENERGÉTICO DO RIO RANCHARIA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA  
2017**

LUCAS BARBOSA CAMPOS  
NORMANDO GUEDES MARCONDES

## **ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO RIO RANCHARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Elétrica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cicero Fritzen.

CURITIBA  
2017

**Lucas Barbosa Campos**  
**Normando Guedes Marcondes**

# ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO RIO RANCHARIA

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 17 de novembro de 2017

---

Prof. Emerson Rigoni, Dr.  
Coordenador de Curso  
Engenharia Elétrica

---

Profa. Annemahlen Gehrke Castagna, Dra  
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso  
de Engenharia Elétrica do DAELT

## ORIENTAÇÃO

---

Prof. Dr. Paulo Cicero Fritzen,  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Orientador

## BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Paulo Cicero Fritzen,  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Luiz Erley Schafranski,  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Eng. Luiz Gustavo Trevisan,  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos em primeiro lugar ao professor Gilberto Manoel Alves pela sugestão do tema e por toda a sua contribuição em nosso trabalho.

Agradecer em especial ao professor Paulo Cicero Fritzen, por ter nos instruídos e nós ajudados a chegar ao final desse trabalho.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná por ter nos dado toda a base teórica e prática fundamental para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

A todos os membros que fizeram parte das nossas bancas que disponibilizaram seu tempo e contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste.

A todos os familiares, amigos e aos que contribuíram direta ou indiretamente durante o processo de desenvolvimento acadêmico.

## RESUMO

CAMPOS, Lucas B.; MARCONDES, Normando G.; ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO RIO RANCHARIA. 2017. 64 f Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e o proprietário das terras onde se situa uma MCH em estado de deterioração, em parceria, estão revitalizando a Micro Central Hidroelétrica – MCH de Rio Branco do Sul para geração de energia elétrica para comercialização. Este trabalho faz uma ambientação da Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL - e também da norma técnica NTC 905200 da Companhia Paranaense de Energia – COPEL – que estabelece as condições gerais para o acesso de mini e micro geração de energia. Depois de uma introdução as normas, o trabalho segue para um estudo de viabilidade técnica e econômica de uma possível reativação da MCH de Rio Branco do Sul.

**Palavra-chave:** Análise de Custo. Micro central Hidrelétrica. Rio Branco do Sul. Potência Instalada.

## ABSTRACT

CAMPOS, Lucas B.; MARCONDES, Normando G.; ANALYSIS OF TECHNICAL AND ECONOMIC VIABILITY OF THE ENERGY POTENTIAL OF THE RANCHARIA RIVER. 2017. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

The Technological Federal University of Paraná (UTFPR) in partnership with the landowner of deteriorated micro Power plant (MCH) sites are revitalizing it, in order to generate and commercialize electricity.

This paperwork is based on Normative Resolution nº 482, of April 17, 2012 by Agencia Nacional de Energia Elétrica – ANEEL - and the NTC 905200 technical standard of Companhia Paranaense de Energia - COPEL - establishing the framework conditions for the mini access and micro power generation. After an introduction to regulations, the work follows to a study of technical and economic feasibility of a possible reactivation of the MCH of Rio Branco do Sul

**Keywords:** Cost Analysis. Micro power plant. Rio Branco do Sul. Installed power.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de Compensação de Energia .....	32
Figura 2 – Localização da Usina Rancharia .....	43
Figura 3 – Pesquisa de Inventários Hidrelétricos .....	44
Figura 4 – Pequenas Centrais Hidrelétricas em Atividade .....	46
Figura 5 – Carta Topográfica / Arranjo Preliminar .....	47

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Demanda Energética Mundial.....	32
Gráfico 2 – Histórica de preço médio mensal em R\$ do MW no mercado livre.....	43
Gráfico 3 – Histórica de preço médio anual em R\$ do MW no mercado livre .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Empreendimentos em Operação em 2015.....	24
Tabela 2 - Empreendimentos em Operação em 2008.....	24
Tabela 3 - Inversor para Sistema de Energia Fotovoltaica até 10 kW.....	38
Tabela 4 - Inversores para Sistema de Energia Fotovoltaica acima de 10 kW e demais Inversores para outras Fontes de Energia:.....	38
Tabela 5 - Potenciais na Sub-Bacia Açungui .....	44
Tabela 6 – Potenciais em Vigência .....	45
Tabela 7 – Nível de Água a Montante e Jusante.....	47
Tabela 8 - Série Histórica do Reservatório de Capivari em m <sup>3</sup> /s.....	49
Tabela 9 – Série Histórica de Vazão do rio Rancharia em m <sup>3</sup> /s.....	50
Tabela 10 - Potencial do rio Rancharia .....	51
Tabela 11 – Energia Firme/ Fator de Capacidade/ Potência Instalada .....	52

## LISTA DE SIGLAS

ABRAPCH	Associação Brasileira de Fomento as Pequenas Centrais Hidrelétricas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica - RS
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CERPCH	Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CNPJ	Cadastro de Pessoa Jurídica
COGEN	Associação da Indústria de Cogeração de Energia
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CPF	Cadastro de Pessoa Física
ELETROBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A
EOL	Energia Eólica
GD	Geração Distribuída
GWh	Giga Watt Hora
MWh	Mega Watt Hora
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
NBR	Norma Brasileira
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
SINV	Sistema de inventário de bacias hidrográficas
FAE	Fontes Alternativas de Energia
UFV	Usina Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

UTN

Usina Termonuclear

kW

Kilowatt

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 TEMA .....	15
1.1.1 Delimitação do Tema .....	17
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS.....	18
1.3 OBJETIVOS .....	18
1.3.1 Objetivo Geral .....	18
1.4 JUSTIFICATIVA .....	19
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>20</b>
2.1 CENÁRIO ENERGÉTICO .....	20
2.2 GERAÇÃO HÍDRICA E CLASSIFICAÇÃO CONFORME A POTÊNCIA INSTALADA.....	21
2.3 TIPOS DE USINAS HIDRELÉTRICAS.....	24
2.3.1 Pequena Central Hidrelétrica – PCH.....	24
2.3.1.1 PCH a fio d'água.....	25
2.3.1.2 PCH de acumulação, com regularização diária do reservatório .....	26
2.3.1.3 PCH de acumulação, com regularização mensal do reservatório.....	26
2.3.2 Central Geradora Hidrelétrica – CGH.....	26
2.3.3 USINA HIDRELÉTRICA – UHE .....	27
2.3.4 Micro Central Hidrelétrica – MCH.....	27
2.3.5 RESUMO DE CENTRAL GERADORA EM RELAÇÃO A POTENCIA . .....	30
2.4 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA .....	30
2.5 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	32
2.5.1 Vantagens .....	33
2.5.2 Desvantagens .....	34
2.6 NTC 905200 – ACESSO DE MINI E MICRO GERAÇÃO .....	35
2.6.1 Solicitação de Acesso .....	35
2.6.2 Parecer de Acesso .....	36
2.6.3 Realização de Obras.....	36
2.6.4 Vistoria e Liberação para Operação.....	37
2.6.5 Liberação de Inversores.....	37
<b>3 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO POTENCIAL HÍDRICO</b>	<b>39</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	39
3.2 ANÁLISE PRELIMINAR DO POTENCIAL ENERGÉTICO .....	41
3.2.1 HISTÓRICO DE ESTUDOS EXISTENTES.....	41
3.2.2 Pesquisa ANEEL e localização da usina Rancharia .....	42
3.2.3 CÁLCULO DE POTÊNCIA PRELIMINAR E ENERGIA GERADA.....	46
3.2.3.1 Determinação das quedas .....	46
3.2.3.2 Determinação das vazões.....	48
3.2.3.3 Estimativa de energia gerada .....	50

3.3	ESTIMATIVA DE RECEITA .....	52
3.3.1	Análise preliminar do custo .....	52
3.3.2	CONSIDERAÇÕES.....	53
3.4	HISTÓRICO VALOR DO MWh .....	54
3.5	DADOS ADICIONAIS.....	56
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A energia está em toda parte e transforma tudo. Ela nos ajuda a sobreviver e nos liberta para buscarmos uma vida mais completa. Hoje, a maioria das pessoas tem o abastecimento de energia e água limpa fluindo diretamente para suas casas. Aparelhos modernos podem fazer tarefas como cozinhar e lavar roupas enquanto lemos um livro eletrônico, fazemos compras on-line ou nos exercitamos correndo em uma esteira rolante. Temos opções de transporte sem paralelo. Podemos chegar na escola, no trabalho ou em uma loja em questão de minutos. Podemos dirigir centenas de quilômetros ou voar através de um oceano em poucas horas.

A energia não apenas possibilita tudo isso, como também nos ajuda a construir os veículos e a infraestrutura necessária.

Nossas vidas também são afetadas por dispositivos movidos a energia elétrica que estão transformando as comunicações e a computação. Com a Internet podemos nos telecomunicar com o nosso trabalho, capturar novas oportunidades comerciais, ver amigos e familiares distantes, ou participar de aulas on-line para melhorar a nossa educação. Estas tecnologias são amplamente utilizadas hoje simplesmente porque elas fornecem valor prático, valor que não existiria sem acesso conveniente, moderno e confiável de energia. Juntos, os avanços na tecnologia e energia ajudaram a trazer uma melhoria sem precedentes na renda, nas taxas de alfabetização e na expectativa média de vida das pessoas em muitas partes do mundo (EXXONMOBIL, 2014).

Apesar dos referidos avanços tecnológicos e benefícios proporcionados pela energia elétrica, cerca de um terço da população mundial ainda não tem acesso a esse recurso; dos dois terços restantes, uma parcela considerável é atendida de forma muito precária. No Brasil, a situação é menos crítica, mas ainda muito preocupante. Apesar da grande extensão territorial do país e da abundância de recursos energéticos, há uma grande diversidade regional e uma forte concentração de pessoas e atividades econômicas em regiões com problemas de suprimento energético. Como revelado pelo último censo demográfico, mais de 80% da população brasileira vive na zona urbana. A grande maioria desse contingente está na periferia dos grandes centros urbanos, onde as condições de infraestrutura são deficitárias (ANEEL, 2012-A).

Conforme a população do mundo se aproxima dos 9 bilhões de pessoas em 2040, somos desafiados a não só satisfazer as necessidades básicas, mas também a melhorar os padrões de vida em todo o mundo. Esse desafio vai exigir um aumento de cerca de 35 % no uso da energia em todo o mundo. Felizmente, o mundo não só mantém um vasto e diversificado leque de recursos energéticos, como também possui tecnologias cada vez mais avançadas que podem fornecer essa energia de forma segura e confiável (EXXONMOBIL,2014).

Ao analisar o Panorama para 2040, nós reconhecemos que a vida das pessoas está sendo transformada pelo acesso à energia e à tecnologia. Daqui pra frente espera-se que as pessoas em todos os lugares continuem a inventar, inovar, trabalhar e oferecer soluções práticas para a construção de um futuro melhor. Agora, como sempre, o caminho para o progresso será alimentado pela criatividade humana e pela energia (EXXONMOBIL,2014).

Energia tem a ver com pessoa; indivíduos e sociedades utilizam eletricidade, combustíveis para transporte e outras energias para tornar a vida melhor. De 2010 a 2040, a população mundial deverá aumentar de sete bilhões para quase nove bilhões e a economia global vai mais do que dobrar. Economias em crescimento significam que mais pessoas podem pagar pelas características de um estilo de vida de classe média, como melhores moradias, ar condicionado, eletrodomésticos, veículos próprios e computadores. Além disso, a criação de nova demanda de energia ocorre pela migração constante das populações das zonas rurais para as áreas urbanas (EXXONMOBIL,2014).

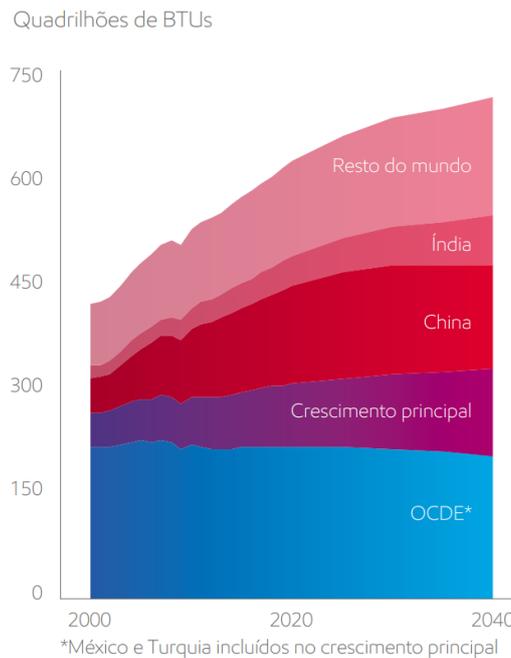
Em 2040, cerca de 60 % dos residentes de regiões que não fazem parte Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE - viverão em áreas urbanas, contra 30 % em 1980. Ao mesmo tempo, a eficiência servirá para compensar o crescimento da demanda. Por conta própria, a população e o PIB até 2040 poderiam levar a um aumento na demanda de energia global de mais de 100 %. Porém, grande parte desse aumento será evitado por avanços na eficiência energética, como o combustível que será economizado com o uso de carros mais avançados, com maior economia de combustível, que entrarão no mercado (EXXONMOBIL,2014).

No Brasil, o consumo de eletricidade cresceu a uma taxa média 1,1% em janeiro de 2015 em relação ao mesmo mês do ano anterior, com um consumo total de 40.660 Giga-Watt-Hora – GWh. O consumo residencial, no Brasil, evoluiu, em

média, 6,1%, enquanto o industrial caiu 4,7%, evidenciando um maior uso social da energia (EXXONMOBIL,2014).

De 2010 a 2040, a demanda mundial de energia deverá aumentar em cerca de 35 %. O gráfico 1 apresenta dados desse crescimento.

**Gráfico 1 - Demanda Energética Mundial.**



**Fonte: Exxomobil (2014)**

onde:

BTU = Unidade Térmica Britânica de Energia;

1 BTU = 1 055,05585 joules.

## 1.1 TEMA

Devido a essa previsão do aumento da demanda, no mundo todo e no Brasil são tomadas algumas providências para que futuramente possamos suprir todas as necessidades da população em termos de produção de energia. Levando sempre em consideração a eficiência energética e a procura pela utilização de recursos renováveis, e que causem o mínimo de impacto ambiental.

