

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia

**ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DA DESONERAÇÃO FISCAL  
NA VIABILIDADE E COMPETITIVIDADE DE PEQUENOS  
APROVEITAMENTOS HIDROENERGÉTICOS**

**ADRIANO SILVA BASTOS**

Itajubá, dezembro de 2015

# **UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia

**ADRIANO SILVA BASTOS**

## **ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DA DESONERAÇÃO FISCAL NA VIABILIDADE E COMPETITIVIDADE DE PEQUENOS APROVEITAMENTOS HIDROENERGÉTICOS**

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

**Área de Concentração:** PLANEJAMENTO E GESTÃO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

**Orientador:** Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho

Agosto de 2015.

Itajubá – MG.

# UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia

**ADRIANO SILVA BASTOS**

## **ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DA DESONERAÇÃO FISCAL NA VIABILIDADE E COMPETITIVIDADE DE PEQUENOS APROVEITAMENTOS HIDROENERGÉTICOS**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 08 de dezembro de 2015, conferindo ao autor o título de *Mestre em Ciências em Engenharia da Energia*.

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho (orientador)

Prof. Dr. Oswaldo Honorato de Souza Júnior

Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana

Itajubá – MG

2015

*"A mente que se abre a uma nova  
ideia jamais voltará ao seu tamanho  
original" (Albert Einstein)*

À Deus, pelo caminho e perseverança.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu estimado orientador, Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho, pela paciência e ensinamentos. Aos amigos e colegas do CERPCH pelo incentivo e apoio. Aos Professores do Programa de Mestrado de Engenharia da Energia, por todo o conhecimento transmitido.

## RESUMO

BASTOS, A. S. *Análise da sensibilidade da desoneração fiscal na viabilidade e competitividade de pequenos aproveitamentos hidroenergéticos*, 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG, 2015.

O presente trabalho apresenta uma análise da sensibilidade da desoneração fiscal na implantação e geração de energia por meio de centrais hidrelétricas de pequeno porte. No Brasil, a disponibilidade hídrica é propícia para a geração de hidroeletricidade. Como a sustentabilidade ambiental é um fator relevante nos dias de hoje, a utilização desse potencial pode ser direcionada a pequenos aproveitamentos, pois possuem impacto ambiental reduzido. Porém, o mercado atual se demonstra desfavorável a esses investimentos. É neste âmbito que este trabalho pretende demonstrar que, aplicando a desoneração da carga tributária pertinentes ao setor, possivelmente haverá uma melhora na viabilidade de novos projetos e ganhos na atratividade de investimentos. Para tanto, uma simulação no fluxo de caixa das centrais de pequeno porte foi realizada afim de obter os parâmetros econômicos de TIR e VPL, aplicando a desoneração de PIS e COFINS na receita do caixa, o REIDI na implantação do empreendimento e a variação de preço dos últimos leilões de venda de energia.

PALAVRAS-CHAVE: PCH, fontes renováveis de energia, análise de sensibilidade, desoneração fiscal.

## ABSTRACT

BASTOS, A. S. *Sensitivity analysis of tax relief on the viability and attractiveness of small hydroelectric plants*, 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG, 2015.

This paper presents a sensitivity analysis of tax relief in the implementation and generation of energy through small hydropower plants. In Brazil, the water availability is conducive to the generation of hydroelectricity. Such as sustainability environmental is an important factor these days, the use of this potential should be directed to small exploitations, as they have reduced impact. However, the current market is demonstrated unfavorable to these investments. In this context that paper aims to demonstrate that applying the exemption of relevant taxes to the sector is able to improve the viability of new projects and gains in investment attractiveness. For this, a simulation in small plants of cash flow was performed in order to obtain the economic parameters of IRR and NPV, applying the exemption of PIS and COFINS revenue, REIDI in the implementation of the project and the price change of the last auctions sale of energy.

KEY WORDS: SHP, renewable energy sources, sensitivity analysis, tax relief.

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	CENÁRIO ENERGÉTICO ATUAL .....	1
1.2	A OFERTA VERSUS A DEMANDA DE ENERGIA .....	2
1.3	PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E O CRESCIMENTO DA GERAÇÃO .....	2
1.4	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA .....	3
1.5	OBJETIVOS.....	4
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
3.1	DEFINIÇÃO DE CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (CGH, PCH e UHE) .....	10
3.2	CATEGORIZAÇÃO DE CENTRAIS HIDRELÉTRICAS .....	12
3.2.1	CATEGORIZAÇÃO QUANTO A ALTURA DE QUEDA .....	12
3.2.2	CATEGORIZAÇÃO QUANTO À CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO .....	13
3.2.3	CATEGORIZAÇÃO QUANTO AO SISTEMA DE ADUÇÃO.....	14
3.3	ESTRUTURAS E COMPONENTES DE UMA CENTRAL HIDRELÉTRICA .....	16
3.3.1	BARRAGEM .....	17
3.3.2	VERTEDOURO .....	17
3.3.3	TOMADA D'ÁGUA.....	18
3.3.4	CANAL DE ADUÇÃO .....	18
3.3.5	TUBULAÇÃO DE ADUÇÃO .....	19
3.3.6	TÚNEL DE ADUÇÃO.....	19
3.3.7	CÂMARA DE CARGA.....	20
3.3.8	CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO .....	20
3.3.9	TUBULAÇÃO FORÇADA .....	21

3.3.10	EQUIPAMENTOS HIDROMECAÑICOS .....	21
3.3.11	CASA DE MÁQUINAS.....	22
3.3.12	TURBINA .....	22
3.3.13	GERADOR.....	24
3.3.14	EQUIPAMENTOS ACESSÓRIOS.....	24
3.3.15	CANAL DE FUGA.....	25
3.3.16	LINHA DE TRANSMISSÃO .....	25
3.4	A INFLUÊNCIA DAS ESTRUTURAS NA COMPOSIÇÃO DO CUSTO .....	26
3.5	ASPECTOS TRIBUTÁRIOS E ECONÔMICOS RELATIVOS A CENTRAIS HIDRELÉTRICAS	26
3.5.1	TRIBUTOS REFERENTES A CADEIA OPERACIONAL E CONSTRUTIVA.....	26
3.5.2	IMPOSTO DE RENDA DE PESSOAS JURÍDICAS - IRPJ .....	27
3.5.3	CONTRIBUIÇÃO SOCIAL SOBRE O LUCRO LÍQUIDO – CSLL.....	27
3.5.4	PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO SOCIAL – PIS .....	27
3.5.5	CONTRIBUIÇÃO PARA FINANCIAMENTO DA SEGURIDADE SOCIAL – COFINS....	28
3.5.6	IMPOSTO SOBRE PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS - IPI.....	28
3.5.7	IMPOSTO DE IMPORTAÇÃO - II.....	29
3.5.8	IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS e SERVIÇOS – ICMS .....	29
3.5.9	IMPOSTO SOBRE SERVIÇOS DE QUALQUER NATUREZA – ISS.....	30
3.6	CORREÇÃO FINANCEIRA .....	30
3.7	FINANCIAMENTO BNDES APLICÁVEL ÀS CENTRAIS DE PEQUENO PORTE.....	31
3.8	ANÁLISE FINANCEIRA DE UM EMPREENDIMENTO HIDRELÉTRICO .....	32
3.8.1	FLUXO DE CAIXA .....	32
3.8.2	VALOR PRESENTE LÍQUIDO.....	32
3.8.3	TAXA INTERNA DE RETORNO.....	33
3.8.4	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE .....	33
3.9	INCENTIVOS PARA AS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA .....	33

3.9.1	TRIBUTAÇÃO DE SOBRE EQUIPAMENTOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA.....	33
3.9.2	INCENTIVO A OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA (REGIME REIDI).....	34
4	ESTUDOS DE CASO .....	35
4.1	ESTUDO DE INVENTÁRIO HIDROELÉTRICO .....	35
4.1.1	TIPO DE CUSTOS ESTIMADOS PELA PLANILHA OPE .....	36
4.2	INVENTÁRIOS SELECIONADOS PARA O ESTUDO.....	38
4.2.1	INVENTÁRIO 1: RIO DO PEIXE, GOIÁS.....	38
4.2.2	INVENTÁRIO 2: RIO DOS TOUROS, RIO GRANDE DO SUL.....	38
4.3	CARACTERIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS SELECIONADOS .....	39
4.3.1	CH JURUBEBA .....	39
4.3.2	CH CONFISCO .....	40
4.3.3	CH LAGOLÂNDIA .....	41
4.3.4	CH MALHADOR 1 .....	42
4.3.5	CH DOIS IRMÃOS 1 .....	43
4.3.6	CH COLUMBI .....	44
4.3.7	CH ARTURLÂNDIA .....	45
4.3.8	CH TOUROS I.....	46
4.3.9	CH TOUROS IA.....	47
4.3.10	CH TOUROS II.....	48
4.3.11	CH TOUROS III .....	49
4.3.12	CH TOUROS IIIA.....	50
4.3.13	CH TOUROS IV.....	51
4.3.14	CH TOUROS V.....	52
4.4	CUSTOS OBTIDOS POR MEIO DA OPE.....	54
5	METODOLOGIA.....	55
5.1	DESENVOLVIMENTO – ELABORAÇÃO DO MODELO .....	55