Pensando nisso, em abril de 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL - aprovou regras que reduzem as barreiras para a implantação de geração distribuída de pequeno porte (geração de energia elétrica próxima ao local de

consumo ou na própria instalação consumidora). A norma cria o Sistema de Compensação de Energia, que permite ao consumidor e à indústria instalar pequenos geradores em sua unidade consumidora e trocar energia com a distribuidora local. A regra é válida somente para geradores que utilizem fontes incentivadas de energia, tais como hídrica, eólica, solar, biomassa e cogeração qualificada\*.

Baseado na norma regulamentadora da ANEEL nº482/2012, a Companhia Paranaense de Energia – COPEL - criou em fevereiro de 2014 a norma técnica 905200 sobre o acesso de micro e mini geração ao sistema de distribuição de energia elétrica.

A norma se estende para qualquer sistema de geração elétrica, desde que esse sistema seja com geração de até 1MW e faça o uso de energias renováveis.

Com esse sistema, uma fábrica, por exemplo, instalará uma unidade geradora que produzirá energia e o que não for utilizado será injetado no sistema da distribuidora, que utilizará o crédito para abater o consumo da fábrica nos meses subsequentes.

Os créditos poderão ser utilizados em um prazo de 36 meses e as informações são repassadas através das faturas à fábrica, para que esta tenha controle sobre o saldo de energia.

Uma fábrica que tenha filiais e optar por participar do Sistema de Compensação de Energia também poderá utilizar o excedente produzido em uma de suas instalações para reduzir a fatura de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física - CPF - ou Cadastro de Pessoa Jurídica – CNPJ - junto ao Ministério da Fazenda tenha a mesma titularidade, ou seja, o mesmo CPF ou CNPJ cadastrado (ANEEL, 2012-B).

Uma das vantagens do sistema em relação à geração centralizada tradicional é a economia dos investimentos em transmissão, redução das perdas nas redes e melhoria da qualidade do serviço de energia elétrica.

---

\* Processo de cogeração de energia que satisfaz os requisitos estabelecidos pela Resolução ANEEL nº 021/2000. A resolução define cogeração como o processo de produção combinada de calor útil e energia mecânica, geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia química disponibilizada por um ou mais combustíveis.

### 1.1.1 Delimitação do Tema

A Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, criou a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que foi concebida com a missão de proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

Compete à ANEEL, fundamentalmente, exercer a regulação e fiscalização sobre a geração, transmissão, comercialização e distribuição de energia elétrica, buscando harmonizar os interesses do Estado, dos agentes e dos consumidores.

No exercício das suas competências legais, portanto, a Agência promoveu a Consulta Pública nº 15/2010 (de 10 de setembro a 9 de novembro de 2010) e a Audiência Pública nº 42/2011 (de 11 de agosto a 14 de outubro de 2011), as quais foram instauradas com o objetivo de debater os dispositivos legais que tratam da conexão de geração distribuída de pequeno porte na rede de distribuição.

Como resultado desse processo de consulta e participação pública na regulamentação do setor elétrico, a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012 estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e criou o sistema de compensação de energia elétrica correspondente (ANEEL, 2014).

Em fevereiro de 2014 a Copel publicou e revisou em agosto de 2014 a norma NTC 905200, esta que explica como deve ser feita o acesso de micro e mini geração distribuída ao sistema.

Este trabalho consiste em analisar e mostrar as vantagens e desvantagens desse processo a fim de incentivar a micro e mini geração para compensação de energia, além de ajudar no entendimento das normas, tanto da ANEEL - nº482/2012 quanto da Copel - NTC 905200.

Ainda será feita uma análise com respeito à viabilidade técnica e econômica de uma possível instalação deste sistema em relação a seu custo benefício.

Para ampliar a compreensão desta norma será brevemente abordado a resolução normativa da ANEEL - nº482/2012 - e o módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST.

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Por serem recém-criadas, tais normas das concessionárias de energia elétrica estão ainda passando por processos de revisão, podendo assim conter diversas atualizações. Faz-se então necessário o estudo das mesmas, e de seus mais recentes ajustes.

E em relação à construção de uma central hidrelétrica de geração - CGH, há de se considerar o fato de que não é uma tarefa simples, mesmo que esta seja de pequeno porte. Problemas como questões ambientais e normativas, além de viabilidade do projeto em relação a seu custo/benefício devem ser levados em conta.

Em Rio Branco do Sul existe uma micro central hidrelétrica MCH que se encontra em estado de deterioração tanto em sua estrutura quanto em seus equipamentos. O proprietário procurou a universidade onde uma parceria entre o proprietário e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná por intermédio de seus alunos para revitalização da Usina.

A MCH de Rio Branco do Sul é uma usina tipo fio d'água que não armazena água em um reservatório, a água segue seu ciclo passando pela barragem. A estrutura da usina contém: barragem, tomada d'água, conduto forçado, canal de fuga, casa de máquinas, equipamentos eletromecânicos, uma subestação, entre outras partes.

Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise da viabilidade técnica e econômica para uma possível reativação da MCH.

## 1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é fazer uma análise técnica/econômica para mostrar as vantagens e dificuldades da implementação de uma MCH. Além de fazer uma ambientalização com a norma NTC 905200, criada pela COPEL, para tentar estimular a adesão do Sistema de Compensação de Energia instituído pela Resolução Normativa da ANEEL nº 482/2012.

### 1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral consiste em fazer um estudo da viabilidade técnica e econômica da adesão ao Sistema de Compensação de Energia, sendo aplicado

como exemplo para este trabalho a MCH de Rio Branco do Sul - que será avaliado ao decorrer deste - utilizando a norma da Copel (NTC 905200), assim como analisar suas vantagens e desvantagens.

- Objetivos Específicos;
- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o tema;
- Ambientação às normas;
- Aplicação do sistema (Usina de Rio Branco);
- Método de conexão ao sistema de distribuição;
- Levantamento de carga do consumidor;
- Definição das condições de operação e falta a serem consideradas;
- Análise técnica/econômica;
- Análise dos resultados e conclusões;
- Redação da monografia de conclusão de curso.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Devido à necessidade pelo futuro aumento da demanda de eletricidade e da dependência de recursos geradores de energia, a norma NTC 905200 é vista como um método para compensação de energia elétrica, gerando assim economia ao usuário e ajudando a assegurar nossos sistemas geradores atuais.

#### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho foi dividido em quatro capítulos, tendo o primeiro sendo a introdução, o segundo capítulo seria a fundamentação teórica desse trabalho, o terceiro capítulo faz menção ao estudo realizado nesse trabalho intitulado como o estudo de viabilidade técnica econômica do potencial hídrico, e por quarto e último capítulo antes de referenciar esse trabalho conclui o estudo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CENÁRIO ENERGÉTICO

O consumo de energia no Brasil tem crescido a taxas consideravelmente elevadas desde a década de 1970. Analisando os dados de crescimento da economia brasileira, mesmo com todas as dificuldades da década de 80, o país cresceu no consumo de energia ao redor de 8% em média no período de 1970 a 1995. Os fatores que justificam este crescimento são o aumento populacional, a concentração populacional nas áreas urbanas e a expansão do PIB por conta da ampliação do parque industrial (MARTINEZ, 1997).

Atualmente, do total da energia produzida e/ou vendida no Brasil, cerca de 71% provém de usinas hidrelétricas. A seca e o baixo nível dos reservatórios do Sudeste/Centro-Oeste fizeram o preço da energia elétrica no mercado de curto prazo aumentar. Por causa, entre outros fatores, da falta de chuvas, as tarifas de energia elétrica devem subir de 30% a 40% para o consumidor (ATRIA, 2015).

Esta situação irá influenciar, de forma diferenciada, os orçamentos de todos os brasileiros, em função da despesa corrente com energia elétrica. O recurso do uso de fontes alternativas de energia é sem dúvida uma estratégia de investimento que permitiria atingir uma maior independência financeira, tanto para as empresas como para as pessoas físicas. Não é apenas pelo dinheiro economizado, mas também pela oportunidade de não depender mais pelas futuras evoluções do mercado energético no Brasil.

A projeção de aumento das tarifas é bem maior do que a calculada pelo Ministério das Minas e Energia – MME, sentidas pelos consumidores atualmente, onde o aumento seria de 12% para nossa região (Paraná) em questão e o que podemos acompanhar, somando os aumentos, aproxima-se de 25%. Em parte isso ocorre porque, sem chuvas, é preciso acionar usinas termelétricas, cujo custo de operação é maior. Consumidores e empresas já vêm sentindo os efeitos da crise no setor energético.

A ANEEL aprovou em 2015 diversos aumentos para variadas regiões do país. Entre as maiores distribuidoras, os maiores aumentos são da COPEL (36,4%), que atende a clientes no Paraná, da ELETROPAULO (31,9%), que atua em São Paulo, e (28,8%) da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG (AMATO, 2015).

Os altos preços da eletricidade geram inconvenientes ao País que vão muito além das elevadas contas que chegam todos os meses às casas de milhões de brasileiros. O maior mal causado pelas altas tarifas de eletricidade, no entanto, é de fato sentido pelas indústrias do País.

Além disso, o cenário de incertezas sobre o suprimento energético estaria levando muitas empresas a revisar seus planos de investimentos. Com a ameaça de racionamento, muitas indústrias já decidiram reduzir a sua produção no país, substituindo-a por importações ou remanejando a produção para o exterior – o que é um duro golpe na indústria, e pode ter consequências muito severas para a economia.

Dado o baixo nível dos reservatórios e o elevado acionamento de usinas termelétricas para suprir a crescente demanda por energia, fica claro que a situação estrutural e conjuntural que o Brasil passa hoje se prolongará no futuro (ATRIA, 2015).

## 2.2 GERAÇÃO HÍDRICA E CLASSIFICAÇÃO CONFORME A POTÊNCIA INSTALADA

A energia hidrelétrica é gerada pelo aproveitamento do fluxo das águas em uma usina na qual as obras civis (que envolvem tanto a construção quanto o desvio do rio e a formação do reservatório) são tão ou mais importantes que os equipamentos instalados. Por isso, ao contrário do que ocorre com as usinas termelétricas (cujas instalações são mais simples), para a construção de uma hidrelétrica é imprescindível a contratação da chamada indústria da construção pesada (ANEEL, 2008).

A primeira usina hidrelétrica, situada na bacia do Jequitinhonha, no município de Diamantina, então na província de Minas Gerais, recebeu o nome de Ribeirão do Inferno. A usina, do tipo fio d'água, foi instalada em uma queda de cinco metros e possuía apenas dois dínamos de aproximadamente 3 e 6 quilowatts - kW, que geravam energia capaz de movimentar bombas d'água para desmonte das formações nas minas de diamante.

A pequena Ribeirão do Inferno detinha outro grande feito para a época: possuía a maior linha de transmissão do mundo, com 2 km de extensão (MULLER, 1995).

Em pouco mais de 100 anos, a potência instalada das unidades geradoras aumentou significativamente, chegando a 14.000 MW, como é o caso da binacional Itaipu, construída em parceria por Brasil e Paraguai e hoje a segunda maior hidrelétrica em operação do mundo. Mas, o princípio básico de funcionamento para produção e transmissão da energia se mantém inalterado. O que evoluiu foram as tecnologias que permitem a obtenção de maior eficiência e confiabilidade do sistema. As principais variáveis utilizadas na classificação de uma usina hidrelétrica são:

- altura da queda d'água;
- vazão;
- capacidade ou potência instalada;
- tipo de turbina empregada;
- localização;
- tipo de barragem;
- reservatório.

Todos são fatores interdependentes. Assim, a altura da queda d'água e a vazão dependem do local de construção e determinará qual será a capacidade instalada, que por sua vez, determina o tipo de turbina, barragem e reservatório.

Existem dois tipos de reservatórios:

- acumulação;
- fio d'água.

Os primeiros, geralmente localizados na cabeceira dos rios, em locais de altas quedas d'água, dado o seu grande porte permitem o acúmulo de grande quantidade de água e funcionam como estoques a serem utilizados em períodos de estiagem. Além disso, como estão localizados a montante das demais hidrelétricas, regulam a vazão da água que irá fluir para elas, de forma a permitir a operação integrada do conjunto de usinas.

As unidades a fio d'água geram energia com o fluxo de água do rio, ou seja, pela vazão com mínimo ou nenhum acúmulo do recurso hídrico. A queda d'água, no geral, é definida como de alta, baixa ou média altura.

De acordo com o Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas – CEPERCH - (2008) considera-se baixa queda uma altura de até 15 metros e alta queda, superior a 150 metros. Mas não há consenso com relação a essas medidas.

A potência instalada determina se a usina é de grande ou médio porte ou uma Pequena Central Hidrelétrica - PCH. A ANEEL adota três classificações:

- Centrais Geradoras Hidrelétricas (com até 3 MW de potência instalada);
- Pequenas Centrais Hidrelétricas (entre 3 MW e 30 MW de potência instalada);
- Usina Hidrelétrica de Energia (UHE, com mais de 30 MW).

O porte da usina também determina as dimensões da rede de transmissão que será necessária para levar a energia até o centro de consumo. Quanto maior a usina, mais distante ela tende a estar dos grandes centros. Assim, exige a construção de grandes linhas de transmissão em tensões alta e extra alta (de 230 quilovolts a 750 quilovolts - kV) que, muitas vezes, atravessam o território de vários Estados.

Já as PCH's e CGH's, instaladas junto a pequenas quedas d'águas, no geral abastecem pequenos centros consumidores (inclusive unidades industriais e comerciais) e não necessitam de instalações tão sofisticadas para o transporte da energia.

No Brasil, de acordo com o Banco de Informações da Geração – BIG da ANEEL, em Maio de 2015, existem em operação 504 CGH's, com potência total outorgada de aproximadamente 335 MW; 474 PCH's (4,8 mil MW de potência outorgada) e 200 UHE com uma capacidade total instalada de 87.000 MW, de acordo com a tabela 1. A tabela 2 serve para termos de comparação com o ano de 2008. Nota-se que a quantidade CGH's e PCH's, assim como suas respectivas potências praticamente dobrou.

**Tabela 1 - Empreendimentos em Operação em 2015**

Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	504	334.357	336.035	0,24
EOL	258	6.272.733	6.182.897	4,5
PCH	474	4.820.644	4.798.550	3,49
UFV	23	15.233	11.233	0,01
UHE	200	87.308.465	85.078.338	61,91
UTE	2.650	40.654.082	39.031.068	28,4
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,45
<b>Total</b>	<b>4.111</b>	<b>141.395.514</b>	<b>137.428.121</b>	<b>100</b>

Fonte: ANEEL (2015)

**Tabela 2 - Empreendimentos em Operação em 2008**

Tipo	Quantidade	Potência outorgada (kW)	Potência fiscalizada (kW)	%
CGH	227	120.009	146.922	0,11
EOL	17	272.650	289.150	0,26
PCH	320	2.399.598	2.381.419	2,29
SOL	1	20	20	0
UHE	159	74.632.627	74.851.831	71,20
UTE	1.042	25.383.920	22.585.522	24,22
UTN	2	2.007.000	2.007.000	1,92
<b>Total</b>	<b>1.768</b>	<b>104.815.824</b>	<b>102.261.864</b>	<b>100,0</b>

Fonte: ANEEL (2008)

No passado, o parque hidrelétrico chegou a representar 90% da capacidade instalada. Esta redução mostrada nas tabelas 1 e 2 acima tem três razões. Primeira, a necessidade da diversificação da matriz elétrica prevista no planejamento do setor elétrico de forma a aumentar a segurança do abastecimento. Segunda, a dificuldade em ofertar novos empreendimentos hidráulicos pela ausência da oferta de estudos e inventários. A terceira, o aumento de entraves jurídicos que protelam o licenciamento ambiental de usinas de fonte hídrica e provoca o aumento constante da contratação em leilões de energia de usinas de fonte térmica, a maioria que queimam derivados de petróleo ou carvão (ANEEL, 2008-A).

## 2.3 TIPOS DE USINAS HIDRELÉTRICAS

### 2.3.1 Pequena Central Hidrelétrica – PCH

Pequena central hidrelétrica (PCH), segundo definição da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), é uma usina de pequeno porte com capacidade instalada maior do que 3 MW e no máximo 30 MW.

Outro limite da PCH é o tamanho de seu reservatório, que para ser classificada desta forma, não pode ultrapassar os 3 km<sup>2</sup>.

Os tipos de PCH, quanto à capacidade de regularização do reservatório, são:

- A Fio d'Água;
- De Acumulação, com Regularização Diária do Reservatório;
- De Acumulação, com Regularização Mensal do Reservatório.

#### 2.3.1.1 PCH a fio d'água

Esse tipo de PCH é empregado quando as vazões de estiagem do rio são iguais ou maiores que a descarga necessária à potência a ser instalada para atender à demanda máxima prevista (STANO JÚNIOR, 2008).

Nesse caso, despreza-se o volume do reservatório criado pela barragem. O sistema de adução deverá ser projetado para conduzir a descarga necessária para fornecer a potência que atenda à demanda máxima. O aproveitamento energético local será parcial e o vertedouro funcionará na quase totalidade do tempo, extravasando o excesso de água (SOUZA, 1999).

Esse tipo de PCH apresenta, dentre outras, as seguintes simplificações dispensa estudos de regularização de vazões, dispensa estudos de sazonalidade da carga elétrica do consumidor, facilita os estudos e a concepção da tomada d'água (ELETROBRÁS, 2012).

No projeto não havendo flutuações significativas do NA – Nível de Água - do reservatório, não é necessário que a tomada d'água seja projetada para atender as reduções do NA; do mesmo modo, quando a adução primária é projetada através de canal aberto, a profundidade do mesmo deverá ser a menor possível, pois não haverá a necessidade de atender às depleções; pelo mesmo motivo, no caso de haver necessidade de instalação de chaminé de equilíbrio, a sua altura será mínima, pois o valor da depleção do reservatório, o qual entra no cálculo dessa altura, é desprezível; as barragens serão, normalmente, baixas, pois têm a função apenas de desviar a água para o circuito de adução; como as áreas inundadas são pequenas, os valores despendidos com indenizações serão reduzidos (STANO JÚNIOR, 2008).

### 2.3.1.2 PCH de acumulação, com regularização diária do reservatório

Empregado em casos onde as vazões de estiagem do rio são inferiores à vazão necessária para o fornecimento de potência para suprir a demanda máxima do mercado consumidor. Nessa situação um aditivo será fornecido pelo reservatório para que atenda a demanda desejada (ELETROBRÁS, 2012).

### 2.3.1.3 PCH de acumulação, com regularização mensal do reservatório

Quando o projeto de uma PCH considera dados de vazões médias mensais no seu dimensionamento energético, analisando as vazões de estiagem médias mensais, pressupõe-se uma regularização mensal das vazões médias diárias, promovida pelo reservatório (ELETROBRÁS, 2012).

## 2.3.2 Central Geradora Hidrelétrica – CGH

O aproveitamento de um potencial hidráulico para geração de energia, com potência instalada inferior até 3 MW, é definido como Central Geradora Hidrelétrica (ANEEL, 2015).

As CGH's independem de concessão ou autorização, devendo apenas ser realizado um registro na Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

A utilização ou a comercialização dessa energia pode trazer benefícios financeiros. O valor desse benefício varia com uma série de fatores como a utilização da energia, a disponibilidade de outros recursos, o custo com a interligação com um sistema de distribuição, a tarifa de compra de energia e a tarifa de venda de energia.

Por outro lado, a construção de uma CGH envolve uma série de custos com estudos iniciais, desenvolvimento, projetos, equipamentos, estruturas, operação e manutenção (ANEEL, 2013).

Fica evidente que antes de iniciar o projeto de uma CGH, é necessária a realização de um estudo de viabilidade econômica e, para isso, deve-se estimar o custo e o benefício da CGH. É importante que essa análise permita a comparação entre diversas possibilidades de arranjo e de dimensionamento de componentes.

### 2.3.3 USINA HIDRELÉTRICA – UHE

Segundo ANEEL o sistema de geração com potência instalada acima de 30 MW será considerado uma usina de grande porte, ou Usina Hidrelétrica.

Uma usina hidrelétrica pode ser definida como um conjunto de obras e equipamentos cuja finalidade é a geração de energia elétrica, através de aproveitamento do potencial hidráulico existente em um rio.

O potencial hidráulico é proporcionado pela vazão hidráulica e pela concentração dos desníveis existentes ao longo do curso de um rio. Isto pode se dar:

- de forma natural, quando o desnível está concentrado numa cachoeira;
- através de uma barragem, quando pequenos desníveis são concentrados na altura da barragem;
- através de desvio do rio de seu leito natural, concentrando-se os pequenos desníveis nesse desvio.

Basicamente, uma usina hidrelétrica compõe-se das seguintes partes:

- barragem;
- sistemas de captação e adução de água;
- casa de força;
- sistema de restituição de água ao leito natural do rio.

Cada parte se constitui em um conjunto de obras e instalações projetadas harmoniosamente para operar, com eficiência, em conjunto.

Lembrando que o princípio básico de funcionamento de uma hidrelétrica é praticamente o mesmo para todas as classificações anteriores, independentemente se é de pequeno, médio ou grande porte.

### 2.3.4 Micro Central Hidrelétrica – MCH

Segundo a Eletrobrás as MCH's estão classificadas dentro do conceito geral das Pequenas Centrais Hidrelétricas, identificadas de acordo com grandezas como potência de até 100 [kW], altura de queda menor que 3 metros, vazão inferior a 2 metros cúbicos por segundo, e período de implantação máximo de seis meses.

As micro usinas hidrelétricas ou mini centrais hidrelétricas, produzem eletricidade utilizando o potencial hidráulico existente num rio. As micro usinas hidrelétricas convertem a energia da cinética da água em energia elétrica. A energia produzida é renovável e o processo não emite gases poluentes.

O conceito de desenvolvimento sustentável baseia-se no uso prudente de recursos naturais. Isto, em outras palavras, significa manter o equilíbrio frágil entre o uso de recursos e a exploração. Encontrar o equilíbrio é uma tarefa difícil, estabelecer um limite na consideração, pois são feitas exigências excessivas aos recursos limitados.

As causas e efeitos do problema ambiental surgindo de uma abordagem desequilibrada e com tecnologia inapropriada tal como nas grandes usinas hidrelétricas que são complexas e cujo seu impacto ambiental não é medível, mas que pode ser irreversível.

Contudo, a única solução para estes problemas é minimizar os impactos ambientais, assim quanto menor for a usina hidrelétrica, menor será o seu impacto. É aqui que as micro usinas hidrelétricas desempenham um papel importante, pois raramente causam algum dano ambiental.

As micro centrais hidrelétricas tem a habilidade de produzir energia suficiente para atender as necessidades básicas de um domicílio rural mesmo em pequenos potenciais hidráulicos.

Apesar do esforço que o governo tem feito para levar energia elétrica no campo por meio de sistemas interligados, ainda assim em muitas localidades isso é inviável.

Problemas tais como grandes extensões de redes convencionais, sistemas de geração descentralizados, redes isoladas ou sistemas individuais, culminam na inviabilização de tais projetos.

Por isso, dos 5,5 milhões de propriedades rurais brasileiras, somente pouco mais de 1 milhão são abastecidas com energia elétrica das concessionárias. Os 4,5 milhões restantes têm como opção o uso de moto-geradores (Diesel e gasolina), da energia solar para aquecimento de água, iluminação e acionamento de motores de baixa potência, da energia eólica (geração de eletricidade e bombeamento de água) e por meio do aproveitamento de cursos d'água que fazem o acionamento de micro centrais para gerar energia elétrica (ELETROBRÁS,2015).

Frente a este cenário a racional implantação de micro usinas hidrelétricas tornou-se uma alternativa plausível para as comunidades rurais na medida em que oferece condições técnico/econômicas, sem contar que hoje a realidade em função da alta demanda e a escassez energética do planeta é muito mais complexa do que se pode imaginar (ELETROBRÁS,2015).

Os pequenos aproveitamentos hídricos voltaram a receber substancial atenção por parte dos órgãos federais.

As micro usinas hidrelétricas têm uma série de vantagens sobre outras formas de produzir energia, algumas delas estão indicadas abaixo.

- constante fornecimento de eletricidade;
- baixo impacto ambiental;
- baixo ruído e poluição do ar;
- reflorestação na área de captação de água;
- reduz o risco de inundações;
- não causa o potencial submergimento da floresta/terra agrícola;
- não produz gases contribuintes para o efeito estufa, nem poluentes do ar ou quaisquer desperdícios;
- energia em áreas remotas e montanhosas onde não existe a extensão do sistema público de distribuição de energia;
- fornecimento de água;
- irrigação a pequena escala.

O princípio de funcionamento de uma micro usina hidrelétrica, como já mencionado anteriormente, é o mesmo de uma usina hidrelétrica qualquer, onde se utiliza a força de uma queda d'água, de um córrego, rio ou igarapé.

A energia cinético-hidráulica derivada desta queda é convertida em energia mecânica por meio de uma turbina hidráulica que por sua vez a converte em energia elétrica por um gerador, sendo esta energia transportada por pequenas linhas de transmissão.

### 2.3.5 RESUMO DE CENTRAL GERADORA EM RELAÇÃO A POTENCIA.

Para deixar claro e facilitar o conhecimento do tema será resumindo a central geradora de acordo com sua potencia.

- MICRO CENTRAL GERADORA – Potencia instalada até 100kW
- MINI CENTRAL GERADORA – Potencia instalada de 100kW até 1.000kW
- PEQUENA CENTRAL GERADORA – Potencia Instalada de 1.000kW até 30.000kW

### 2.4 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA

Com o objetivo de promover maior eficiência energética e melhor aproveitamento dos recursos naturais associados à energia elétrica, o sistema de compensação de energia é um método de troca entre o consumidor final e a distribuidora local. Esse processo é possível graças a pequenos geradores que, ao constatar que a energia recebida não está sendo utilizada, (a energia excedente devolve para a fornecedora.

O sistema de compensação de energia é regulamentado pela ANEEL desde 2012, e só pode ser aplicado no caso de energia hídrica, solar, eólica, de cogeração qualificada ou biomassa. O objetivo disso é promover e incentivar cada vez mais o uso de energia limpa e sustentável em todo o país, tanto no aspecto residencial como industrial.

Quem investe no sistema de compensação de energia elétrica tem como benefício a possibilidade de abatimento do próprio consumo de energia: quando ele devolve a energia elétrica que não utiliza, fica com um “saldo positivo” que pode ser deduzido da próxima fatura, ou nos 36 meses seguintes.

Esse desconto também pode ser transferido para outra unidade consumidora, desde que esteja dentro da mesma área de concessão e sob o nome do mesmo titular. Esse é um benefício muito utilizado por indústria de grande porte que possuem várias unidades consumidoras de energia local.

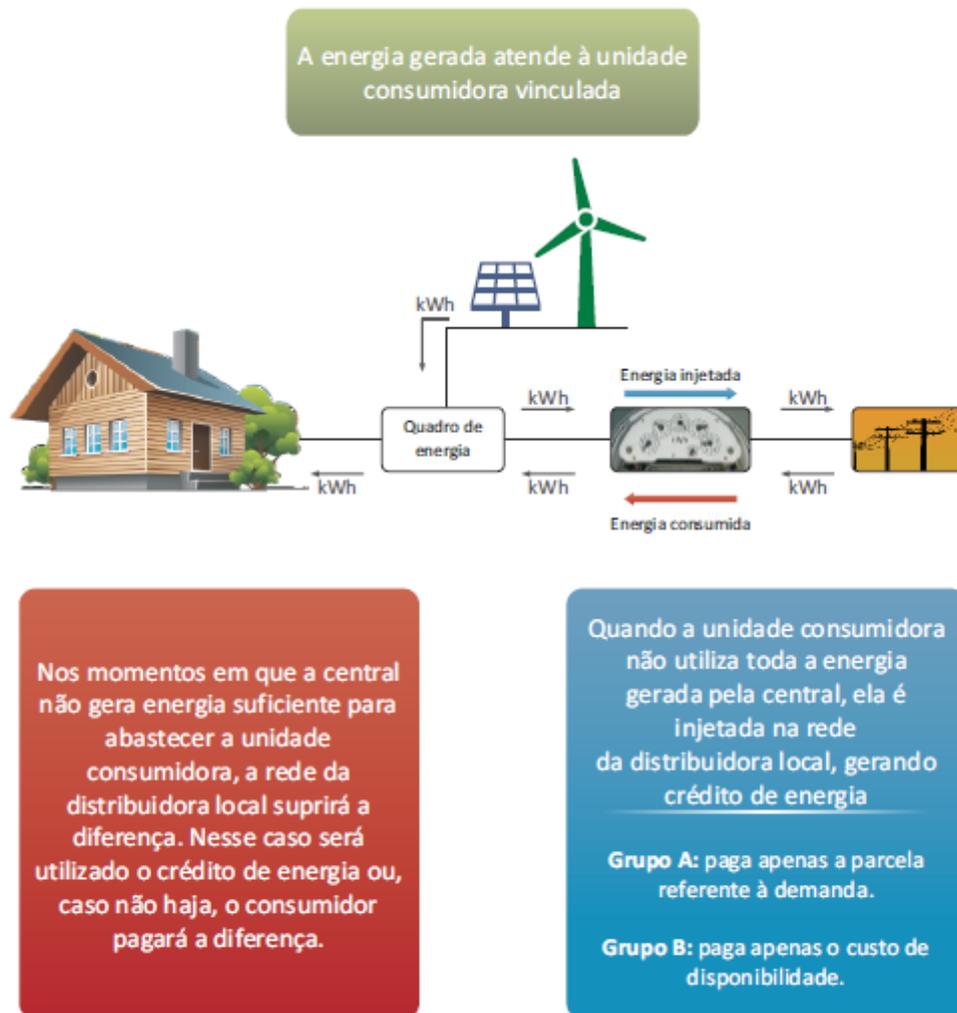
Além do consumidor final, o sistema de compensação de energia também traz benefícios para o meio ambiente. Isso porque o processo permite economizar com investimentos em transmissão de energia, incentiva o uso de fontes renováveis e favorece o melhor aproveitamento dos recursos.