6	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	59
6.1	SIMULAÇÃO DE CONTROLE.....	59
6.2	SIMULAÇÃO COM OS PREÇOS PRATICADOS NOS ÚLTIMOS LEILÕES.....	60
6.3	SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DE PIS E COFINS DA RECEITA DO EMPREENDIMENTO 61	
6.4	SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DO REIDI .....	64
6.5	SIMULAÇÃO ACUMULATIVA – REIDI, DESONERAÇÃO DA RECEITA E LEILÃO NOVO.	66
7	CONCLUSÕES E SUGESTÕES .....	69
7.1	CONCLUSÕES .....	69
7.2	SUGESTÕES .....	69
8	BIBLIOGRAFIA .....	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 - MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL. Fonte: (ANEEL, 2015). .....	1
Figura 1-2 - PROJEÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA. Fonte: (EPE, 2014). .....	3
Figura 3-1 - CORTE ESQUEMÁTICO DE UMA CENTRAL DE DESVIO. Fonte: (SOUZA, SANTOS e BORTONI, 1999).....	15
Figura 3-2 - CORTE ESQUEMÁTICO DE UMA CENTRAL DE REPRESAMENTO. Fonte: (SOUZA, SANTOS e BORTONI, 1999).....	15
Figura 3-3 - BARRAGEM DA PCH CANOA QUEBRADA. Fonte: Atiaia Energia. ....	17
Figura 3-4 - VERTEDOURO PCH GARGANTA DA JARARACA. Fonte: Atiaia Energia.....	17
Figura 3-5 - TOMADA D'ÁGUA PCH BOCAIÚVA. Fonte: Silea Energia.....	18
Figura 3-6 - CANAL DE ADUCAO DA PCH LUIZ DIAS. Fonte: CERPCH. ....	18
Figura 3-7 - TUBULAÇÃO DE ADUÇÃO PCH NINHO DA ÁGUIA. Fonte: CPFL.....	19
Figura 3-8 - TÚNEL DE ADUÇÃO. Fonte: GOOGLE. ....	19
Figura 3-9 - CÂMARA DE CARGA DA PCH FLOR DO SERTÃO. Fonte: Maue Geração. ....	20
Figura 3-10 - CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO DA PCH NINHO DA ÁGUIA. Fonte: Autor. ....	20
Figura 3-11 - TUBULAÇÃO FORÇADA PCH CANOA QUEBRADA. Fonte: Atiaia Energia. ....	21
Figura 3-12 - COMPORTA PCH GARGANTA DA JARARACA. Fonte: Atiaia Energia. ....	21
Figura 3-13 - CASA DE MÁQUINAS DA PCH GARGANTA JARARACA. Fonte: Atiaia Energia....	22
Figura 3-14 - TURBINA PELTON. Fonte: (CERPCH, 2008).....	22
Figura 3-15 - TURBINA FRANCIS. Fonte: (CERPCH, 2008).....	23
Figura 3-16 - TURBINA KAPLAN. Fonte: (CERPCH, 2008).....	23
Figura 3-17 - GERADOR PCH CANOA QUEBRADA. Fonte: Atiaia Energia.....	24
Figura 3-18 - EQUIPAMENTOS ACESSÓRIOS DA PCH BELO MONTE. Fonte: Cassol Energia ....	24
Figura 3-19 - CANAL DE FUGA DA PCH GARGANTA DA JARARACA. Fonte: Atiaia Energia. ....	25
Figura 3-20 - LINHA DE TRANSMISSÃO. Fonte: GOOGLE. ....	25
Figura 3-21 - ÍNDICE DE CORREÇÃO MONETÁRIA. Fonte: Banco Central .....	30
Figura 4-1 - ARRANJO DA CGH JURUBEBA. Fonte: (CHESP, 2009). ....	39
Figura 4-2 - ARRANJO DA PCH CONFISCO. Fonte: (CHESP, 2009). ....	40
Figura 4-3 - ARRANJO DA PCH LAGOLÂNDIA. Fonte: (CHESP, 2009).....	41
Figura 4-4 - ARRANJO DA PCH MALHADOR 1. Fonte: (CHESP, 2009).....	42
Figura 4-5 - ARRANJO DA PCH DOIS IRMÃOS 1. Fonte: (CHESP, 2009).....	43

Figura 4-6 - ARRANJO DA PCH COLUMBI. Fonte: (CHESP, 2009). .....	44
Figura 4-7 - ARRANJO DA PCH ARTURLÂNDIA. Fonte: (CHESP, 2009). .....	45
Figura 4-8 - ARRANJO DA PCH TOUROS 1. Fonte: (RONDINHA, 2009).....	46
Figura 4-9 - ARRANJO DA PCH TOUROS 1A. Fonte: (RONDINHA, 2009). .....	47
Figura 4-10 - ARRANJO DA PCH TOUROS 2. Fonte: (RONDINHA, 2009). .....	48
Figura 4-11 - ARRANJO DA PCH TOUROS 3. Fonte: (RONDINHA, 2009). .....	49
Figura 4-12 - ARRANJO DA PCH TOUROS 3A. Fonte: (RONDINHA, 2009). .....	50
Figura 4-13 - ARRANJO DA PCH TOUROS 4. Fonte: (RONDINHA, 2009). .....	51
Figura 4-14 - ARRANJO DA PCH TOUROS 5. Fonte: (RONDINHA, 2009). .....	52
Figura 5-1 - FLUXO DE CAIXA MODELO .....	58
Figura 6-1 - SIMULAÇÃO DE CONTROLE - TIR.....	59
Figura 6-2 - SIMULAÇÃO DO PREÇO DE VENDA DA ENERGIA NOS ÚLTIMOS LEILÕES.....	60
Figura 6-3 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DA RECEITA DO EMPREENDIMENTO .....	62
Figura 6-4 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DA RECEITA DO EMPREENDIMENTO (ACUMULADO).....	63
Figura 6-5 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DE PIS E COFINS NA IMPLANTAÇÃO - REGIME REIDI.....	64
Figura 6-6 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DE PIS E COFINS NA IMPLANTAÇÃO - REGIME REIDI (ACUMULADO). .....	65
Figura 6-7 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO ACUMULATIVA.....	66
Figura 6-8 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO ACUMULATIVA (ACUMULADO) .....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 – ATUALIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO E DENOMINAÇÃO DE UNIDADES DE GERAÇÃO HIDRELÉTRICA. Fonte: Adaptado de (ELETROBRÁS, 2007). .....	11
Tabela 3-2 - CLASSIFICAÇÃO QUANTO À QUEDA. Fonte: (ELETROBRÁS, 2000). .....	12
Tabela 3-3 - INFLUÊNCIA DAS ESTRUTURAS NO CUSTO. Fonte: Adaptado de (BRACIANI, 2011). .....	26
Tabela 3-4 - PARÂMETROS DE FINANCIAMENTO BNDES .....	31
Tabela 4-1 - QUADRO RESUMO CH JURUBEBA .....	39
Tabela 4-2 - QUADRO RESUMO CH CONFISCO .....	40
Tabela 4-3 - QUADRO RESUMO CH LAGOLÂNDIA .....	41
Tabela 4-4 - QUADRO RESUMO CH MALHADOR 1 .....	42
Tabela 4-5 - QUADRO RESUMO CH DOIS IRMÃOS 1 .....	43
Tabela 4-6 - QUADRO RESUMO CH COLUMBI .....	44
Tabela 4-7 - QUADRO RESUMO CH ARTURLÂNDIA .....	45
Tabela 4-8 - QUADRO RESUMO CH TOUROS I .....	46
Tabela 4-9 - QUADRO RESUMO CH TOUROS IA .....	47
Tabela 4-10 - QUADRO RESUMO CH TOUROS II .....	48
Tabela 4-11 - QUADRO RESUMO CH TOUROS III .....	49
Tabela 4-12 - QUADRO RESUMO CH TOUROS IIIA .....	50
Tabela 4-13 - QUADRO RESUMO CH TOUROS IV .....	51
Tabela 4-14 - QUADRO RESUMO CH TOUROS V .....	52
Tabela 4-15 - QUADRO RESUMO DOS EMPREENDIMENTOS SELECIONADOS .....	53
Tabela 4-16 - QUADRO RESUMO DOS CUSTOS OBTIDOS NA OPE .....	54
Tabela 6-1 - QUADRO RESUMO DE VIABILIDADE DOS EMPREENDIMENTOS - CONTROLE .....	59
Tabela 6-2 - QUADRO RESUMO DA VIABILIDADE FRENTA AOS PREÇOS DOS ÚLTIMOS LEILÕES .....	61
Tabela 6-3 - QUADRO RESUMO DA VIABILIDADE APÓS A DESONERAÇÃO DA RECEITA .....	63
Tabela 6-4 - QUADRO RESUMO DA VIABILIDADE APÓS A DESONERAÇÃO DO REIDI .....	65
Tabela 6-5 - QUADRO RESUMO DA VIABILIDADE APÓS A DESONERAÇÃO ACUMULATIVA .....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CERPCH	Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas
CGH	Centrais Geradoras Hidrelétricas
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
CU	Custo Unitário
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EFEI	Escola Federal de Engenharia de Itajubá
FA	Fator de Aspecto
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos S.A.
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt hora
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
II	Imposto de Importação
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IRPJ	Imposto de Renda de Pessoas Jurídicas
ISS	Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt hora
MW	Megawatt
MWh	Megawatt hora
OPE	Orçamento Padrão Eletrobrás
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia

PIS	Programa de Integração Social
REIDI	Regime Especial para o Desenvolvimento da Infraestrutura
TIR	Taxa Interna de Retorno
TW	Terawatt
TWh	Terawatt hora
UHE	Usinas Hidrelétricas de Energia
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
VPL	Valor Presente Líquido

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CENÁRIO ENERGÉTICO ATUAL

O Brasil sempre teve notoriedade mundial pela sua matriz energética limpa e hidráulica. Desde os primórdios da geração no país, esta matriz se mantém basicamente hidráulica apesar do crescimento da geração termelétrica das últimas duas décadas. Segundo o balanço divulgado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (ANEEL, 2015), o país possui 66,24% da sua geração embasada na hidroeletricidade, deste percentual, a geração hidráulica está distribuída em 62,48% em usinas de grande e médio porte, 3,53% em pequenas centrais e 0,23% em micro centrais geradoras, como pode-se observar na Figura 1-1.

Principalmente na última década, a geração termelétrica foi marcada pelo incremento da biomassa e da cogeração, que aproveita subprodutos da cadeia produtiva para a queima e produção de vapor, sendo responsável hoje em dia por 9,44% da matriz energética. Entretanto, dos 28,06% da geração térmica, o país ainda possui 18,62% de usinas que utilizam combustíveis fósseis como óleo e carvão mineral, ou seja, 66% da geração térmica é fóssil.



Figura 1-1 - MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL. Fonte: (ANEEL, 2015).

## **1.2 A OFERTA VERSUS A DEMANDA DE ENERGIA**

Como visto anteriormente, o país conta com um parque gerador diversificado, responsável por uma oferta de 139,67 GW de potência instalada e capacidade de oferta anual de 1.223 TWh, segundo o Banco de Informações de Geração da ANEEL. Por sua vez, a demanda de energia elétrica no ano de 2014 foi de 516,3 TWh com oferta real de 609,9 TWh, segundo dados divulgados pelo Balanço Energético Nacional – BEN 2014 – Ano base 2013 (EPE, 2014).

Dos dados descritos, as centrais de pequeno porte foram responsáveis por 3,7% da geração segundo dados obtidos do Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2013 (EPE, 2014).

## **1.3 PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E O CRESCIMENTO DA GERAÇÃO**

Segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2023 (EPE, 2014), a Matriz Energética Brasileira terá um expressivo aumento da participação das energias renováveis, como eólica e biomassa, também será expressivo o aumento da fonte renovável hidráulica por pequenos aproveitamentos. O Estudo prevê a duplicação da participação destas fontes na matriz.

A capacidade instalada no Sistema Interligado Nacional deverá evoluir dos aproximados 140.000 MW em março de 2015 para 195.883 MW em dezembro de 2023, com a priorização das fontes renováveis (hidráulica, eólica, biomassa e solar). Se por um lado a participação das hidrelétricas cairá de 66% para 62%, a geração oriunda de fontes alternativas, como a de usinas eólicas, de térmicas à biomassa e de pequenos aproveitamentos, vai triplicar em dez anos, de 8% para 24%, como pode ser observado na Figura 1-2.

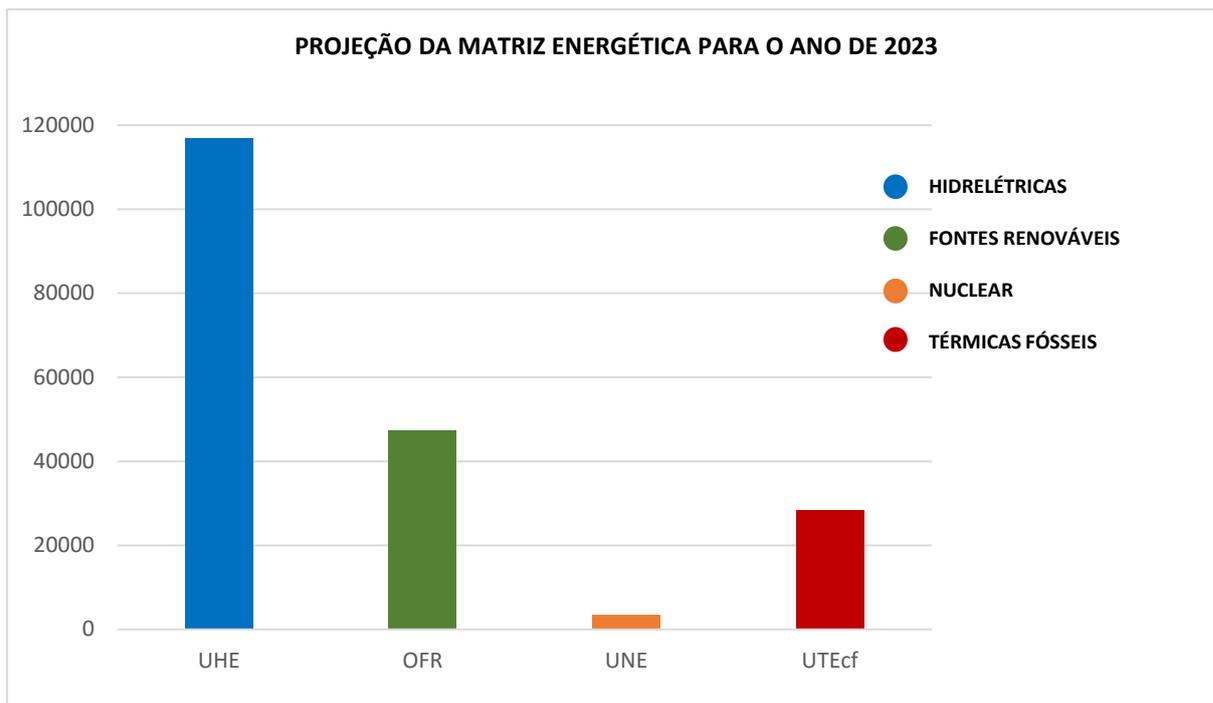


Figura 1-2 - PROJEÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA. Fonte: (EPE, 2014).

## 1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Com a crise hídrica do triênio 2013-2015, mais do que nunca as centrais de pequeno porte possuem papel importante na matriz energética brasileira. Em sua maioria absoluta, essas centrais são a fio d'água, um tipo de arranjo que não acumula água em seu reservatório e seu grupo gerador é dimensionado para operar em vazões mínimas regulares. Portanto, em vista do exposto, as PCHs e CGHs demonstram ser uma alternativa atrativa para a matriz energética, pois, se bem distribuídas e incentivadas, aproveitariam melhor o escoamento natural dos corpos hídricos minimizando a utilização de fontes térmicas fósseis e contribuindo para amenizar o custo da geração.

Segundo (TIAGO FILHO, GALHARDO, *et al.*, 2007), o potencial remanescente disponível de pequenos aproveitamentos é da ordem de 25 GW. Comparando com as estimativas de (BERMANN, 2007), que estima em 260 GW o potencial hidroelétrico, verifica-se que de todo o potencial remanescente, 20 GW são de pequenos aproveitamentos e apenas 17,9 GW são de grandes usinas.

Outro fator preponderante na relevância das centrais de pequeno porte é seu baixo impacto ambiental. Com reservatórios reduzidos e área construída pequena este tipo de usina quase não gera impacto.

## **1.5 OBJETIVOS**

Constitui-se como objetivo geral do presente trabalho, analisar a sensibilidade do impacto da carga tributária, mediante a desoneração fiscal, dentro da cadeia construtiva e operacional das Centrais Hidrelétricas de Pequeno Porte, visando um incremento na viabilidade de projetos, aumento do retorno de investimento e maior competitividade no mercado.

São objetivos específicos do estudo:

- Obter índices tributários para empreendimentos de centrais de pequeno porte;
- Avaliar economicamente os empreendimentos frente à atual carga tributária e com a desoneração fiscal; e
- Analisar a melhoria da competitividade no cenário energético brasileiro.

## **1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho é constituído em quatro grandes partes, fundamentação bibliográfica, estudo de caso, metodologia do estudo e discussão dos resultados. Para tanto foi dividido em 9 capítulos.

Capítulo 1 – Este capítulo traz o cenário energético atual, exemplificando o consumo e a demanda de energia no país, bem como o papel da geração de pequeno porte (CGHs e PCHs) frente as demais fontes de energia

Capítulo 2 – Este capítulo revisa as principais argumentações científicas publicadas que embasam o tema, como: a sustentabilidade ambiental versus a geração por grandes hidrelétricas; o crescimento da geração e da demanda; uma visão global do mercado de energia; e as súmulas de análises econômicas.

Capítulo 3 – Este capítulo trata de todo o embasamento teórico que constitui este trabalho, ele traz a definição e categorização dos pequenos aproveitamentos, suas principais estruturas e sua relevância no custo final do empreendimento, a revisão da atual conjuntura tributária pertinente as centrais hidrelétricas, as possíveis desonerações fiscais e as desonerações que já vigoram no mercado. O tópico traz ainda a análise financeira referente a um empreendimento hidroenergético e os incentivos aplicados às demais fontes de energia.

Capítulo 4 – Este capítulo elucida os casos que servirão como base para a simulação e verificação da hipótese. Ele descreve cada empreendimento e seleciona os dados que servirão de entrada no modelo, bem como discorre sobre os estudos de inventários hidroelétricos e a forma que são obtidos os custos dos empreendimentos.

Capítulo 5 – Este capítulo traz a metodologia de análise. Discorre sobre a elaboração do fluxo de caixa para análise econômica (modelo) e os parâmetros fixados para a simulação.

Capítulo 6 – Este capítulo analisa as simulações realizadas e o impacto da variação dos parâmetros no modelo.

Capítulo 7 – Este capítulo refere-se a conclusão da análise de sensibilidade e recomendações para estudos futuros.

Capítulo 8 – Este capítulo traz a bibliografia utilizada no desenvolvimento deste trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desenvolvimento de um país está pautado em sua capacidade de prover recursos energéticos com segurança, competitividade e sustentabilidade ambiental, conforme citado por (TOLMASQUIM, 2012). No Brasil, 66,24% da geração de energia elétrica é proveniente da hidroeletricidade, sendo, 62,48% provenientes de grandes usinas, 3,53% de pequenas centrais e 0,23% de microcentrais, segundo dados obtidos junto ao do Banco de Informações da Geração - BIG da ANEEL (ANEEL, 2015).

Até 2023 o país irá demandar 61% mais energia elétrica do que no ano de 2013, e a participação das fontes renováveis triplicará no mesmo período (EPE, 2014). Segundo (BERMANN, 2007) o potencial hidroelétrico total disponível no Brasil é da ordem de 260 GW, sendo que 50% deste total se encontra na região amazônica. Estudos do (GREENPEACE, 2010) indicam que o potencial remanescente para as PCHs é da ordem de 25 GW. Se contabilizar o potencial remanescente tem-se a ordem de: 20 GW para exploração com centrais de pequeno porte contra 17,9 GW de grandes usinas. Em vista do exposto, existe uma maior potencialidade em pequenos aproveitamentos que em grandes.

Segundo ainda (BERMANN, 2007), o modelo de geração por grandes usinas é considerado insustentável no cenário mundial e particularmente no Brasil, devido a diversos impactos ambientais inerentes a este modelo, como: alteração do regime hidrológico; comprometimento da qualidade da água; emissão de gases de efeito estufa; problemas de saúde pública devido aos remansos do reservatório; insegurança quanto ao uso múltiplo da água; deslocamento de população ribeirinha; dentre outros. O autor ainda aponta como vantagem para utilização do potencial hidroelétrico remanescente a implementação de pequenas centrais.

Mesmo possuindo um vasto mercado a ser explorado, e ser a melhor alternativa para o aproveitamento hidroelétrico, as centrais de pequeno porte vem encontrando dificuldades de se fixar no mercado e perdendo competitividade junto às demais fontes de energia alternativa. Esta afirmativa pode ser comprovada pelo resultado dos Leilões de Energia para o Mercado Regulado. Entre 2007 e 2015 apenas 0,56% da energia oriunda de PCH do ACR foi

contratada, enquanto a Eólica efetivou 10,26%, segundo dados Departamento de Gestão do Setor Elétrico do MME.