Desde 17 de abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e da mini geração distribuídas de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e auto sustentabilidade.

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles, está o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2012C).

A figura 1 abaixo demonstra de forma didática um sistema de compensação de energia. Note que neste exemplo a geração é feita a partir da energia mista eólica/solar, mas lembrando de que poderia ser de qualquer outra fonte renovável.

**Figura 1 – Sistema de Compensação de Energia**



Fonte: CARVALHO, 2014

## 2.5 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Geração Distribuída (GD) é uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es) independente da potência, tecnologia e fonte de energia. As tecnologias de GD têm evoluído para incluir potências cada vez menores. A GD inclui: co-geradores, geradores que usam como fonte de energia resíduos combustíveis de processo, geradores de emergência, geradores para operação no horário de ponta, painéis fotovoltaicos, centrais Hidrelétricas de geração - CGH's.

O conceito envolve, ainda, equipamentos de medida, controle e comando que articulam a operação dos geradores e o eventual controle de cargas (ligamento/desligamento) para que estas se adaptem à oferta de energia.

A GD tem vantagem sobre a geração central, pois economiza investimentos em transmissão e reduz as perdas nestes sistemas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica (INEE, 2012).

### 2.5.1 Vantagens

As vantagens atribuídas à GD são contempladas pela temática do meio ambiente e do setor elétrico.

Do lado do meio ambiente temos:

- contribuição na redução das emissões de gases de efeito estufa e para a mitigação da mudança climática devido ao uso de recursos energéticos distribuídos;
- minimização dos impactos ambientais, pela redução das necessidades de grandes instalações de geração de cargas e extensas linhas de transmissão;
- diminuição do uso de fontes de energia não renováveis;
- diminuição do desmatamento;
- possibilidade de melhorar a eficiência energética;
- uso adequado dos recursos renováveis.

Do lado do setor elétrico temos:

- a diversidade de investimentos privados gerados pela GD tende a ampliar o número de agentes geradores e participantes do setor elétrico, distribuídos regionalmente (COGEN, 2013);
- atendimento mais rápido ao crescimento da demanda (ou à demanda reprimida) por ter um tempo de implantação inferior ao de acréscimos à geração centralizada e reforços das respectivas redes de transmissão e distribuição;

- diminuição da dependência do parque gerador despachado centralizadamente, mantendo reservas próximas aos centros de carga (COGEN, 2013);
- agilização no atendimento ao crescimento da demanda, inserindo menor prazo e menor complexidade no licenciamento e na liberação para implantação dos projetos (COGEN, 2013);
- aumento da estabilidade do sistema elétrico, pela existência de reservas de geração distribuída (INEE, 2001);
- redução das perdas na transmissão e dos respectivos custos, e adiamento no investimento para reforçar o sistema de transmissão (INEE, 2001);
- redução dos investimentos para implantação, inclusive os das concessionárias para o suprimento de ponta, dado que este passa a ser compartilhado (“peak sharing”), e os de todos os produtores para reservas de geração (que podem ser alocadas em comum) (INEE, 2001);
- contribuição para a abertura do mercado energético, com a criação de regulamentação jurídica própria, que podem representar uma grande oportunidade comercial.

### 2.5.2 Desvantagens

A GD acarreta desvantagens devidas ao aumento do número de empresas e entidades envolvidas, à desvinculação entre interconexão física e intercâmbio comercial e o custo da tecnologia.

Do lado do setor elétrico:

- a concessionária a qual vai se conectar a um produtor independente pode ser apenas transportadora e não compradora da energia que lhe é entregue por aquele produtor para um cliente remoto;
- maior complexidade no planejamento e na operação do sistema elétrico;

- maior complexidade nos procedimentos e na realização de manutenções, inclusive nas medidas de segurança a serem tomadas e na coordenação das atividades;
- possível diminuição do fator de utilização das instalações das concessionárias de distribuição, o que tende a aumentar o preço médio de fornecimento das mesmas;
- remuneração de investimentos de concessionárias, decorrentes ou afetados pela interconexão (INEE, 2001).

## 2.6 NTC 905200 – ACESSO DE MINI E MICRO GERAÇÃO

A fim de que a central geradora seja caracterizada como micro ou mini geração distribuída, são obrigatórias as etapas de solicitação e de parecer de acesso. A solicitação de acesso é o requerimento formulado pelo acessante (consumidor), e que, uma vez entregue à acessada (distribuidora), implica em prioridade de atendimento, de acordo com a ordem cronológica de protocolo.

Nessa solicitação de acesso deve constar o projeto das instalações de conexão (memorial descritivo, localização, arranjo físico, diagramas), além de outros documentos e informações eventualmente solicitados pela distribuidora.

Em contrapartida, o parecer de acesso é o documento formal apresentado pela acessada (sem ônus para o acessante), no qual são informadas as condições de acesso, abrangendo a conexão e o uso, bem como os requisitos técnicos que permitam a conexão das instalações do acessante e os respectivos prazos. E, quando couber, o parecer de acesso deverá também indicar: a definição do ponto de conexão; as características do sistema de distribuição acessado; a relação das obras de responsabilidade da acessada (com o cronograma de implantação); e as responsabilidades do acessante, entre outras disposições. Conforme estabelecido na seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, esse sobre (?) é simples e será mais especificado na continuação.

### 2.6.1 Solicitação de Acesso

É o requerimento formulado pelo acessante que, uma vez entregue à Copel, implica a prioridade de atendimento, de acordo com a ordem cronológica de

protocolo. A Solicitação de Acesso pode ser entregue em qualquer agência de atendimento da Copel e deve conter os seguintes itens:

- Formulário para solicitação de acesso de micro e mini geração distribuída (ANEXO A): Este formulário está disponível em formato editável no site da Copel;
- Indicação do ponto de conexão pretendido, se diferente da atual entrada de serviço da unidade consumidora;
- Projeto das instalações de conexão, incluindo memorial descritivo, localização, arranjo físico, esquemas, e demais itens relacionados em Requisitos de Projeto desta norma;
- Anotação de Responsabilidade Técnica (ART);
- Licença Ambiental de Operação, ou dispensa, emitida pelo órgão ambiental competente. A Licença Ambiental não será exigida pela Copel para empreendimentos fotovoltaicos instalados sobre telhados.

#### 2.6.2 Parecer de Acesso

É o documento formal apresentado pela Copel, sem ônus para o acessante, no qual são informadas as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso, e os requisitos técnicos para a conexão das instalações do acessante ao sistema elétrico de distribuição. A concessionária, no caso a Copel, tem 30 dias para dar o parecer a partir da solicitação de acesso (ANEXO A), em caso de mini geração esse prazo se estende para 60 dias.

#### 2.6.3 Realização de Obras

Todas as obras necessárias nas instalações da unidade consumidora, sejam referentes à implantação da central geradora ou às adequações necessárias nas instalações existentes, são de responsabilidade exclusiva do acessante.

Em caso seja necessário, aumento da demanda contratada (consumidor grupo A), ou mudança da carga instalada (consumidor grupo B), aplicam-se as

regras de participação financeira do consumidor definidas em regulamento específico.

Apenas para as geradoras classificadas como micro geração que fazem adesão ao sistema de compensação elétrica os custos de eventuais ampliações ou reforços no sistema de distribuição não deverão fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor, sendo integralmente arcados pela distribuidora (Copel).

#### 2.6.4 Vistoria e Liberação para Operação

Depois de concluídas as obras necessárias o acessante deverá solicitar formalmente a vistoria, que será realizada pela Copel em até 30 dias da solicitação. A Copel poderá solicitar o acompanhamento dos testes e ensaios no sistema que serão executados pelos profissionais contratados pelo acessante. Serão verificadas questões relacionadas à segurança, às condições operacionais da unidade geradora, ao atendimento dos requisitos mínimos de qualidade de uma instalação elétrica e à funcionalidade dos esquemas de proteção, controle, sinalização e sistema de aterramento.

#### 2.6.5 Liberação de Inversores

Inversor é um componente do sistema de geração que converte em corrente alternada (compatível com a rede elétrica) a energia produzida em corrente contínua pelas unidades geradoras, sendo geralmente utilizado em sistemas de geração cuja fonte é solar ou eólica. Nem todos os sistemas de geração necessitam de inversor. O profissional responsável pelo projeto e instalação da central geradora identificará quando for indicado seu uso.

Internamente, o inversor deve conter funções de proteção e seu funcionamento deve atender as normas NBR vigentes e, por isso, somente será aceita a utilização de modelos com certificados e/ou declarações verificadas pela Copel ou modelos etiquetados pelo INMETRO, conforme o caso.

Os inversores cujos modelos não estiverem previamente liberados pela Copel, não poderão ser conectados à rede de distribuição.

Segue abaixo na tabela 3 e 4 a lista dos modelos já liberados pela Copel.

**Tabela 3 - Inversor para Sistema de Energia Fotovoltaica até 10 kW**

Fabricante	Modelo	Potência (kWp)
ABB	PVI 3.0*/3.6*/4.2*/5000*/6000*/10.0* (*-TL-OUTD)	3,0/3,6/4,2/5,0/6,0/10,0
ABB	TRIO 5.8*/7.5*/8.5* (*-TL-OUTD)	5,8/7,5/8,5
ABB	UNO 2.0-I-OUTD/2.5-I-OUTD	2,0/2,5
Advanced Energy	PV Powered - PVP2000	2,0
Astronergy	CHPI 1.5KTL/2KTL/3KTL/4KTL/4.4KTL/5KTL	1,6/2,0/2,85/4,2/4,6/5,2
B&B Power	SF 1600TL/3000TL/5000TL	1,6/3,0/5,0
Chint Power	CPS SCE 1.5KTL/2KTL/3KTL/4KTL-O/4.6KTL-O	1,5/2,0/3,0/4,0/4,6
Chint Power	CPS SCA 8KTL/10KTL	8,0/10,0
Compact Cia	500W / 127V - 1000W / 220V	0,5/1,0
CP Eletrônica	INVSOL 1000	1,0
Enphase Energy	M215	0,27
Fronius	IG Plus 25/30/35/50/55/60V-1	2,6/3,0/3,5/4,0/5,0/6,0
Fronius	Galvo 2.5-1/3.0-1	2,5/3,0
iEnergy	GT260	0,23
KLNE	Sunteams 1500/2000/3000/4000/5000	1,5/2,0/3,0/4,0/5,0
Outback Power	GTFX2524*/GTFX3048*/GVFX3524*/GVFX3648*	2,5/3,0/3,5/3,6
SAJ	Sununo TL1.5K/2K/3KA/3KB/4KA/4KB/5K	1,5/2,0/3,0/3,3/4,0/4,4/5,0
Santerno	M Plus 1300E/2600E/3600/3600E/4300/4300E/5300/6400/7800	1,0/2,0/2,8/2,8/3,3/3,3/4,1/4,9/6,0
Schneider	Conext RL 3000E/4000E/5000E	3,0/4,0/5,0
Schneider	Conext TL 8000E/10000E	8,0/10,0
Schneider	Conext TX2800NA/TX3300NA/TX3800NA/TX5000NA	2,8/3,3/3,8/5,0
Schneider	XW4024/XW4548/XW6048	4,0/4,5/6,0
SMA	Sunny Boy 3000-US/3800-US/4000-US	3,0/3,8/4,0
SMA	Sunny SMC 4600A/5000A/6000A/7000HV	4,6/5,0/6,0/7,0
Steca	Stecagrid 2020	2,0
Valenia	Aurus 20/30/40/50	1,7/2,5/3,4/4,2
Xantrex	GT2.5/3.0/3.3/3.8/4.0/5.0	2,5/3,0/3,3/3,8/4,0/5,0

Fonte: Micro e Mini geração – Sistema de Compensação de Energia Elétrica COPEL (2015)

**Tabela 4 - Inversores para Sistema de Energia Fotovoltaica acima de 10 kW e demais Inversores para outras Fontes de Energia:**

Fabricante	Modelo	Potência (kWp)
ABB	PVI 12.5-TL-OUTD	12,5
ABB	TRIO 20.0*/27.6* (*-TL-OUTD)	20,0/27,6
Chint Power	CPS SCA 12KTL/20KTL/25KTL	12,0/20,0/25,0
Fronius	Symo 12.5*/15.0*/17.5*/20.0* (*-3-M)	12,5/15,0/17,5/20,0
Fronius	Symo 12.0-3 208-240	12,0
Ginlong	GCI-3K-W/GCI-3K-2W/GCI-5K-2W (Eólico)	3,0/3,3/5,0
Ingeteam	Ingecon uWIND 2.5TL/3TL/3.3TL/3.68TL/3.8TL/4.6TL/5TL/6TL (Eólico)	2,5/3,0/3,3/3,68/3,8/4,6/5,0/6,0
Power-One	Aurora Trio-20.0TL-OUTD/Trio-27.6TL-OUTD	20,0/27,6
Schneider	Conext TL 15000E/20000E	15,0/20,0
Southwest Windpower	Skystream 3.7 (Eólico)	1,8
Hummer Dynamo CO., Ltda	HG-50k (Eólico)	50

Fonte: Micro e Mini geração – Sistema de Compensação de Energia Elétrica COPEL (2015)

### **3 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO POTENCIAL HÍDRICO**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Antes de verificar em detalhes os procedimentos necessários para o sistema de compensação energética estipulada pela NTC 915200 da COPEL, o qual foi introduzido nos capítulos anteriores, se faz necessário realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica (EVTE) para assim determinar os arranjos tanto os de entrada como os de proteção e seus respectivos componentes e equipamentos, por exemplo, dados necessários para entrada da documentação na COPEL para a adesão do sistema.