Conforme (TIAGO FILHO, GALHARDO, *et al.*, 2011), que discorre sobre a conjuntura do mercado de PCHs e seu cenário regulatório do biênio de 2008/2009. A desoneração fiscal, a princípio no IPI e ICMS permitiria uma redução de 6,5% no preço de venda de energia. Ademais, usinas eólicas que participaram do Leilão de Fontes Alternativas foram desoneradas, o que fere o princípio de isonomia entre as fontes. Outro fator que corrobora com a disparidade é o fato de que usinas participantes do leilão não tiveram seus projetos previamente analisados pela ANEEL, como é o caso das PCHs.

Para se retomar o investimento no setor são necessários incentivos, seja por meio de ajuste no preço de venda de energia ou por meio de desoneração tributária. Em janeiro de 2004, por decreto, a Presidência da República reduziu de 5% para 3,5% o IPI de Turbinas Hidráulicas, seus componentes e Geradores, conforme Decreto Nº 4.955 de 15 de janeiro de 2004. Em seguida em 2006 a alíquota passou a zero por meio do Decreto Nº 6.006 de 28 de dezembro de 2006. Desde então não houve mais programas que incentivassem o investimento no setor.

Segundo (ASSUNÇÃO, 2011), o governo pode se valer da política fiscal para alcançar uma determinada finalidade. Nesse sentido, a concessão de incentivos fiscais se insere como instrumento de intervenção no domínio econômico a fim de que se possam concretizar vetores e valores norteadores do Estado. Por meio da tributação (e da desoneração), possibilita-se ao Estado intervir sobre o domínio econômico de forma indireta, induzindo a adoção de determinados comportamentos. Manifestando-se assim em estímulos ou limitações à atividade empresarial. Numa concepção ampla, incentivos fiscais são medidas que estimulam a realização de determinada conduta.

Neste viés, o trabalho proposto é de caráter inovador, sem estudos precedentes. Portanto, pretende-se ao fim das análises propor uma visão do modelo setorial baseado em incentivos fiscais que tornem o segmento das Centrais Hidrelétricas de Pequeno Porte mais competitivo e atrativo no cenário atual. Para tanto, será desenvolvida uma simulação experimental, baseada na análise de sensibilidade.

A análise de sensibilidade segundo Mattos (1989 – apud HERTZ, 1968), é a faixa de variação associada a cada elemento do fluxo, ou seja, uma margem de valores aplicáveis a um modelo. Já para (SOUZA et al, 2013), é a abordagem comportamental que utiliza de uma gama de possibilidades numéricas possíveis a uma determinada variável a fim de avaliar seu impacto no retorno de um modelo. Em resumo, é a determinação do impacto da variação de um determinado parâmetro no valor final.

Na criação do modelo de simulação, dados como tipo de arranjos de centrais, seus componentes, obras e serviços envolvidos serão retirados do Manual de Inventário Hidroelétrico (ELETROBRÁS, 2007), que preconiza regras claras para elaboração de estudos contemplando grandes e pequenas centrais, e serve de arcabouço de normas utilizadas para elaboração de projetos.

O referido manual traz também uma sistemática de obtenção do custo de implantação. Segundo (SOUZA, SANTOS e BORTONI, 2009) existe duas possibilidades de estimar o custo do projeto, uma utilizando de uma parametrização com a altura de queda e a potência e outro por meio do somatório dos custos individuais. No Manual (ELETROBRÁS, 2007), o custo é obtido de forma unitária, somando-se os custos.

Em uma análise do trabalho de (ROSS, WESTERFIELD e JORDAN, 2008), para verificar o incremento da competitividade, utiliza-se um ferramental de análise econômica como o Valor Presente Líquido – VPL, que é o valor que um determinado investimento agrega ao longo do tempo. Se o VPL retorna um valor negativo, significa que o investimento a ser realizado irá trazer prejuízo, em contrapartida, o VPL positivo indica o quão rentável será este determinado investimento. Outra ferramenta largamente utilizada em análises econômicas é a Taxa Interna de Retorno – TIR, que é o *momentum* em que o Valor Presente Líquido se torna nulo, sendo a taxa de desconto de um determinado projeto. Quanto maior for a TIR, mais rápido será o retorno do investimento inicial.

Este trabalho baseia-se em hipótese e pesquisa experimental, que é definida por (Gil, 2002), como a determinação das variáveis capazes de influenciar o objeto de estudo. Já a hipótese, é uma proposição suscetível de ser declarada verdadeira ou falsa, e que podem ser dependentes ou independentes.

Portanto, para ser alcançado o objetivo deste trabalho, de se traçar um perfil mercadológico que seja favorável à revitalização do mercado de pequenas centrais, será necessário saber se a desoneração fiscal (hipótese) é um fator relevante para reverter o cenário de declínio do mercado, por meio de uma simulação (pesquisa experimental) e quais possuem o maior impacto (sensibilidade).

## 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1 DEFINIÇÃO DE CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (CGH, PCH e UHE)

A primeira definição de PCH, está regulamentada na Portaria do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE Nº 109 de 24 de novembro de 1.982. Essa Portaria considerava a conclusão do “Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas”, elaborado pelo DNAEE e pela Eletrobrás com a participação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, da Financiadora de Estudos e Projetos S.A. - FINEP, da Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, então Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI e de fabricantes nacionais (DNAEE, 2015).

Tanto o Manual quanto a Portaria, estabeleciam que para se enquadrar como PCH, o empreendimento deveria:

- Operar a fio d’água ou, no máximo, com pequena regularização diária;
- Ser provido de barragens e vertedouros com alturas máximas de até 10 (dez) metros;
- Ter sistema adutor composto somente de canais e ou tubulações, não utilizando túneis;
- Possuir estruturas hidráulicas para vazão turbinável de, no máximo, 20 (vinte) m<sup>3</sup>/s;
- Ser dotado de unidades geradoras com potência individual de até 5.000 (cinco mil) kW;
- Ter potência instalada total de, no máximo, 10.000 (dez mil) kW;

Em 1.987, o DNAEE retifica a Portaria Nº 109, por meio da publicação da Portaria DNAEE Nº 136 de 06 de outubro de 1.987, onde estabelecia como único critério de enquadramento de PCH ter a sua potência instalada não superior a 10.000 kW e a potência máxima do gerador limitada a 5.000 kW. Descartando assim os limitadores referentes às estruturas hidráulicas.

Mais de uma década após a Portaria 109, já com a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL efetivada como autarquia reguladora do setor, o enquadramento de PCH passava a ser regido pela Resolução Normativa ANEEL Nº 394 de 04 de dezembro de 1998. Esta Resolução estabelecia que os empreendimentos para se enquadrarem em PCH deveriam possuir potência instalada entre os limites de 1.000 kW (limite inferior) e 30.000 kW (limite superior)

e ainda que seu reservatório se limitasse a 3 km<sup>2</sup> na cota maximorum da cheia de recorrência de 100 anos.

No ano de 2003, a Resolução Normativa ANEEL Nº 652 de 09 de dezembro de 2003, revogou a Resolução 394 e estabeleceu que para o enquadramento em PCH os empreendimentos deveriam limitar a potência entre 1 e 30 MW, mas, o reservatório poderia ser maior que 3 km<sup>2</sup> desde que atendessem a inequação 3-1:

$$A \leq \frac{14,3 \times P}{H_b} \quad (3-1)$$

Sendo:

- A – Área do reservatório em km<sup>2</sup>;
- P – Potência elétrica instalada em MW;
- H<sub>b</sub> – Queda Bruta em m.

A legislação vigente em 2015, decorrente da Lei Nº 13.097 de 19 de janeiro de 2015, altera o limite de potência para enquadramento em PCHs, passando dos 1.000 kW para 3.000 kW no limite inferior e mantendo em 30.000 kW o limite superior. As demais características de enquadramento de PCH se mantêm inalteradas.

Os demais empreendimentos hidrelétricos que não se enquadram em PCHs são denominados e classificados como CGHs e UHEs, conforme demonstra a Tabela 3-1.

Tabela 3-1 – ATUALIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO E DENOMINAÇÃO DE UNIDADES DE GERAÇÃO HIDRELÉTRICA. Fonte: Adaptado de (ELETROBRÁS, 2007).

<b>Denominação</b>	<b>Potência Instalada</b>
Usinas Hidrelétricas de Energia - UHE	Acima de 30.000 kW
Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH	Entre 3.000 e 30.000 kW
Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGH	Abaixo de 3.000 kW

Portanto, PCH é todo empreendimento hidrelétrico com potência instalada acima de 3.000 kW e inferior a 30.000 kW, com área de reservatório de 3 km<sup>2</sup> ou, se superior, que atenda a inequação 3-1.

Para efeitos deste estudo, será utilizada a definição anterior a publicada no ano de 2015. Onde, PCH se enquadrava na faixa de geração de 1 a 30 MW. Pois, considerando os aspectos construtivos e não os regulatórios, Pequenas Centrais se refere a centrais geradoras de pequeno porte.

## 3.2 CATEGORIZAÇÃO DE CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Segundo (SOUZA, SANTOS e BORTONI, 2009), além do enquadramento descrito acima é possível subdividir as centrais em grupos, categorizando-os em: tamanho da queda disponível (desnível); processo de regularização da vazão (acumulação); e tipo do sistema adutor (desvio).

### 3.2.1 CATEGORIZAÇÃO QUANTO A ALTURA DE QUEDA

Segundo o Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas da Eletrobrás (ELETROBRÁS, 2000), a classificação quanto à queda deve ser feita em conjunto com a potência instalada de projeto conforme Tabela 3-2, pois se analisados de forma isolada não permite uma classificação adequada.

Tabela 3-2 - CLASSIFICAÇÃO QUANTO À QUEDA. Fonte: (ELETROBRÁS, 2000).

CLASSIFICAÇÃO	POTÊNCIA (kW)	QUEDA DE PROJETO (H)		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
<b>MICRO</b>	$P < 100$	$H < 15$	$15 < H < 50$	$H > 50$
<b>MINI</b>	$100 < P < 3.000$	$H < 20$	$20 < H < 100$	$H > 100$
<b>PEQUENAS</b>	$3.000 < P < 30.000$	$H < 25$	$25 < H < 130$	$H > 130$

#### 3.2.1.1 BAIXA QUEDA

As unidades categorizadas como baixa queda podem ainda ser divididas em duas subcategorias, baixíssima queda e baixa queda, onde a primeira estaria entre 2m e 15 m e a segunda entre 6m a 25 m. Para este tipo de empreendimento, comumente é utilizado turbinas axiais, do tipo Kaplan, Bulbo e Tubular S.

#### 3.2.1.2 MÉDIA QUEDA

As unidades de média queda compreendem uma altura de 20m a 300 m e sua turbina usualmente é do tipo Francis.

#### 3.2.1.3 ALTA QUEDA

Unidades de alta e altíssima queda possuem altura superior a 150 m e utilizam turbinas do tipo Pelton.

### **3.2.2 CATEGORIZAÇÃO QUANTO À CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO**

Segundo o Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas da Eletrobrás (ELETROBRÁS, 2000), os tipos de centrais quanto à sua capacidade de regularização do reservatório são:

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

O processo de acumulação (regularização) não é comumente utilizado em PCHs ou CGHs, pois além de exigir uma área de reservatório muito grande, causa estresse hídrico e ambiental, devido à variação do nível da água.

É possível encontrar centrais com reservatório de acumulação, mas essas são antigas, anteriores à década de 1.980. Portanto, somente a título de ilustração, as três possibilidades são apresentadas a seguir.

### 3.2.2.1 CENTRAL A FIO D'ÁGUA

É quando não se considera o volume do reservatório criado pela barragem. Esse tipo de central é empregado quando as vazões na época de estiagem do rio são iguais ou maiores que a descarga necessária à potência a ser instalada. De uma forma bem simplificada, pode-se dizer que, a vazão que chega ao reservatório é a mesma que é turbinada.

### 3.2.2.2 CENTRAL DE ACUMULAÇÃO COM REGULARIZAÇÃO DIÁRIA DO RESERVATÓRIO

Esse tipo de central é empregado quando as vazões da época de estiagem do rio são menores que a necessária para fornecer a potência e suprir a demanda máxima do mercado consumidor. Ocorrem com risco superior ao adotado no projeto. Nesse caso, o reservatório fornecerá o adicional necessário de vazão regularizada. Deve-se, portanto, realizar estudos de regularização diária para a escolha da vazão de projeto.

### 3.2.2.3 CENTRAL DE ACUMULAÇÃO COM REGULARIZAÇÃO MENSAL DO RESERVATÓRIO

Quando o projeto de uma central 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. Deve-se, portanto, realizar estudos de regularização mensal para a escolha da vazão de projeto.

## 3.2.3 CATEGORIZAÇÃO QUANTO AO SISTEMA DE ADUÇÃO

Segundo Souza (SOUZA, SANTOS e BORTONI, 2009), pode-se considerar dois tipos essenciais:

1. Central de desvio; e
2. Central de represamento;

### 3.2.3.1 CENTRAL DE DESVIO

Este tipo de arranjo, mostrado na Figura 3-1, é adequado a locais de média e alta queda, quando a distância entre barragem e casa de máquinas é muito grande.

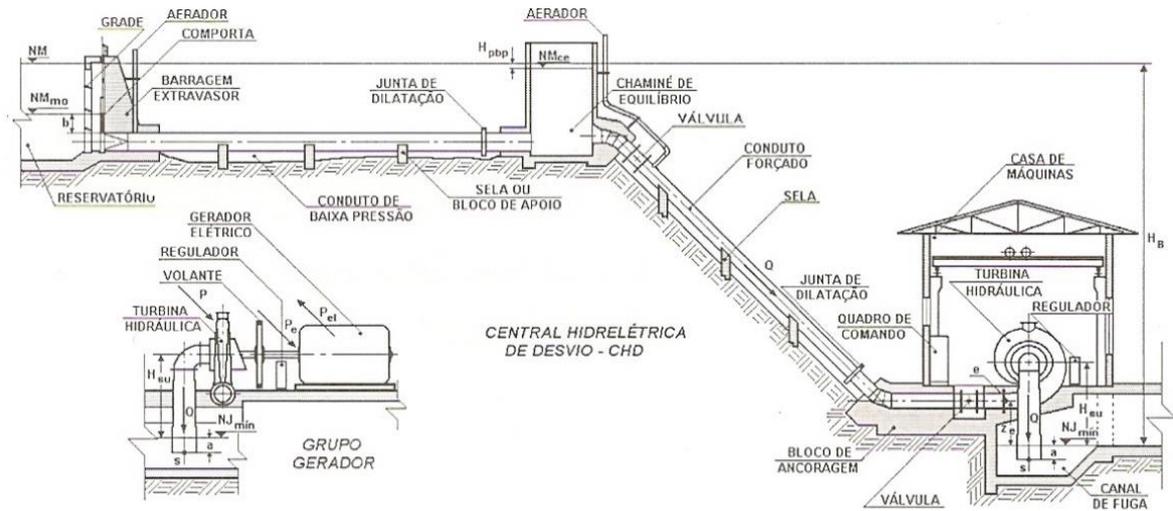


Figura 3-1 - CORTE ESQUEMÁTICO DE UMA CENTRAL DE DESVIO. Fonte: (SOUZA, SANTOS e BORTONI, 1999).

### 3.2.3.2 CENTRAL DE REPRESAMENTO

Este tipo de arranjo, mostrado na Figura 3-2, é adequado quando a barragem e casa de máquinas possam ser interligadas diretamente, utilizando ou não um conduto forçado.

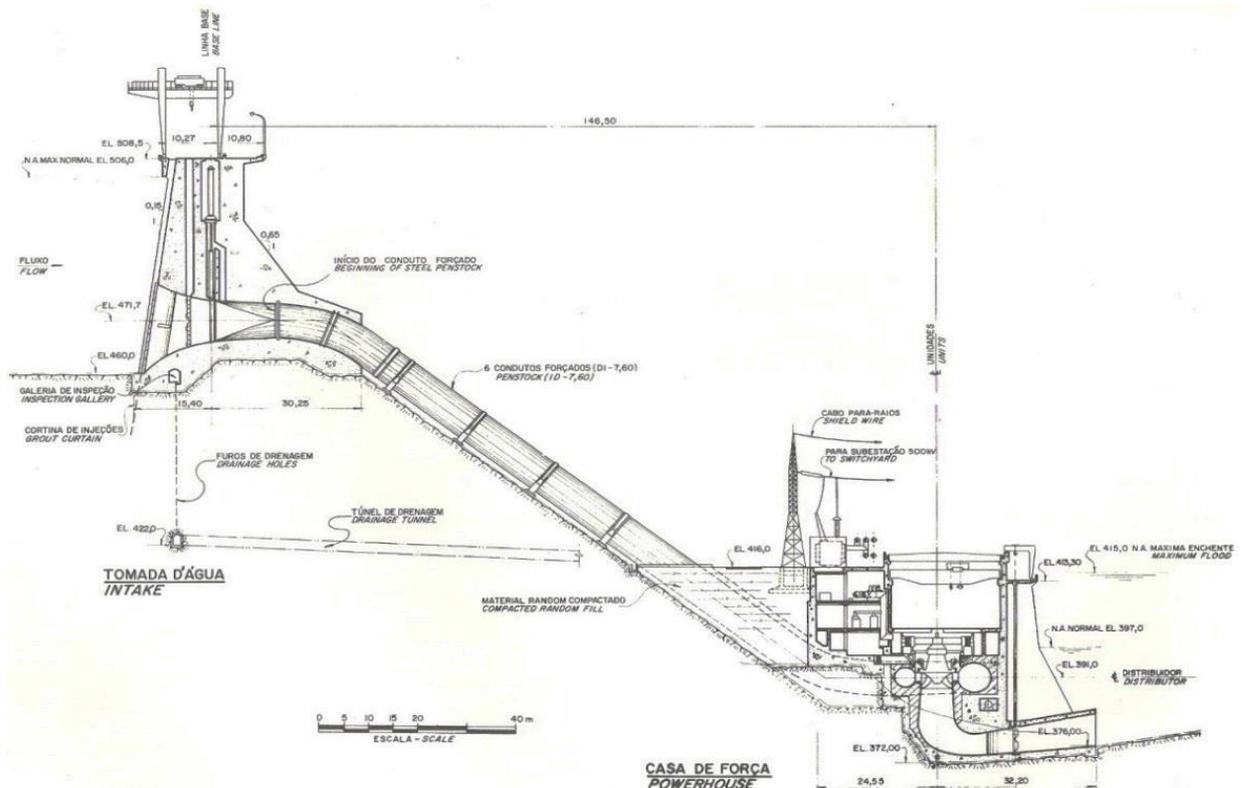


Figura 3-2 - CORTE ESQUEMÁTICO DE UMA CENTRAL DE REPRESAMENTO. Fonte: (SOUZA, SANTOS e BORTONI, 1999).

Conhecido o foco deste estudo, faz-se necessário entender seus componentes, principais formadores do custo de investimento.

### **3.3 ESTRUTURAS E COMPONENTES DE UMA CENTRAL HIDRELÉTRICA**

Uma central geradora hidráulica, deve conter estruturas que permitam a captação da água e sua condução através do declive do terreno, até alcançar a casa de máquinas. O conjunto das estruturas utilizadas para esse fim recebe o nome de arranjo, e são função das características do local de implantação, tais como altura de queda, vazão e distância entre o ponto de captação de água e a turbina.

Os arranjos variam em conforme as características topográficas e geológicas, porém, qualquer um deles adota uma combinação de todas as estruturas listadas a seguir ou parte delas:

- Barragem;
- Vertedouro;
- Tomada d'água;
- Canal de adução;
- Tubulação de adução ou de baixa pressão;
- Túnel de adução;
- Câmara de carga;
- Chaminé de equilíbrio;
- Tubulação forçada ou de alta pressão;
- Equipamentos hidromecânicos;
- Casa de máquinas;
- Turbina;
- Gerador;
- Sistemas de Controle;
- Canal de fuga; e
- Linha de Transmissão.