Para um bom laudo de viabilidade do aproveitamento em questão, é preciso um estudo longo e elaborado, o qual será dividido em 6 etapas, são elas:

1. relatório de reconhecimento da obra.
  - 1.1. descrição detalhada do rio;
  - 1.2. acessos à área de estudo;
  - 1.3. infraestrutura de apoio;
  - 1.4. levantamento fotográfico (para registro);
2. estudos anteriores e situação legal.
3. características principais do aproveitamento.
  - 3.1. finalidades do aproveitamento
4. levantamentos, estudos e investigações.
  - 4.1. topografia
    - 4.1.1. cartografia;
    - 4.1.2. verificação e validação do levantamento estudado;
    - 4.1.3. determinação da queda bruta disponível.
  - 4.2. ambientais
    - 4.2.1. área diretamente afetada;
    - 4.2.2. áreas de influência direta e indireta;
    - 4.2.3. verificação de áreas protegidas;

- 4.2.4. unidades de conservação;
- 4.2.5. quilombos;
- 4.2.6. patrimônios históricos e culturais.
- 4.3. hidrologia
  - 4.3.1. descrição da bacia hidrográfica;
  - 4.3.2. verificação de dados das estações fluviométricas e pluviométricas da região de estudo;
  - 4.3.3. avaliação da curva chave (cota x vazão), vazões específicas curvas de permanência, correlação de vazões médias mensais entre estações;
  - 4.3.4. identificação de sub-regiões homogêneas à sub-região do aproveitamento;
  - 4.3.5. escolha da metodologia a ser utilizada na determinação das vazões, com base nos dados obtidos na região.
- 4.4. estudos energéticos.
  - 4.4.1. definição de potência instalada;
  - 4.4.2. análise de alternativas de arranjos;
  - 4.4.3. análise nos custos de investimentos nas obras de geração e conexão;
  - 4.4.4. estudos de alternativas de comercialização de energia;
  - 4.4.5. alternativas de acesso ao sistema da concessionária;
- 5. orçamento estimativo preliminar.
  - 5.1. critérios adotados;
  - 5.2. custos unitários;
  - 5.3. custo total do aproveitamento.
- 6. estudos econômicos.
  - 6.1. análise custo x benefício;
  - 6.2. “pay back”, sob os vários cenários de juros, tributos, encargos, reajustes e modalidades de comercialização de energia;
  - 6.3. taxa interna de retorno;
  - 6.4. valor presente líquido.

Como o EVTE é um estudo complexo, faz-se necessário o uso de muitos recursos financeiros para mão de obra (hora-homem para análise), deslocamento e mobilidade da equipe, locação de equipamentos e gastos com documentos. Portanto, antes de realizar definitivamente um EVTE, é feita uma análise preliminar do aproveitamento para verificar se este será economicamente viável ou não.

### 3.2 ANÁLISE PRELIMINAR DO POTENCIAL ENERGÉTICO

A Análise Preliminar do Potencial Energético (APPE) é um estudo bem resumido, com poucos dados, de fácil acesso e baixo custo, que tem como intuito “prever” ou “estipular” uma potência gerada, com a finalidade de servir como dado base para analisar se a região tem um bom aproveitamento, que será dividido em 4 etapas:

- histórico de estudos existentes
- pesquisa na Aneel e localização da usina Rancharia
- calculo da potencia preliminar e energia gerada
  - determinação das quedas
  - determinação das vazões
  - estimativa da energia gerada
- estimativa da receita

#### 3.2.1 HISTÓRICO DE ESTUDOS EXISTENTES

Os aproveitamentos de potenciais hidrelétricos seguem processos distintos na ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, conforme a classificação do empreendimento, que varia de acordo com a potência instalada. Os Aproveitamentos Hidroelétricos (AHE's), até a publicação da Lei nº 13.097 de 19/01/2015, eram classificadas como Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH's) quando possuíam até 1 MW de potência instalada. A partir da referida Lei que alterou a Lei nº 9.074/1995 este limite aumentou para 3 MW.

As Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's), da mesma forma, até a publicação da Lei nº 13.097/2015, eram assim consideradas quando possuíam de 1

a 30 MW de potência instalada e atendiam à Resolução ANEEL nº652/2003. Com a alteração do limite para CGH's, as PCH's agora variam de 3 a 30 MW.

Os processos na ANEEL que envolvem o desenvolvimento de CGH's são muito simplificados, pois não é necessária a emissão de Autorização da agência para geração. Deve-se apenas efetuar um registro do empreendimento com preenchimento de formulário específico com as características técnicas da CGH e apresentar documentação que comprove o direito de livre dispor das propriedades atingidas pelo empreendimento.

No caso das PCH's, que necessitam de Autorização da ANEEL, primeiramente o aproveitamento deve ser identificado em um Estudo de Inventário Hidroenergético do rio em que se localiza, que obedece ao procedimento próprio na Agência. Caso haja mais de um interessado realizando o mesmo estudo de inventário, vence aquele que obter maior pontuação na análise dos estudos, que considera qualidade e atendimento às normas, manuais e resoluções vigentes.

Após o inventário aprovado os aproveitamentos identificados ficam disponíveis para que qualquer interessado faça o registro e inicie os Estudos de Projeto Básico da PCH.

Cabe ressaltar que para estudos de inventários aprovados que tiveram seus registros efetuados após a publicação da Resolução ANEEL nº 343 de 09/12/2008, é concedida a preferência ao desenvolvedor do inventário sobre o equivalente a 40% da potência instalada total identificada nos estudos em aproveitamentos (ANEEL, 2008).

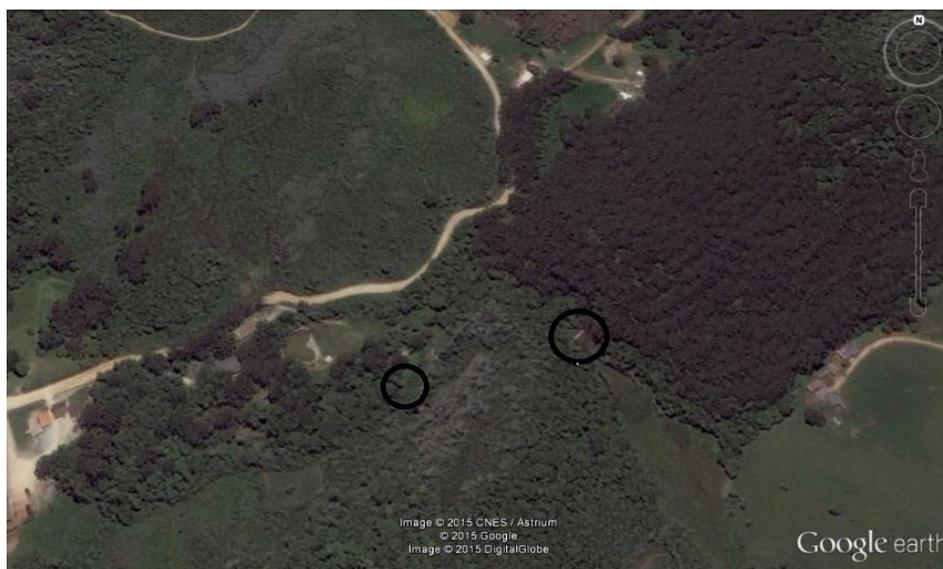
Para as PCH's não escolhidas pelo desenvolvedor e para os registros anteriores à publicação da Resolução ANEEL nº 343/2008 o critério para vencer uma disputa entre mais de um interessado no mesmo potencial é possuir o direito de livre dispor da maioria das propriedades atingidas, devidamente comprovada em cartório de registro de imóveis.

A alteração da Lei 9.074/1995 permite que diversos empreendimentos identificados como PCH's nos Estudos de Inventário sejam agora desenvolvidos como CGH's.

### 3.2.2 Pesquisa ANEEL e localização da usina Rancharia

A Usina Rancharia está localizada no município de Rio Branco do Sul localizado na Região Metropolitana Norte de Curitiba ao Leste do Estado do Paraná. A figura 2 abaixo, é uma imagem do google onde mostra uma vista aérea da usina com o local de seu reservatório e da casa de máquinas.

**Figura 2 – Localização da Usina Rancharia**



**Fonte: Google Maps**

Foram realizadas pesquisas junto à biblioteca da ANEEL visando verificar a existência de estudos de inventário ou de outras interferências no Rio Rancharia que pertence à sub-bacia do Rio Açungui, que por sua vez é afluente do Rio Ribeira bem como de aproveitamentos hidrelétricos autorizados no mesmo rio.

Na figura 3 a seguir mostra a pesquisa realizada como “Rio Rancharia”, nome identificado na Carta Topográfica. Nada consta nos registros da ANEEL a respeito deste rio, ou seja, não há estudo de inventário ou aproveitamento hidrelétrico no rio.

Figura 3 – Pesquisa de Inventários Hidrelétricos

The screenshot shows the ANEEL website's search interface. At the top, there is the ANEEL logo and navigation links: RSS, Missão e Visão, Protocolo-Geral, Biblioteca Virtual, Busca, Cadastre-se, Fale Conosco, and Processos. The main content area is titled 'Página Inicial » Biblioteca » Pesquisa On-Line » Inventários hidrelétricos'. Below this, there are links for 'Atos do Dia', 'Consultar Legislação', 'Consultar Acervo', 'Normas de Organização', 'Súmulas', and 'Vocabulário Controlado'. The search section includes a text input field with 'rancharia', a dropdown for 'Buscar em' (set to '---Todos---'), a dropdown for 'Status do Ato' (set to '---Todos---'), and a dropdown for 'Ordenar por' (set to 'NOME DO RIO'). There are 'Localizar' and 'Limpar' buttons. Below the search fields, it says 'Como pesquisar?'. At the bottom, it displays the message: 'Nenhum registro encontrado com o termo "rancharia"!'. A vertical sidebar on the left contains the text 'Abrir o menu'.

Fonte: ANEEL (2017)

Realizando a pesquisa como “Sub-Bacia Açungui” o resultado da pesquisa foi de nove potenciais com aproveitamento da sub-bacia, todos afluentes da margem direita do Rio Ribeira do Iguape, como mostra a tabela 5.

Tabela 5 - Potenciais na Sub-Bacia Açungui

AHE	Coordenadas	Posição (Dist. da Foz) [km]	Área de Drenag. [km <sup>2</sup> ]	N.A máx. normal de mont. [m]	N.A normal de jusante [m]	Potência Instalada [MW]	Área do Reservatório [km <sup>2</sup> ]
PCH Açungui 2I	25°16'58,66"S 49°37'28,33"O	83	494	635	612	2,60	1,40
PCH Açungui 2H	25°14'20,13"S 49°36'04,38"O	71	583	612	577	4,7	1,07
PCH Açungui 2G	25°13'10"S 49°34'24"O	66	759	577	534,50	5,80	0,41
PCH Açungui 2F	25°9'17"S 49°33'47"O	53	1277	534,50	500	10,20	0,82
PCH Açungui 2E	25°8'00"S 49°34'26"O	49	1292	500	484	4,70	0,26
PCH Açungui 2D	25°4'36"S 49°35'14"O	38	1369	484	450	10,80	0,76
PCH Açungui 2C	25°3'44,66"S 49°34'15,32"O	33	1393	450	415	11,30	0,60
PCH Açungui 2B	24°56'15"S 49°28'27"O	6	1710	370	347	9,10	0,81
PCH Açungui 2A <sup>(1)</sup>	24°55'13"S 49°28'33"O	2	1734	347	334 <sup>(2)</sup>	5,1	0,30

Fonte: ANEEL (2017)

Com uma pesquisa mais detalhada, apenas quatro dos potenciais listados na tabela 6 estão em vigência, são elas as PCH's:

- açungui 2B;
- açungui 2C;
- açungui 2D;
- açungui 2F.

Como demonstra a tabela 7

**Tabela 6 – Potenciais em Vigência**

9	PCH	Açungui 2A	Açungui	PR		EIXO DISPONÍVEL				
10	PCH	Açungui 2B	Açungui	PR	Renova PCH Ltda.	REGISTRO ATIVO	3737	26/11/2012	343/2008	26/01/2016
11	PCH	Açungui 2C	Açungui	PR	Renova PCH Ltda.	REGISTRO ATIVO	3735	26/11/2012	343/2008	26/01/2016
12	PCH	Açungui 2D	Açungui	PR	Renova PCH Ltda.	REGISTRO ATIVO	3736	26/11/2012	343/2008	26/01/2016
13	PCH	Açungui 2E	Açungui	PR		EIXO DISPONÍVEL				
14	PCH	Açungui 2F	Açungui	PR	Renova PCH Ltda.	REGISTRO ATIVO	3738	26/11/2012	343/2008	26/01/2016
15	PCH	Açungui 2G	Açungui	PR		EIXO DISPONÍVEL				
16	PCH	Açungui 2H	Açungui	PR		EIXO DISPONÍVEL				
17	PCH	Açungui 2I	Açungui	PR		EIXO DISPONÍVEL				

**Fonte: ANEEL (2017)**

Como foram identificados alguns inventários na mesma afluyente, se faz então necessário uma pesquisa da posição desses potenciais e suas áreas de reservatório, como analisado na figura 4.

**Figura 4 – Pequenas Centrais Hidrelétricas em Atividade**



Fonte: Google Earth (2017)

Esse estudo só foi realizado para comprovar que a área do reservatório da fazenda de Rio Branco não afeta os potenciais já registrados, além de estar a montante do local das PCH's de Açungui, a cidade de Rio Branco do Sul é regida por outro rio, como já mencionado neste trabalho, o Rio Rancharia.

Assim sendo, conclui-se que não existem restrições iniciais da ANEEL quanto à implementação do aproveitamento hidrelétrico neste rio.