### 3.3.1 BARRAGEM

A função das barragens é a de reservar água, como no caso de regularização. Porém, como a grande maioria das centrais de pequeno porte é a fio d'água, a função da barragem se torna a de normalizar o nível de água para adução e promover a estabilização e/ou elevação da altura de queda.



Figura 3-3 - BARRAGEM DA PCH CANOA QUEBRADA. Fonte: Atiaia Energia.

### 3.3.2 VERTEDOURO

A função do vertedouro é extravasar a vazão excedente, seja ela por ocasião de cheias ou água não turbinada. Sua implementação se dá no próprio corpo da barragem ou nas suas laterais, dependendo do tipo de barramento utilizado (galgáveis ou não galgáveis). As formas mais usuais em arranjos de Pequenas Centrais são as de perfis retangulares e as Creager.



Figura 3-4 - VERTEDOURO PCH GARGANTA DA JARARACA. Fonte: Atiaia Energia.

### 3.3.3 TOMADA D'ÁGUA

Possui a função de captar a água diretamente do reservatório ou corpo d'água e conduzi-la ao sistema adutor. Quando integrado à casa de força: recomendado para aproveitamentos equipados com turbinas tipo Bulbo ou Kaplan com caixa semi-espiral de concreto, ou seja, onde todas as estruturas hidráulicas e de geração estejam integradas na mesma obra.



Figura 3-5 - TOMADA D'ÁGUA PCH BOCAIÚVA. Fonte: Silea Energia.

### 3.3.4 CANAL DE ADUÇÃO

O canal de adução é ponto de junção entre a tomada d'água e a câmara de carga (considerando um arranjo típico de PCH a Fio d'água). Sua estrutura pode ser de terra, solo-cimento ou concreto, e variam de acordo com a geologia e topografia local.



Figura 3-6 - CANAL DE ADUCAO DA PCH LUIZ DIAS. Fonte: CERPCH.

### 3.3.5 TUBULAÇÃO DE ADUÇÃO

Possui a mesma função do canal de adução, porém é utilizado quando a topografia e a geologia são desfavoráveis a utilização de canal.



Figura 3-7 - TUBULAÇÃO DE ADUÇÃO PCH NINHO DA ÁGUIA. Fonte: CPFL.

### 3.3.6 TÚNEL DE ADUÇÃO

Esta estrutura é considerada somente quando a topografia for desfavorável à adução em canal ou conduto de baixa pressão. Trata-se de uma escavação, normalmente em rocha, que exige a instalação de uma chaminé de equilíbrio e possui custo elevado.

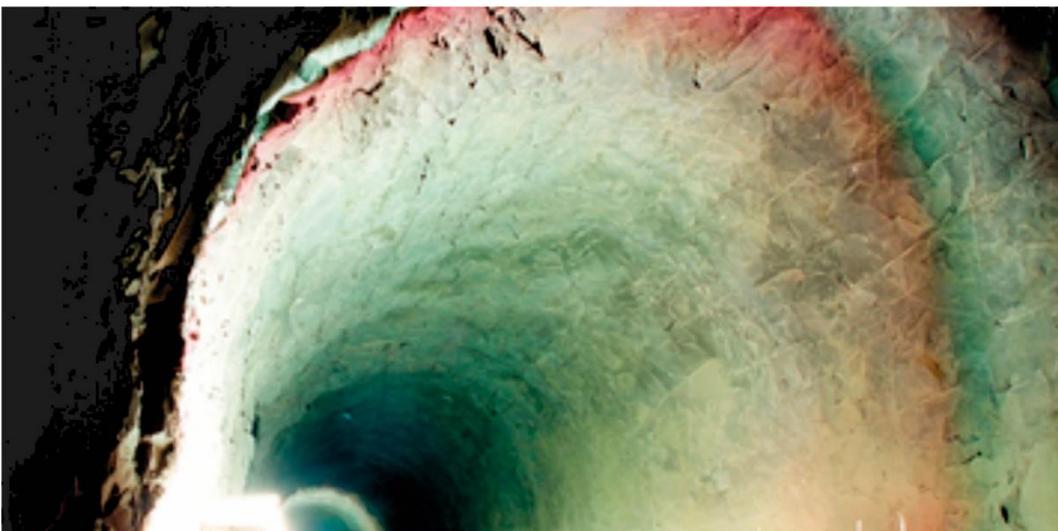


Figura 3-8 - TÚNEL DE ADUÇÃO. Fonte: GOOGLE.

### 3.3.7 CÂMARA DE CARGA

A câmara de carga é a estrutura que faz a transição do escoamento, seja hidráulicamente ou estruturalmente. É o ponto de junção do escoamento livre (canal) e pressurizado (conduto forçado).



Figura 3-9 - CÂMARA DE CARGA DA PCH FLOR DO SERTÃO. Fonte: Maue Geração.

### 3.3.8 CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO

Estrutura vertical com a função de reservar água para fornecer estabilidade ao fluxo inicial quando do acionamento de uma turbina ou amortecer as variações de pressão decorrente da parada de uma turbina (golpe de aríete).



Figura 3-10 - CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO DA PCH NINHO DA ÁGUIA. Fonte: Autor.

### 3.3.9 TUBULAÇÃO FORÇADA

Possui a função de aduzir a vazão coletada até as turbinas. Instalado após a câmara de carga ou chaminé de equilíbrio, sua estrutura deve suportar toda a pressão da conversão da energia potencial em cinética.



Figura 3-11 - TUBULAÇÃO FORÇADA PCH CANOA QUEBRADA. Fonte: Atiaia Energia.

### 3.3.10 EQUIPAMENTOS HIDROMECAÑICOS

Os Equipamentos Hidromecânicos têm a função de conduzir e controlar o fluxo de água, antes e depois da unidade geradora. Pode-se destacar entre estes equipamentos, as válvulas, as comportas e as grades.



Figura 3-12 - COMPORTA PCH GARGANTA DA JARARACA. Fonte: Atiaia Energia.

### 3.3.11 CASA DE MÁQUINAS

A casa de máquinas tem a finalidade de abrigar as turbinas, os geradores, os quadros de comando e os sistemas de medição e proteção da central hidrelétrica. Para os arranjos típicos, usualmente é encontrada somente as as abrigadas e semi-abrigadas. Sua escolha depende basicamente da variação do nível de água do canal de fuga e do tipo de turbina utilizada.



Figura 3-13 - CASA DE MÁQUINAS DA PCH GARGANTA JARARACA. Fonte: Atiaia Energia.

### 3.3.12 TURBINA

Segundo (SOUZA, SANTOS e BORTONI, 2009), as Turbinas podem ser de ação ou reação. De ação, quando o escoamento através do rotor ocorre sem a variação da pressão, e de reação, quando há variação da pressão.

#### 3.3.12.1 TURBINA PELTON

Máquina de ação, opera em grandes quedas e pequenas vazões.

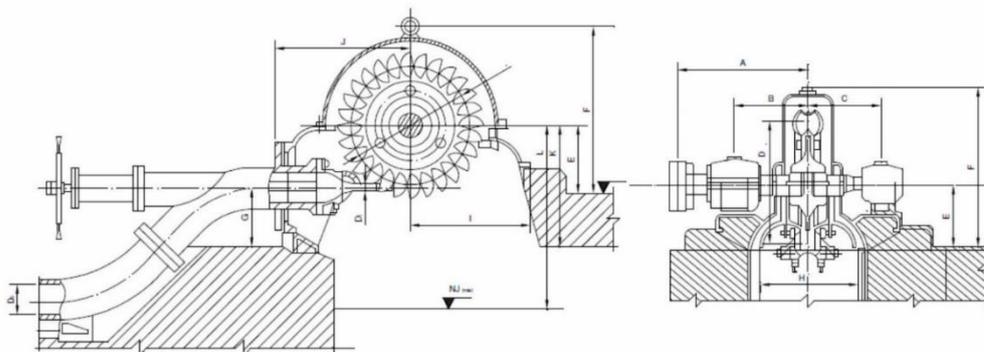


Figura 3-14 - TURBINA PELTON. Fonte: (CERPCH, 2008).

### 3.3.12.2 TURBINA FRANCIS

Máquina de reação, opera desde grandes quedas com medias vazões até médias quedas e grandes vazões.

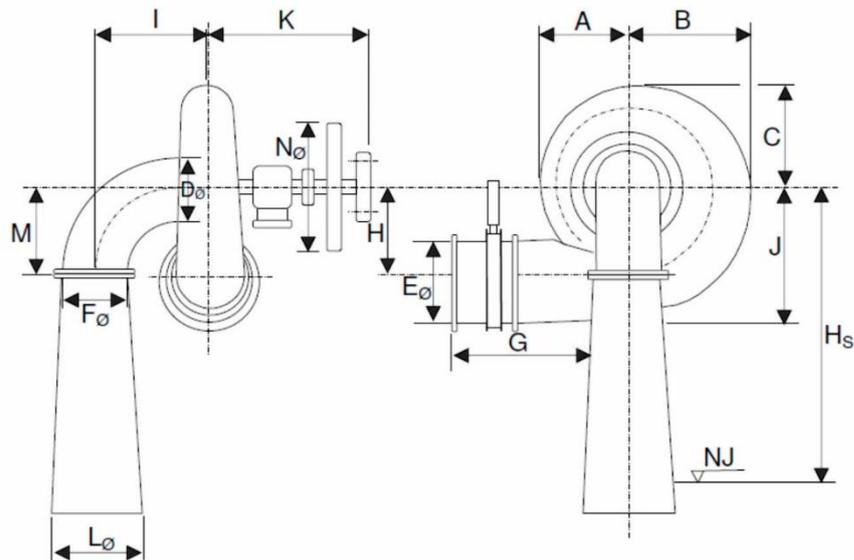


Figura 3-15 - TURBINA FRANCIS. Fonte: (CERPCH, 2008).

### 3.3.12.3 TURBINA KAPLAN

Máquina de reação, opera em baixas quedas e grandes vazões.