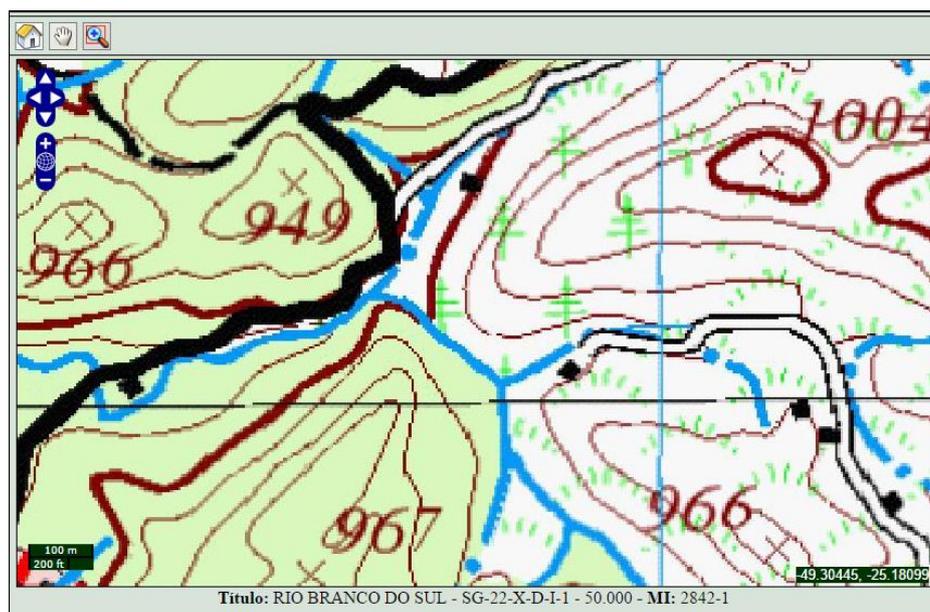
### 3.2.3 CÁLCULO DE POTÊNCIA PRELIMINAR E ENERGIA GERADA

#### 3.2.3.1 Determinação das quedas

A análise da região utilizou como base as Cartas Topográficas de Rio Branco do Sul (MI 2842-1), em escala 1:50.000.

Através dessas informações, propôs-se um arranjo de forma a aproveitar da melhor forma possível a queda existente no local de estudo. Este pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 – Carta Topográfica / Arranjo Preliminar



Fonte: Geoportal (2017)

Este local possui topográfica com maior desnível concentrado, favorecendo a implementação de um aproveitamento com finalidade de geração de energia.

Outros pontos importantes para a definição do local preferencial foi a não interferência em áreas além das divisas do contratante, e a não interferência nas vias existentes, visto que existem acessos que margeiam o rio.

Também foi analisada a topografia ao longo do rio, com a utilização de Cartas Topográficas supracitadas, mas não foram localizados outros trechos com desníveis consideráveis onde a possível área de reservatório não ultrapassasse os limites do terreno do contratante. Devido a isso, esses trechos foram desconsiderados.

A ausência do detalhamento da topografia existente, visto que a carta do exército possui equidistância de cotas de 18 metros, não permitiu obter informações mais precisas no possível local do aproveitamento.

A Tabela 7 apresenta os NA (nível de água) de montante e jusante, juntamente com a queda existente no ponto analisado.

Tabela 7 – Nível de Água a Montante e Jusante

Ponto	NA montante	NA Jusante	Queda (m)
Barramento Proposto	967	949	18

Fonte: Própria.

### 3.2.3.2 Determinação das vazões

Para implantação de uma usina hidrelétrica é necessário realizar um estudo hidroenergético baseado no histórico de vazões naturais. Pode se obter a vazão natural realizando a reconstituição, observando a vazão em um determinado trecho do rio e as informações antrópicas na bacia, tais como reservatório, desvio de água, evaporação em reservatório, irrigação, criação animal, abastecimento urbano, rural, industrial entre outros (ONS, 2014).

Para a consulta de dados hidrométricos de todo o território nacional, como cotas, vazões, chuva, evaporação, perfil do rio, qualidade da água e sedimentos, basta acessar o banco de dados online da Agencia Nacional de Águas (ANA), pelo fato da PCH Rancharia estar desativada há mais de cinquenta anos, tais informações não foram inseridas no referido sistema (Agencia Nacional de Aguas - ANA, 2014).

Devido à necessidade de tais informações aproveitou-se um estudo já realizado por alguns alunos da UTFPR em seu trabalho de conclusão de curso, no qual foi feito uma transposição de vazões, ou seja, obteve-se a relação entre a vazão em um curso d'água com a série histórica conhecida e a vazão em um curso d'água com série desconhecida. Tal procedimento somente foi possível pelo fato de ambos os cursos d'água estarem em uma mesma bacia hidrográfica (SOUZA; FUCHS; SANTOS, 1983, p. 100).

Tais alunos inicialmente obtiveram a vazão média diária afluyente para Usina Hidrelétrica Governador Pedro Viriato Parigot de Souza (Usina de GPS) nos mesmos dias em que foram medidas as vazões no rio Rancharia. A cota de cada método do vertedor foi medida no mínimo duas vezes ao dia durante 25 dias.

Com tais dados calculou-se então o fator de transposição pela formula:

$$FT = \frac{Q_{\text{Rancharia}}}{Q_{\text{GPS}}} \quad (1)$$

onde:

- FT é o fator de transposição;
- $Q_{\text{Rancharia}}$  é a vazão média observada na Usina de Rancharia [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];
- $Q_{\text{GPS}}$  é a vazão média observada na Usina de GPS [ $\text{m}^3/\text{s}$ ].

Aonde vários métodos de cálculo de vazão foram utilizados para então chegar ao valor médio de  $FT=0,0059059$ .

Determinou-se então a série histórica de vazões do rio Rancharia, multiplicando a série histórica do rio Capivari que se encontra disponível na base de dados ANA e pode ser visto na tabela 8 pelo fator de transposição encontrado  $FT=0,0059059$ .

**Tabela 8 - Série Histórica do Reservatório de Capivari em m<sup>3</sup>/s**

Série Histórica - Reservatório de Capivari em m <sup>3</sup> /s															
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MINIMA	MAXIMA	MEDIA
1990	57,00	20,00	29,00	23,00	16,00	15,00	31,00	27,00	28,00	27,00	32,00	18,00	15,00	57,00	27,00
1991	17,00	16,00	27,00	16,00	14,00	20,00	10,00	10,00	10,00	18,00	15,00	16,00	10,00	27,00	15,75
1992	11,00	19,00	18,00	10,00	22,00	16,00	21,00	17,00	16,00	13,00	15,00	13,00	10,00	22,00	15,92
1993	15,00	25,00	25,00	17,00	20,00	21,00	22,00	12,00	45,00	32,00	14,00	16,00	12,00	45,00	21,95
1994	21,00	21,00	36,00	18,00	16,00	15,00	15,00	10,00	9,00	15,00	24,00	20,00	9,00	36,00	18,33
1995	74,00	56,00	23,00	17,00	14,00	15,00	16,00	12,00	18,00	20,00	26,00	27,00	12,00	74,00	26,34
1996	29,00	44,00	36,00	23,00	16,00	17,00	16,00	16,00	16,00	28,00	8,00	28,00	8,00	44,00	23,05
1997	63,00	38,00	21,00	15,00	14,00	20,00	16,00	15,00	17,00	28,00	28,00	21,00	14,00	63,00	24,61
1998	30,00	32,00	41,00	31,00	18,00	20,00	29,00	30,00	47,00	52,00	23,00	21,00	18,00	52,00	31,17
1999	44,00	60,00	39,00	26,00	18,00	18,00	30,00	16,00	18,00	22,00	22,00	20,00	16,00	60,00	27,56
2000	19,00	21,00	21,00	12,00	11,00	13,00	12,00	11,00	23,00	18,00	14,00	16,00	11,00	23,00	15,89
2001	14,00	27,00	20,00	16,00	24,00	20,00	24,00	16,00	19,00	39,00	20,00	23,00	14,00	39,00	21,82
2002	28,00	25,00	23,00	19,00	18,00	14,00	14,00	14,00	18,00	13,00	17,00	19,00	13,00	28,00	18,46
2003	21,00	31,00	20,00	15,00	11,00	14,00	16,00	10,00	14,00	15,00	15,00	19,00	10,00	31,00	16,66
2004	31,00	28,00	24,00	19,00	23,00	21,00	27,00	14,00	15,00	20,00	18,00	35,00	14,00	35,00	22,94
2005	31,00	26,00	20,00	17,00	17,00	16,00	16,00	13,00	33,00	32,00	23,00	18,00	13,00	33,00	21,79
2006	14,00	18,00	19,00	14,00	9,00	11,00	10,00	8,00	13,00	11,00	17,00	17,00	8,00	19,00	13,38
2007	25,15	28,69	14,69	11,23	15,72	9,02	12,78	11,24	10,00	11,55	16,28	24,64	9,02	28,69	15,86
2008	29,89	25,81	22,44	18,74	16,67	19,40	10,51	16,84	14,66	26,39	25,43	20,21	10,51	29,89	20,57
2009	24,49	24,71	19,62	14,56	11,44	12,19	31,86	19,16	32,91	30,59	22,84	27,26	11,44	32,91	22,64
2010	60,97	48,40	47,95	48,00	33,05	29,46	27,96	23,97	18,85	22,26	17,62	32,86	17,62	60,97	34,23
2011	45,56	46,68	43,91	25,25	18,10	18,35	24,72	49,39	22,43	27,31	22,70	22,16	18,10	49,39	30,51
2012	26,90	25,80	21,20	18,20	19,10	39,80	35,10	17,20	15,80	13,50	15,40	18,20	13,50	39,80	22,16
2013	20,64	28,05	24,56	17,61	18,78	35,89	34,69	19,16	27,89	18,84	26,08	21,71	17,61	35,89	24,44
2014	23,99	38,22	27,74	38,86	19,21	25,27	17,90	16,86	23,26	20,78	19,01	16,93	16,86	38,86	23,86
MINIMA	11,00	16,00	14,69	10,00	9,00	9,02	10,00	8,00	9,00	11,00	8,00	13,00	8,00		13,38
MAXIMA	74,00	60,00	47,95	48,00	33,05	39,80	35,10	49,39	47,00	52,00	32,00	35,00		74,00	34,23
MEDIA	31,06	30,90	26,56	20,02	17,32	19,02	20,82	16,99	20,99	22,97	19,85	21,24			22,27
D. PADRÃO	16,92	11,86	8,90	8,60	4,96	7,21	8,11	8,57	9,89	9,57	5,47	5,35			5,32
C. VAR.	0,54	0,38	0,34	0,43	0,29	0,38	0,39	0,50	0,47	0,42	0,28	0,25			0,24

Fonte: LOPES DA SILVA, (2014).

Com o fator de transposição encontrado foi possível transcrever a série histórica de vazão do rio rancharia em m<sup>3</sup>/s conforme a tabela 9.

Tabela 9 – Série Histórica de Vazão do rio Rancharia em m³/s

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MINIMA	MAXIMA	MEDIA
1990	0,3366	0,1181	0,1713	0,1358	0,0945	0,0886	0,1831	0,1595	0,1654	0,1595	0,1890	0,1063	0,0886	0,3366	0,1595
1991	0,1004	0,0945	0,1595	0,0945	0,0827	0,1181	0,0591	0,0591	0,0591	0,1063	0,0886	0,0945	0,0591	0,1595	0,0930
1992	0,0650	0,1122	0,1063	0,0591	0,1299	0,0945	0,1240	0,1004	0,0945	0,0768	0,0886	0,0768	0,0591	0,1299	0,0940
1993	0,0886	0,1476	0,1476	0,1004	0,1181	0,1240	0,1299	0,0709	0,2658	0,1890	0,0827	0,0945	0,0709	0,2658	0,1296
1994	0,1240	0,1240	0,2126	0,1063	0,0945	0,0886	0,0886	0,0591	0,0532	0,0886	0,1417	0,1181	0,0532	0,2126	0,1083
1995	0,4370	0,3307	0,1358	0,1004	0,0827	0,0886	0,0945	0,0709	0,1063	0,1181	0,1536	0,1595	0,0709	0,4370	0,1556
1996	0,1122	0,2599	0,2126	0,1358	0,0945	0,1004	0,0945	0,0945	0,0945	0,1654	0,0472	0,1654	0,0472	0,2599	0,1361
1997	0,3721	0,2244	0,1240	0,0886	0,0827	0,1181	0,0945	0,0886	0,1004	0,1654	0,1654	0,1240	0,0827	0,3721	0,1453
1998	0,1772	0,1890	0,2421	0,1831	0,1063	0,1181	0,1713	0,1772	0,2776	0,3071	0,1358	0,1240	0,1063	0,3071	0,1841
1999	0,2599	0,3544	0,2303	0,1536	0,1063	0,1063	0,1772	0,0945	0,1063	0,1299	0,1299	0,1181	0,0945	0,3544	0,1628
2000	0,1122	0,1240	0,1240	0,0709	0,0650	0,0768	0,0709	0,0650	0,1358	0,1063	0,0827	0,0945	0,0650	0,1358	0,0939
2001	0,0827	0,1595	0,1181	0,0945	0,1417	0,1181	0,1417	0,0945	0,1122	0,2303	0,1181	0,1358	0,0827	0,2303	0,1289
2002	0,1654	0,1476	0,1358	0,1122	0,1063	0,0827	0,0827	0,0827	0,1063	0,0768	0,1004	0,1122	0,0768	0,1654	0,1090
2003	0,1240	0,1831	0,1181	0,0886	0,0650	0,0827	0,0945	0,0591	0,0827	0,0886	0,0886	0,1122	0,0591	0,1831	0,0984
2004	0,1831	0,1654	0,1417	0,1122	0,1358	0,1240	0,1595	0,0827	0,0886	0,1181	0,1063	0,2067	0,0827	0,2067	0,1355
2005	0,1831	0,1536	0,1181	0,1004	0,1004	0,0945	0,0945	0,0768	0,1949	0,1890	0,1358	0,1063	0,0768	0,1949	0,1287
2006	0,0827	0,1063	0,1122	0,0827	0,0532	0,0650	0,0591	0,0472	0,0768	0,0650	0,1004	0,1004	0,0472	0,1122	0,0790
2007	0,1485	0,1695	0,0868	0,0663	0,0928	0,0533	0,0755	0,0664	0,0591	0,0682	0,0962	0,1455	0,0533	0,1695	0,0937
2008	0,1765	0,1524	0,1325	0,1107	0,0985	0,1146	0,0621	0,0995	0,0866	0,1559	0,1502	0,1194	0,0621	0,1765	0,1215
2009	0,1446	0,1459	0,1159	0,0860	0,0676	0,0720	0,1882	0,1132	0,1944	0,1807	0,1349	0,1610	0,0676	0,1944	0,1337
2010	0,3601	0,2859	0,2832	0,2835	0,1952	0,1740	0,1651	0,1415	0,1113	0,1315	0,1041	0,1941	0,1041	0,3601	0,2021
2011	0,2691	0,2757	0,2593	0,1491	0,1069	0,1084	0,1460	0,2917	0,1324	0,1613	0,1340	0,1309	0,1069	0,2917	0,1802
2012	0,1589	0,1524	0,1252	0,1075	0,1128	0,2351	0,2073	0,1016	0,0933	0,0797	0,0910	0,1075	0,0797	0,2351	0,1309
2013	0,1219	0,1657	0,1450	0,1040	0,1109	0,2120	0,2049	0,1132	0,1647	0,1113	0,1540	0,1282	0,1040	0,2120	0,1443
2014	0,1417	0,2257	0,1638	0,2295	0,1135	0,1492	0,1057	0,0996	0,1374	0,1227	0,1123	0,1000	0,0996	0,2295	0,1409
MINIMA	0,0650	0,0945	0,0868	0,0591	0,0532	0,0533	0,0591	0,0472	0,0532	0,0650	0,0472	0,0768	0,0472		0,0790
MÁXIMA	0,4370	0,3544	0,2832	0,2835	0,1952	0,2351	0,2073	0,2917	0,2776	0,3071	0,1890	0,2067		0,4370	0,2021
MEDIA	0,1835	0,1827	0,1569	0,1182	0,1023	0,1123	0,1230	0,1004	0,1240	0,1357	0,1173	0,1254			0,1315
D. PADRÃO	0,0999	0,0700	0,0526	0,0508	0,0293	0,0426	0,0479	0,0506	0,0584	0,0565	0,0323	0,0316			0,0314
C. VAR.	0,5445	0,3833	0,3351	0,4295	0,2861	0,3789	0,3893	0,5046	0,4713	0,4166	0,2755	0,2518			0,2389

Fonte: LOPES DA SILVA, (2014).

### 3.2.3.3 Estimativa de energia gerada

O que será apresentado aqui se encontra disponível no Sistema de inventário de bacias hidrográficas - SINV - software fornecido pela Eletrobrás que realiza esses cálculos de maneiras simples e objetiva.

Como o valor da queda líquida, que já foi definido anteriormente como sendo de  $H_{líq} = 18$  m, existe a possibilidade de se fazer uma estimativa de energia gerada, através dos cálculo abaixo:

$$P = 9,81 * Q_{média} * H_{líq} \quad (2)$$

onde:

- P é a potência aproveitável;

- $Q_{m\acute{e}dia}$  é a vazão média ( $m^3/s$ );
- $H_{l\acute{i}q}$  é a queda líquida.

A tabela 10 demonstra as estimativas para um potencial aproveitável do rio Rancharia, utilizando as condições de vazão mínima, média, máxima.

**Tabela 10 - Potencial do rio Rancharia**

Condição da vazão	Vazão ( $m^3/s$ )	Potência Aproveitável (kW)
Mínima	0,0472	8,334
Média	0,1320	23,308
Máxima	0,4370	75,929

**Fonte: Própria.**

Para o cálculo da receita, primeiramente é calculada a energia média do aproveitamento para descobrir o nível da atratividade econômico-energética usando a expressão (3) para o cálculo abaixo.

$$E_{m\acute{e}dia} = FM * Q_{m\acute{e}dia} * H_{l\acute{i}q} \text{ (MW médio)} \quad (3)$$

onde:

- $E_{m\acute{e}dia}$  é a energia média;
- FM é o fator de massa (constante = 0,0088)
- $Q_{m\acute{e}dia}$  é a vazão média ( $m^3/s$ )
- $H_{l\acute{i}q}$  é a queda líquida.

Para o cálculo da potência instalada primeiramente, é calculada a energia máxima do aproveitamento para descobrir o nível da atratividade econômico-energética usando a expressão (4) para o cálculo abaixo.

$$E_{m\acute{a}x} = FM * Q_{m\acute{a}x} * H_{l\acute{i}q} \text{ (MW máximo)} \quad (4)$$

onde:

- $E_{m\acute{a}x}$  é a energia máxima;

- FM é o fator de massa (constante = 0,0088)
- $Q_{máxima}$  é a vazão máxima (m<sup>3</sup>/s)
- $H_{lq}$  é a queda líquida.

Portanto a potência instalada é dada por:

$$P = \frac{EM}{Fc} \quad (5)$$

onde:

- $P$  é a potência instalada (MW);
- $EM$  é a energia média;
- $Fc$  é o fator de capacidade (adotado 0,55 valor utilizado pela ANEEL).

A tabela 11 mostra a potência instalada com base nos dados já apresentados

**Tabela 11 – Energia Firme/ Fator de Capacidade/ Potência Instalada**

<b>Energia Média (MW)</b>	<b>Energia Máxima (MW)</b>	<b>Fator de capacidade</b>	<b>Potência Instalada (MW)</b>
0,016	0,065	0,55	0,119

Fonte: Própria.

É importante ressaltar que as avaliações e valores apresentados neste estudo são preliminares. Valores definitivos e mais precisos de altitudes, quedas e vazões, que afetarão no cálculo da energia gerada, necessitam de estudos mais aprofundados de topografia e hidrologia, por exemplo.

### 3.3 ESTIMATIVA DE RECEITA

#### 3.3.1 Análise preliminar do custo

Uma vez estimada a quantidade de energia média do aproveitamento, é possível calcular os montantes de receita geradas pela usina.

Entre as várias maneiras da comercialização do aproveitamento hídrico, o mercado livre de energia é a opção que se destaca com o melhor retorno. Por isso será usado esta opção para a estimativa da receita.

De acordo com a CCEE o valor atual em agosto de 2017 é em torno de R\$ 280,81/MWh para venda no mercado livre de energia. (CCEE, 2017)

Deste modo, pode-se estimar a receita mensal gerada pelo aproveitamento hidrelétrico após a quitação de seus custos de implantação, uma vez que não existem subsídios suficientes para determinar o valor total de investimento no empreendimento.

Os resultados obtidos tanto para a receita mensal quanto para a receita anual são apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12 - Receitas**

Ponto	Energia Média Mensal (MWh/mês)	Energia Média Anual (MWh/ano)	Receita Mensal Gerada	Receita Anual Gerada
Barramento Proposto	11,52	138,24	R\$ 3.234,93	R\$ 38.819,17

Fonte: Própria.

Os resultados obtidos tanto para custos efetivos para a potência instalada quanto para a pay back (tempo de retorno do investimento) são apresentados na Tabela 13

**Tabela 13 - Receitas**

Custo Efetivo por 1 MW instalado	Potência Instalada	Custo Efetivo para Potência Instalada	Receita Anual Gerada	"Pay Back" (anos)
R\$ 4.000.000,00	0,119	R\$ 476.000,00	R\$ 38.819,17	12,3

Fonte: Própria.

### 3.3.2 CONSIDERAÇÕES

Para os valores utilizados na estimativa de receita, algumas observações precisam ficar esclarecidas:

- valor do MW instalado é levado em conta que o ambiente para preparação não precise de modificação, e que não há nada para ser retirado em do início da obra (caso do estudo precisa demolir algumas partes da usina antiga)
- não é considerado custos de juros, encargos ou manutenção.
- pay back foi estimado no valor presente bruto.

### 3.4 HISTÓRICO VALOR DO MWh

Antes de se abordar a evolução do preço em real do MWh gerado e vendido no mercado livre, será comentado um pouco sobre a CCEE (Câmara de Comercio de Energia Elétrica).

A Câmara de Comercialização atua como operadora do mercado brasileiro de energia elétrica, voltada à viabilização de um ambiente de negociação competitivo, sustentável e seguro. A CCEE promove discussões e propõe soluções para o desenvolvimento do setor elétrico nacional, fazendo a interlocução entre os agentes e as instâncias de formulação de políticas e regulação. O foco de atuação da instituição é a evolução do segmento de comercialização, pautado pela neutralidade, liquidez e simetria de informações.

No âmbito operacional, uma das principais atividades da CCEE é contabilizar as operações de compra e venda de energia elétrica, apurando mensalmente as diferenças entre os montantes contratados e os montantes efetivamente gerados ou consumidos pelos agentes de mercado. Para tanto, registra os contratos firmados entre compradores e vendedores, além de medir os montantes físicos de energia movimentados pelos agentes.

A CCEE também determina os débitos e créditos desses agentes com base nas diferenças apuradas, realizando a liquidação financeira das operações. Para valorar tais diferenças, a instituição calcula o Preço de Liquidação das Diferenças (PLD).

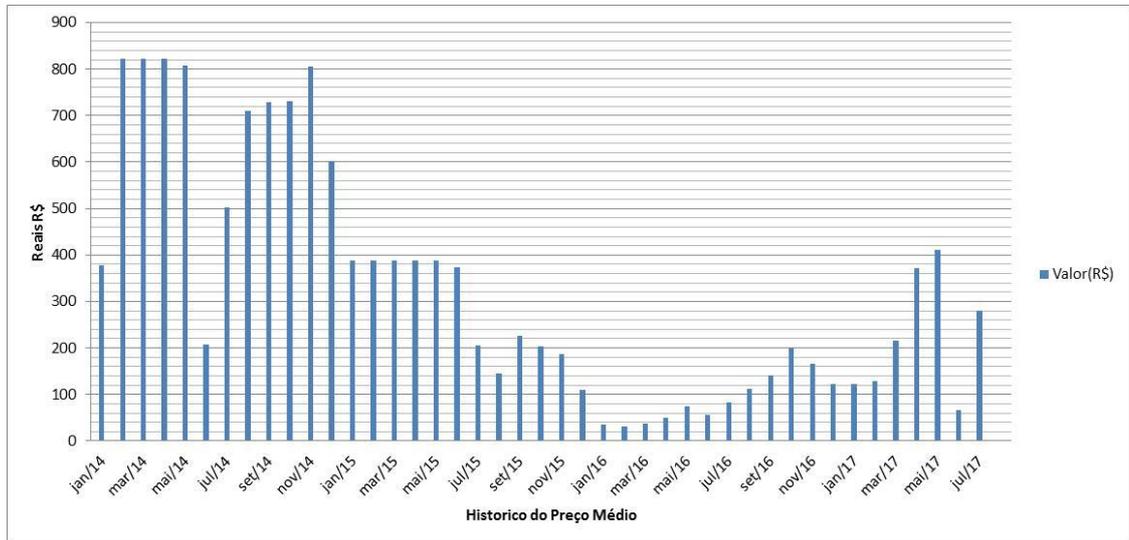
As operações de comercialização de energia elétrica realizadas pela CCEE são regidas por regras e procedimentos. Assim, outra importante atribuição da Câmara de Comercialização é desenvolver, aprimorar e divulgar essas normas aos participantes do mercado de energia elétrica.

Na esfera do mercado regulado, a CCEE é responsável por promover os leilões de compra e venda de energia, assim como gerenciar os contratos firmados nesses leilões (CCEE, 2017).

Visto um pouco sobre a CCEE, será apresentado a seguir dados disponibilizados pela CCEE a respeito do histórico de preços, o período mostrado a seguir será de 2014 até julho de 2017.

O gráfico 2 mostra a variação do valor em R\$ do MWh mês a mês em um período de 3 anos.

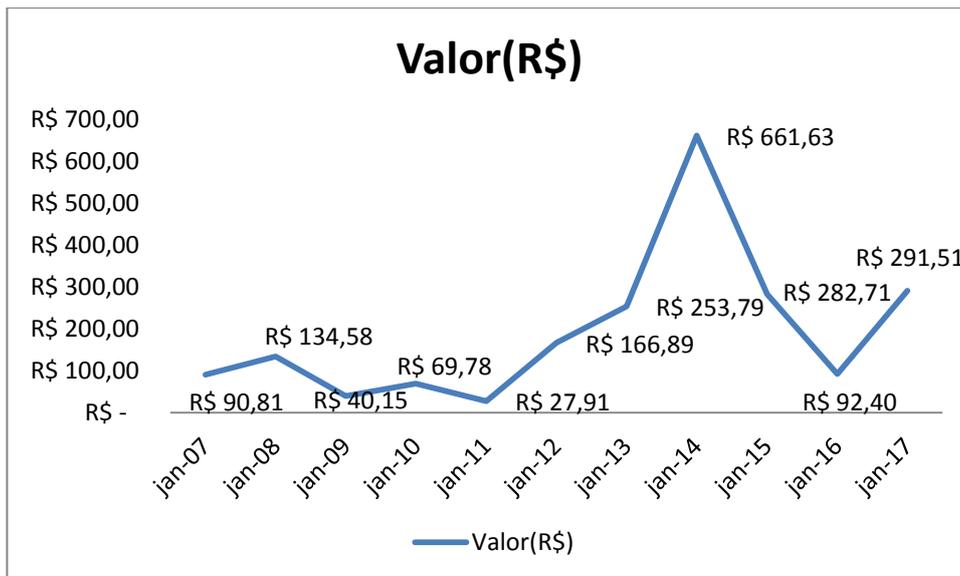
**Gráfico 2 – Histórica de preço médio mensal em R\$ do MWh no mercado livre**



Fonte: Própria

O gráfico 3 mostra o histórico dos últimos 10 anos do valor médio anual do MWh em R\$

**Gráfico 3 – Histórica de preço médio anual em R\$ do MWh no mercado livre**



Fonte: Própria

### 3.5 DADOS ADICIONAIS

Para evitar a vasta extensão desse trabalho, será citado aqui que todo o estudo possível para tornar e dar entrada nos procedimentos de documentação foram citados e feitos em outros trabalhos de conclusão de curso, o cálculo de transposição de vazão, que valida o estudo de vazão do rio em questão perante as exigências da ANEEL foi concluído no trabalho “MEDIÇÃO DA VAZÃO DO RIO RANCHARIA E ESTUDO DO MELHOR APROVEITAMENTO POTENCIAL HIDRELÉTRICO DA USINA”.

Outro trabalho que pode ser usado é o “PROJETO DA CASA DE MÁQUINAS DA USINA HIDRELÉTRICA DE RIO BRANCO DO SUL” o qual mostra a localidade da casa de maquinas, barragem, canal de adução, câmara de carga, canal de fuga, entre métodos e equipamentos a utilizar, trabalhos citados nas referencias desse trabalho.