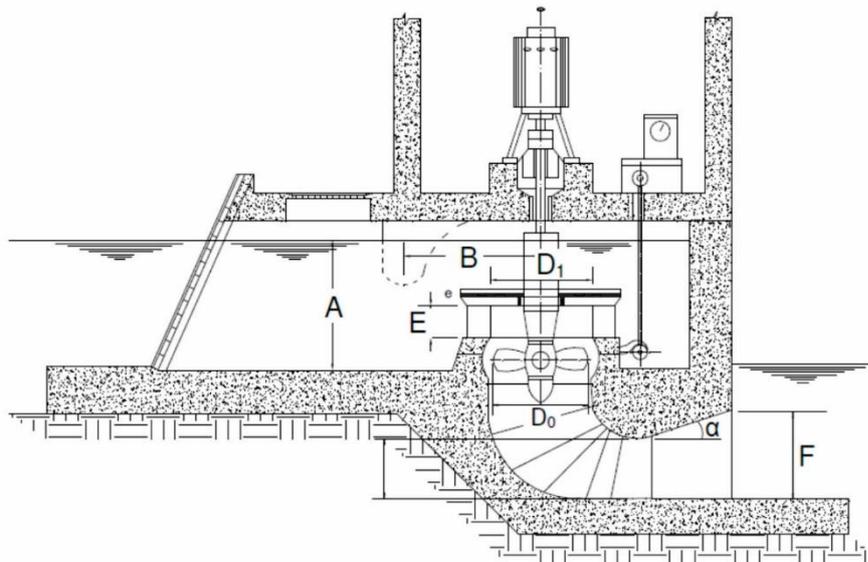


Figura 3-16 - TURBINA KAPLAN. Fonte: (CERPCH, 2008).

### 3.3.13 GERADOR

Possui a função de converter a energia mecânica fornecida pela turbina em energia elétrica. Os geradores podem ser síncronos ou assíncronos.



Figura 3-17 - GERADOR PCH CANOA QUEBRADA. Fonte: Atiaia Energia.

### 3.3.14 EQUIPAMENTOS ACESSÓRIOS

São referentes aos equipamentos de proteção, medição e controle.



Figura 3-18 - EQUIPAMENTOS ACESSÓRIOS DA PCH BELO MONTE. Fonte: Cassol Energia

### 3.3.15 CANAL DE FUGA

Localizado imediatamente após a casa de máquinas, é a estrutura responsável pela restituição da água ao seu curso natural.



Figura 3-19 - CANAL DE FUGA DA PCH GARGANTA DA JARARACA. Fonte: Atiaia Energia.

### 3.3.16 LINHA DE TRANSMISSÃO

Possui a função de interligar a usina com a rede de distribuição ou transmissão.

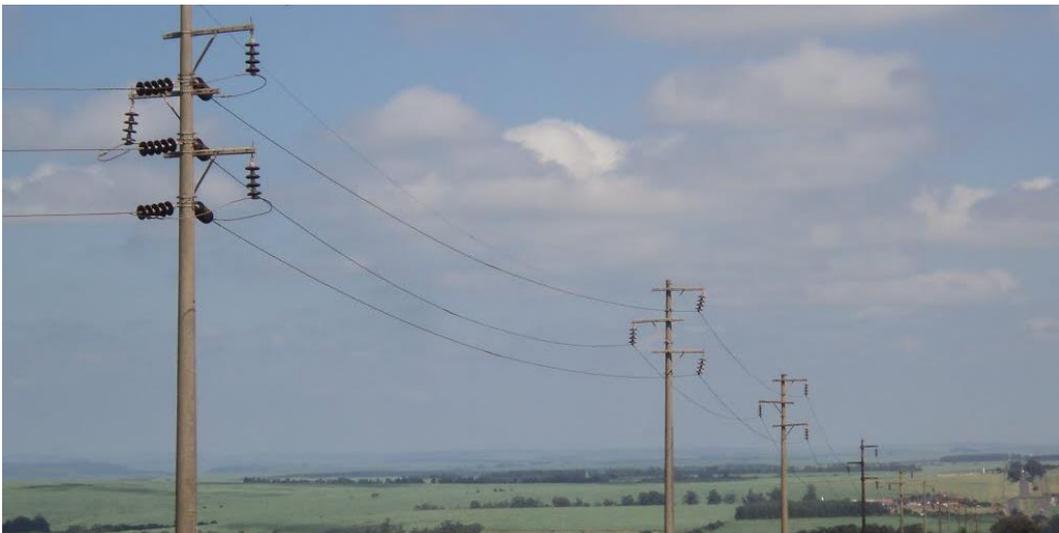


Figura 3-20 - LINHA DE TRANSMISSÃO. Fonte: GOOGLE.

### 3.4 A INFLUÊNCIA DAS ESTRUTURAS NA COMPOSIÇÃO DO CUSTO

Segundo (BRACIANI, 2011), os custos decompostos da implantação de usinas hidrelétricas podem ser agrupados segundo a Tabela 3-3.

Tabela 3-3 - INFLUÊNCIA DAS ESTRUTURAS NO CUSTO. Fonte: Adaptado de (BRACIANI, 2011).

ALTO CUSTO	MÉDIO CUSTO	BAIXO CUSTO
Barragem	Canal de adução	Vertedouro
Turbina	Tubulação de adução	Tomada d' água
Gerador	Tubulação forçada	Câmara de carga
	Casa de máquinas	Chaminé de equilíbrio
	Linha de transmissão	Equipamentos Hidromecânicos
		Sistemas de controle
		Canal de fuga

### 3.5 ASPECTOS TRIBUTÁRIOS E ECONÔMICOS RELATIVOS A CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

#### 3.5.1 TRIBUTOS REFERENTES A CADEIA OPERACIONAL E CONSTRUTIVA

De acordo com a Lei Nº 5.172 de 25 de outubro de 1966, que dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional define no Art. 3º:

*“... Tributo é toda prestação pecuniária compulsória, em moeda ou cujo valor nela se possa exprimir, que não constitua sanção de ato ilícito, instituída em lei e cobrada mediante atividade administrativa plenamente vinculada.”*

No Brasil, o arcabouço tributário é muito extenso e complexo. Abaixo estão identificados os impostos pertinentes a este trabalho.

### **3.5.2 IMPOSTO DE RENDA DE PESSOAS JURÍDICAS - IRPJ**

A legislação vigente que dispõe sobre o IRPJ está fundamentada na Lei Nº 9.430 de 27 de dezembro de 1996. Preconizando que, são contribuintes e, portanto, estão sujeitos ao pagamento do IRPJ, as pessoas jurídicas e as pessoas físicas a elas equiparadas, domiciliadas no País. Devendo apurar o IRPJ com base no lucro, que pode ser real, presumido ou arbitrado.

A alíquota do IRPJ é de 15% (quinze por cento) sobre o lucro apurado, com adicional de 10% sobre a parcela do lucro que exceder R\$ 20.000,00 / mês. Como contratos de concessão de serviços públicos, não se enquadram na redução percentual, fica então estabelecido o teto de 32% de presunção de lucro para estas empresas, portanto:

- 15% de 32% (lucro presumido) = 4,8% da receita.

### **3.5.3 CONTRIBUIÇÃO SOCIAL SOBRE O LUCRO LÍQUIDO – CSLL**

Esta tributação foi criada pela Lei 7.689/1988 para que todas as Pessoas Jurídicas e as equiparadas a elas pela legislação, possam apoiar financeiramente a Seguridade Social. A Seguridade Social compõe-se de recursos provenientes dos poderes públicos federais, estaduais, municipais e de contribuições sociais das empresas, visando proteger os cidadãos no que se refere aos seus direitos com saúde, aposentadoria e situações de desemprego. As regras vigentes para a CSLL estão dispostas na mesma lei do IRPJ, Lei Nº 9.430 de 27 de dezembro de 1996.

A alíquota da CSLL é de 9% sobre o lucro.

- 9% de 32% (lucro presumido) = 2,88% da receita.

### **3.5.4 PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO SOCIAL – PIS**

Instituído pela Lei Complementar N.º 26 de 11 de setembro de 1975, este imposto foi destinado a promover a integração do empregado na vida e no desenvolvimento das empresas, a partir da Constituição Federal de 1988 as contribuições para o PIS passaram a

financiar o programa de seguro-desemprego e o abono de um salário mínimo anual aos empregados que percebam até dois salários mínimos mensais de empregadores contribuintes do programa.

A alíquota do PIS é de 1,65% sobre a receita líquida.

### **3.5.5 CONTRIBUIÇÃO PARA FINANCIAMENTO DA SEGURIDADE SOCIAL – COFINS**

Este tributo foi instituído pela Lei Complementar Nº 70 de 30 de dezembro de 1991, e tem como o objetivo financiar a Seguridade Social, ou seja, áreas fundamentais como a Previdência Social, Assistência Social e Saúde Pública. A COFINS tem como fato gerador o auferimento de receita pela empresa, independente da atividade exercida pela empresa e da classificação contábil adotada para sua escrituração.

A alíquota da COFINS é 7,6% sobre a receita líquida.

### **3.5.6 IMPOSTO SOBRE PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS - IPI**

Produto industrializado é o resultante de qualquer operação que modifique a natureza, o funcionamento, o acabamento, a apresentação ou a finalidade do produto, ou o aperfeiçoe para consumo, sendo irrelevantes, para caracterizar a operação como industrialização, o processo utilizado para obtenção do produto e a localização e condições das instalações ou equipamentos empregados, tais como:

- Transformação - operação exercida sobre a matéria-prima ou produto intermediário, que resulta na obtenção de espécie nova;
- Beneficiamento – operação que modifica, aperfeiçoa ou, de qualquer forma, altera o funcionamento, a utilização, o acabamento ou a aparência do produto;
- Montagem – operação que consiste na reunião de produtos, peças ou partes e da qual resulta novo produto ou unidade autônoma, ainda que sob a mesma classificação fiscal;

- Acondicionamento ou reacondicionamento – operação que altera a apresentação do produto, pela colocação da embalagem, ainda que em substituição da original, salvo quando a embalagem colocada se destine apenas ao transporte da mercadoria;
- Renovação ou reacondicionamento – operação exercida sobre produto usado ou parte remanescente do produto deteriorado ou inutilizado, que renova ou restaura o produto para utilização.

O imposto incide sobre produtos industrializados, nacionais e estrangeiros, obedecidas as especificações constantes da Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados– TIPI (Lei nº 4.502, de 30 novembro de 1964, art. 1º, e Decreto-lei nº 34, de 18 de novembro de 1996, art. 1º). O campo de incidência do IPI abrange todos os produtos com alíquota, ainda que zero, relacionados na TIPI, excluídos aqueles a que corresponde a notação "NT" (não tributado).