## 4 CONCLUSÃO

Os estudos foram elaborados com base na utilização das áreas de posse do contratante. E com a premissa de que seria possível a implementação de aproveitamentos com características energéticas compatíveis com as MCH's.

Cumprindo o objetivo deste estudo, foi verificada a possibilidade de implantação de uma Central Geradora Hidrelétrica (CGH) de aproximadamente 120 kW de potência instalada, com uma energia mensal gerada em torno de 11.5 MWh.

Entretanto, esta quantidade de energia gerada reflete em uma receita mensal bruta pouco atrativa, R\$ 3.234,98, quando considerado o alto investimento inicial necessário, onde o custo médio de uma Micro Central Hidrelétrica atualmente está em torno de R\$4.000.000,00 reais por Megawatt instalado (Ivandel Hambus, 2010), onde nessa instalação ficaria próximo aos R\$480.000,00.

A análise preliminar, que apresenta as características da região e as especificidades do rio, demonstrou sua baixa declividade e pequena vazão, apontando para a inviabilidade da continuidade dos estudos, tendo um retorno “*pay back*” (com base nos valores apresentados) em torno de 15 anos aproximadamente, sendo 12,3 anos (não levando em conta preços de manutenção e de preparo do local para instalação) para o retorno do investimento e três anos com construção e liberações legais para o empreendimento, não aconselhando o investimento da obra, com o intuito de apenas venda/compensação de energia, pois analisando o histórico de preços do MWh vê-se uma grande variação e instabilidade, o que não tem garantia de estabilidade do preço ao longo dos anos, no caso 15 anos, sendo que o histórico mostra que o preço médio nos últimos 10 anos foi de aproximadamente R\$190,00, o que aumentaria esse *pay back* em 6 anos.

Como sugestão de trabalhos futuros sugere-se fazer o estudo sobre a implantação de algum tipo de empreendimento no local, como por exemplo, uma fábrica de gelo que utilizaria a energia gerada pela MGH para obter um “*pay back*” mais atraente, utilizando também em uma somatória final de trabalhos feitos sobre o local em questão como um atrativo para motivar e incentivar investidores ao empreendimento.

## REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE AGUAS. **Hidroweb**. Disponível em: <[hidroweb.ana.gov.br](http://hidroweb.ana.gov.br)> . Acesso em: 21 de setembro de 2017

AGENEAL, 2014. **Energias Renováveis**. Disponível em: <<http://www.ageneal.pt/content01.asp?BTreelD=00/01&treelD=00/01&newsID=8>>. Acessado em: 14 de fevereiro de 2015.

ALVES, Gilberto M. **Avaliação da viabilidade de aplicação de uma micro central hidrelétrica, para atender consumidores localizados em regiões isoladas**. 2007. 156 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007.

ANDRADE, Luiz A.; MARTINEZ, Carlos B.; FILHO, Jair N.; AGUIRRE, Luis A. **Estudo comparativo dos métodos de medição de vazão – uma aplicação em comissionamento de turbinas hidráulicas**. Centro de Pesquisas em Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2010.

ANEEL, 2002-A. **Atlas de Energia elétrica no Brasil. 2ª edição**. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro\\_atlas.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf)>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2015.

ANEEL, 2005. **Atlas de Energia elétrica do Brasil**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/introducao/introducao.htm>>. Acesso em 22 de abril de 2015.

ANEEL, 2008-A. **Capacidade de Geração do Brasil 2008**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em 30 de junho de 2015.

ANEEL, 2008-B. **FONTES RENOVAVEIS**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par2\\_cap3.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf)>. Acesso em 23 de junho de 2015.

ANEEL, 2012-A. **Micro e Mini Geração Distribuída Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf>> Acesso em 15 de fevereiro de 2015.

ANEEL, 2008C. **FONTES RENOVAVEIS**. Disponível em:

<[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par2\\_cap3.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf)>. Acesso em 30 de junho de 2015.

ANEEL, 2012-B. **Resolução Normativa nº 517 de 11 de dezembro de 2012**. Altera a

Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e o Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em:

<[www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf)>. Acesso em: 03 de março de 2015.

ANEEL, 2014. **Cadernos Temáticos ANEEL Micro e Mini Geração Distribuída Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf>>. Acesso em: 13 de novembro de 2014.

AMATO, 2015. **Contas de luz sobem, em média, 23,4% no país a partir desta segunda**. Disponível em:

<<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/03/contas-de-luz-sobem-em-media-234-no-pais-partir-desta-segunda.html>>. Acesso em 28 de junho de 2015

ATRIA EENERGY, 2014. **Cenário energético do Brasil – 2014/2015**. Disponível em: <<http://atriaenergy.com.br/novidades/cenario-energetico-do-brasil-20142015/>>.

Acesso em 28 de abril de 2015.

BRASIL. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. **Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL**. Poder Executivo, Brasília, DF, 26 dez. 1996. Seção 1 p. 2, v. 141, n. 51.

CARVALHO, M. J, 2014, **Como Gerar sua Própria Energia**. Disponível em:

< <http://marieletric.com.br/2014/11/23/ja-pensou-em-gerar-sua-propria-energia/>>  
Acesso em: 1 de junho de 2015.

CCEE, 2002. **Preços Médios.** Disponível em: <  
[https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/o-que-fazemos/como\\_ccee\\_atua/precos/precos\\_medios?\\_afLoop=115200983421758#!%40%40%3F\\_afLoop%3D115200983421758%26\\_adf.ctrl-state%3Dy41gh7cls\\_86](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/precos_medios?_afLoop=115200983421758#!%40%40%3F_afLoop%3D115200983421758%26_adf.ctrl-state%3Dy41gh7cls_86)>.  
Acesso em: 17 de setembro de 2017.

CCEE, 2017. **Preços Médios.** Disponível em: <  
[https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/o-que-fazemos/como\\_ccee\\_atua/precos/precos\\_medios?\\_afLoop=506654085521204#!%40%40%3F\\_afLoop%3D506654085521204%26\\_adf.ctrl-state%3Dgtl88ll2j\\_110](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/precos_medios?_afLoop=506654085521204#!%40%40%3F_afLoop%3D506654085521204%26_adf.ctrl-state%3Dgtl88ll2j_110)>. Acesso em: 08 de outubro de 2017.

CEEE, 2013, **Como funciona uma usina hidrelétrica 2013.** Disponível em:  
<<http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller.aspx?CC=1876>>  
Acesso em: 30 de junho de 2015.

COGEN, 2013, **Geração Distribuída 2013.** Disponível em:  
<[http://www.cogen.com.br/workshop/2013/Geracao\\_Distribuida\\_Calabro\\_22052013.pdf](http://www.cogen.com.br/workshop/2013/Geracao_Distribuida_Calabro_22052013.pdf)> Acesso em: 30 de junho de 2015.

COPEL, 2012. **Manual de acesso de geração distribuída ao sistema da COPEL.** Disponível em:  
<[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/880D53F548FB31A0032578100063EE21/\\$FILE/NTC905100.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/880D53F548FB31A0032578100063EE21/$FILE/NTC905100.pdf)>. Acesso em: 13 de novembro de 2014.

ELETROBRAS, 2012. **DIRETRIZES PARA PROJETOS DE PCH.** Disponível em:  
<<https://www.eletrobras.com/ELB/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7BA526A055-D339-4E0A-9CB8->

2E34B8CA82CF%7D&ServiceInstUID=%7B3C6E3C0E-2ADA-4EE5-B8F5-647119AA05CB%7D>. Acesso em 20 de abril de 2015.

ENVOLVEVERDE, 2013. **Panorama Mundial de Energia dá destaque para o Brasil**. Disponível em: <<http://www.envolverde.com.br/noticias/panorama-mundial-de-energia-da-destaque-para-o-brasil/>>. Acesso em 23 de abril de 2015.

EXXOMOBIL, 2014. **Panorama Energético: Perspectivas para 2040**. Disponível em:<<http://exxonmobil.com.br/BrazilPortuguese/PA/Files/PanoramaEnergetico2014.pdf>>. Acesso em: 22 de abril de 2015.

HAMBUS, 2010. **Pequena Central Hidrelétrica – PCH**. Disponível em: < <http://www.cimentoitambe.com.br/pequena-central-hidreletrica-pch/>>. Acesso em 25 de agosto de 2015.

INEE, 2012, **O QUE É GERAÇÃO DISTRIBUÍDA**. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/forum\\_ger\\_distrib.asp](http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp)>. Acesso em 25 de março de 2015.

INTERESSE NACIONAL, 2013. **Energia Elétrica no Brasil: Contexto Atual e Perspectivas**. Disponível em: <<http://interessenacional.uol.com.br/index.php/edicoes-revista/energia-eletrica-no-brasil-contexto-atual-e-perspectivas/>>. Acesso em 23 de abril de 2015.

LOPES DA SILVA, Alex M et al. **Medição da vazão do rio Rancharia e estudo do melhor aproveitamento potencial hidrelétrico da usina**. 2015. 105f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Eletrotécnica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

NETO, Ramon Martinez Ribeiro.; FAMÁ, RUBENS. **Uma alternativa de crescimento para o mercado de capitais brasileiro - o novo mercado**. Disponível em: < [www.rausp.usp.br/download.asp?file=v37n1p29a38.pdf](http://www.rausp.usp.br/download.asp?file=v37n1p29a38.pdf)>. Acesso em: 30 de março de 2014.

MULLER, Arnaldo Carlos. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books, 1995.

ORGANIZACAO NACIONAL DO SISTEMA ELETRICO. **Séries Históricas de Vazões**. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/operacao/vazoes\\_naturais.aspx](http://www.ons.org.br/operacao/vazoes_naturais.aspx)>. Acesso em: 01 de outubro de 2015.

PAC, 2014. **Demanda por eletricidade no Brasil vai triplicar até 2050**. Disponível em: < <http://www.pac.gov.br/noticia/13554306>>. Acesso em: 13 de novembro de 2014.

PITON, Cristiane L. **Evolução tecnológica nas medições de vazões em rios**. 2007. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Faculdade Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguaçu, 2007.

RICARDO, Mateus. **Transposição de dados hidrológicos para a determinação da vazão de projeto de micro e minicentrais hidrelétricas: estudo de caso**. PCH Notícias & SHP New, Itajubá, 2006.

SOUZA, Zulcy; FUCHS, Rubens D.; SANTOS, Afonso H. M. **Centrais hidro e termelétricas**. Escola Federal de Engenharia, São Paulo, 1983.

SOUZA, Z; Santos, A.H.M.; Bortoni; E.C.; “**Centrais Hidrelétricas – Estudos para implantação**”. Editora da Eletrobrás, 1999.

STANO JÚNIOR, A. **Procedimentos para dimensionamento básico de micro e minicentrais hidrelétricas**. Brasília: CERPCH, 2008.

VENTURA, A. **Plano Decenal de Expansão de Energia**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Sumario%20PDE%202021.pdf>>. Acessado em: 20 de março de 2015.

## ANEXOS

### ANEXO A - FORMULÁRIO PARA SOLICITAÇÃO DE ACESSO DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

#### 1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA

Número da Unidade Consumidora (UC):	CNPJ/CPF
Titular:	Telefone fixo: (    )
	Telefone celular: (    )
Endereço:	Município:
	UF:
	CEP:
E-mail:	

Responsável Técnico pelo sistema de geração:	CNPJ/CPF
	ART:
E-mail:	Telefone: (    )

Tensão de Conexão da Unidade Consumidora (kV):
--

#### 2. MOTIVO DA SOLICITAÇÃO

<input type="checkbox"/> Conexão Nova	<input type="checkbox"/> Ampliação de Central Geradora	<input type="checkbox"/> Desconexão de Central Geradora
---------------------------------------	--	---

#### 3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA CENTRAL GERADORA

##### 3.1 Dados gerais da Central Geradora

Tensão Nominal da Central Geradora (V):	Número de fases da central geradora:
Tipo de Geração Instalada:	
<input type="checkbox"/> Solar (especificar: fotovoltaica ou térmica): _____	<input type="checkbox"/> Biomassa (especificar tipo de combustível): _____
<input type="checkbox"/> Eólica	<input type="checkbox"/> Cogeração qualificada (especificar): _____
<input type="checkbox"/> Hidráulica	<input type="checkbox"/> Híbrida (especificar): _____

##### 3.2 Informações das Unidades Geradoras (UG):

(Preencher apenas as tabelas aplicáveis)

##### Solar Fotovoltaica

UG/Arranjo <sup>1</sup>	N.º de Módulos por Arranjo	Fabricante(s) dos Módulos	Área do Arranjo (m²)	Potência Total dos Módulos do Arranjo (kWp)	Fabricante / Modelo do Inversor	Potência do Inversor (kWp)
01						
02						

<sup>1</sup> Uma unidade geradora fotovoltaica é definida por arranjo de módulos fotovoltaicos associados/conectados a um inversor de frequência, de modo que, o número de unidades geradoras da central é igual ao número de inversores que nela operam.

...	...	...	...	...	...	...
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Eólica**

UG	Fabricante / Modelo	Eixo do rotor (horizontal/vertical)	Altura Máxima da Pá <sup>2</sup> (m)	Fabricante / Modelo do Inversor	Potência do Inversor (kWp)	Potência do Aerogerador (kW)
01						
02						
...	...	...	...	...	...	...

**Hidráulica**

Rio:		Bacia:		Sub-Bacia:	
UG	Tipo de Turbina	Potência da Turbina (kVA)	Potência do Gerador (kVA)	Fator de Potência (cos φ)	Potência do Gerador (kW)
01					
02					
...	...	...	...	...	...

**Biomassa/Solar Térmica/Cogeração qualificada<sup>3</sup>**

UG	Fabricante / Modelo	Potência do Gerador (kVA)	Fator de Potência (cos φ)	Potência do Gerador (kW)	Fonte
01					
02					
...	...	...	...	...	...

Declaro que as informações prestadas neste documento correspondem ao empreendimento em referência e estão de acordo com a legislação aplicável, em especial com o disposto na Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012. Estou ciente de que declarações falsas ou inexatas caracterizam crime de falsidade ideológica (art. 299 do Código Penal).

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
ASSINATURA DO TITULAR DA UNIDADE CONSUMIDORA

<sup>2</sup> Altura máxima da pá em metros ou altura máxima atingida pela estrutura.

<sup>3</sup> Em caso de Cogeração Qualificada, apresentar descrição simplificada do sistema de cogeração.