### **3.5.7 IMPOSTO DE IMPORTAÇÃO - II**

O imposto sobre a importação de produtos estrangeiros (II) incide sobre a importação de mercadorias estrangeiras e sobre a bagagem de viajante procedente do exterior. No caso de mercadorias estrangeiras, a base de cálculo é o valor aduaneiro e a alíquota está indicada na Tarifa Externa Comum (TEC).

### **3.5.8 IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS e SERVIÇOS – ICMS**

O ICMS está presente na Constituição Federal de 1988, e somente os governos estaduais podem instituí-lo ou alterá-lo. O objetivo do ICMS é apenas fiscal, e o principal fato gerador é a circulação de mercadoria, até mesmo as que se iniciam no exterior. O ICMS incide sobre diversos tipos de serviços, como telecomunicação, transporte intermunicipal e interestadual, importação e prestação de serviços, e etc. O imposto não incide sobre qualquer operação com livros, jornais, operações que destinem ao exterior mercadorias, operações relativas a energia elétrica e petróleo, operações com ouro, operações de arrendamento mercantil.

### 3.5.9 IMPOSTO SOBRE SERVIÇOS DE QUALQUER NATUREZA – ISS

É o imposto sobre serviços de qualquer natureza, regulamentado pela Lei Complementar Nº 116 de 31 de julho de 2003. Este tributo é cobrado e administrado pelos municípios e pelo Distrito Federal e tem como contribuinte o prestador de serviços.

Sua alíquota varia de município para município estando entre 2% e 5% sobre a receita gerada.

## 3.6 CORREÇÃO FINANCEIRA

A Correção Financeira é o nome dado para os ajustes contábeis e financeiros, realizados com o intuito de se demonstrar os preços de aquisição em moeda em circulação no país, em relação ao valor de outras moedas (ajuste cambial) ou índices de inflação ou cotação do mercado financeiro (atualização monetária), ou seja, um ajuste feito periodicamente de certos valores na economia tendo em base o valor da inflação de um período, objetivando compensar a perda de valor da moeda.

#### Resultado da Correção pelo IPC-A (IBGE)

Dados básicos da correção pelo IPC-A (IBGE)	
<b>Dados informados</b>	
Data inicial	06/2007
Data final	10/2015
Valor nominal	R\$ 100,00 ( REAL )
<b>Dados calculados</b>	
Índice de correção no período	1,6551794
Valor percentual correspondente	65,5179400 %
Valor corrigido na data final	R\$ 165,52 ( REAL )

[Fazer nova pesquisa](#)

Figura 3-21 - ÍNDICE DE CORREÇÃO MONETÁRIA. Fonte: Banco Central

### 3.7 FINANCIAMENTO BNDES APLICÁVEL ÀS CENTRAIS DE PEQUENO PORTE

Segundo o Banco Nacional do Desenvolvimento – BNDES, (BNDES, 2015) existem várias modalidades de financiamento de projetos, como bens de capital, capital de giro, automação, efficientização energética dentre outros. Para este estudo em questão será padronizado a utilização da modalidade Energia – Geração de Vapor e Energia Renovável. Essa modalidade selecionada é específica para PCHs e se adequa ao horizonte de estudo dos Fluxos de Caixa.

Pelo website do Banco é possível obter as seguintes informações:

- O que pode ser financiado: Hidrelétricas, geração a partir de vapor ou eletricidade a partir de biomassa, energia eólica, energia solar, pequenas centrais hidrelétricas e outras energias alternativas.
- Quem pode solicitar: Sociedades com sede e administração no País e pessoas jurídicas de direito público.
- Valor mínimo de financiamento: R\$ 20 milhões.

Ainda é possível obter os valores de juros e remuneração com financiamento direto do BNDES:

- Custo Financeiro: TJLP - Taxa de Juros de Longo Prazo – 6% a.a.
- Remuneração Básica do BNDES: A partir de 1,2% a.a.
- Taxa de risco de crédito: de 1% a 4,18% conforme o risco de crédito do cliente.
- Participação máxima do BNDES: até 70% (70% se o empreendimento for abaixo de 30 MW e 50% acima de 30 MW) do valor dos itens financiáveis.
- Prazo de financiamento: 20 anos.

Portanto, a partir destes dados coletados é possível definir as variáveis padrão para a simulação dos empreendimentos selecionados, conforme ilustra a Tabela 3-4 abaixo.

Tabela 3-4 - PARÂMETROS DE FINANCIAMENTO BNDES

Prazo de Financiamento	20 anos
Capital próprio	30%
Capital financiado	70%
Juros + remuneração + risco	10,20%

## 3.8 ANÁLISE FINANCEIRA DE UM EMPREENDIMENTO HIDRELÉTRICO

### 3.8.1 FLUXO DE CAIXA

O Fluxo de Caixa é a ferramenta principal para a análise financeira de um empreendimento. Ele é o instrumento que projeta para períodos futuros todas as receitas e despesas, indicando como será o saldo de caixa para o período projetado. A partir da projeção dos fluxos futuros é possível obter o valor do VPL, TIR e do Payback, ferramentas essenciais à tomada de decisão quanto ao investimento.

Segundo (ROSS, WESTERFIELD e JORDAN, 2008), o fluxo de caixa da empresa demonstra a diferença entre a quantidade de dinheiro que entrou (receita) e a quantidade que saiu (despesa). Porém, para (COPELAND, KOLLER e MURRIN, 2002), deve-se considerar o valor do dinheiro no tempo, e explicita que o valor de uma empresa é medido por sua capacidade de geração de caixa ao longo do tempo. Assim sendo, com as informações do Fluxo de Caixa, o empreendedor pode elaborar a Estrutura Gerencial de Resultados, a Análise de Sensibilidade, calcular a Rentabilidade, a Lucratividade, o Ponto de Equilíbrio e o Prazo de retorno do investimento.

### 3.8.2 VALOR PRESENTE LÍQUIDO

O Valor Presente Líquido é o indicativo da lucratividade de um empreendimento, ou seja, se o mesmo irá agregar valor em um período de tempo. Segundo Ross (ROSS, WESTERFIELD e JORDAN, 2008), o Valor Presente Líquido é a diferença entre o valor de mercado de um investimento e seu custo.

Assim sendo, se o VPL for positivo, indica atratividade, lucratividade em um determinado empreendimento, caso contrário, se o mesmo for negativo, indica prejuízo.

O VPL é dado pela equação 4-3-2:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (4-3-2)$$

Onde:

T = período de análise.

FCt = Fluxo de Caixa do período t.

T = taxa de desconto.

### **3.8.3 TAXA INTERNA DE RETORNO**

Segundo Ross (ROSS, WESTERFIELD e JORDAN, 2008), esta taxa indica o momento em que o VPL se torna zero, ou seja, daquele momento em diante o empreendimento passa a ser lucrativo. Esta Taxa é amplamente utilizada para que os empreendedores tomem decisão quanto a investir ou não em uma PCH. A TIR como o VPL, levam em consideração o custo do dinheiro ao longo do tempo.

### **3.8.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE**

A Análise de Sensibilidade consiste em estudar o nível de impacto que a variação de um dado de entrada pode ocasionar nos resultados. Quando uma pequena variação num parâmetro altera drasticamente a rentabilidade de um projeto, significa que o projeto é muito sensível a este parâmetro.

## **3.9 INCENTIVOS PARA AS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA**

### **3.9.1 TRIBUTAÇÃO DE SOBRE EQUIPAMENTOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA**

A fabricação e comercialização de equipamentos para a geração de energia estão sujeitos à tributação de: IPI, II, PIS, COFINS e ICMS.

Segundo dados obtidos na TIPI, para o Imposto sobre Produtos Industrializados, tem-se:

- SOLAR
  - 8419.19.10 – Aquecedores solares de água – Alíquota de 0%.
  - 8541.40.16 – Células Solares – Alíquota de 0%.
- BIOMASSA
  - 8402.1 – Caldeiras de vapor – Alíquota de 0%.
  - 8406.81.00 – Turbinas a vapor – Alíquota de 0%.
  - 8502.1 – Grupos eletrógenos – Alíquota de 0%.

- EÓLICA
  - 8502.31.00 – Grupo eletrógeno – Alíquota de 0%.
  - 8503.00.90 – Partes utilizadas em aerogeradores – Alíquota de 0%.
- PCHs
  - 8410.1 – Turbinas Hidráulicas – Alíquota de 0%.
  - 8501.64.00 – Geradores – Alíquota de 0%.

Para o Imposto de Importação, somente os aerogeradores e suas partes se beneficiam da isenção tributária, todos os demais equipamentos das demais fontes são tributados entre 10 e 20%.

O PIS e o COFINS incidem sobre todos os equipamentos para geração de energia elétrica, tanto para o regime cumulativo quanto para o regime não cumulativo.

Já o ICMS é regulamentado por estado, sendo diferente para cada caso.

### **3.9.2 INCENTIVO A OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA (REGIME REIDI)**

Segundo a Lei Nº 11.488 de 15 de junho de 2007, que institui o Regime Especial para o Desenvolvimento da Infraestrutura – REIDI, e com o intuito de desenvolver a infraestrutura do país, a Legislação Federal estabeleceu estímulos aos setores de energia, transportes, dutovias, saneamento básico e irrigação.

O REIDI visa reduzir o custo inicial dos investimentos em obras de infra-estrutura.

Para se enquadrar no regime é preciso aprovar um projeto específico para cada obra junto ao ministério correspondente. A empresa pode usufruir desse benefício por cinco anos após a data de aprovação do projeto e a habilitação.

Para utilizar o REIDI, deve ser informado à empresa vendedora que o seu projeto está dentro do sistema que suspende PIS e COFINS, onde a partir daí o valor da compra será reduzido. Para que esse valor seja reduzido, o habilitado precisa co-habilitar a empresa vendedora, para que eles tenham um vínculo no regime, do qual permitirá a isenção.

## 4 ESTUDOS DE CASO

### 4.1 ESTUDO DE INVENTÁRIO HIDROELÉTRICO

Segundo o Manual de Inventário Hidroelétrico da Eletrobrás (ELETROBRÁS, 2007), a definição de inventário hidroelétrico é:

*“... concepção e análise de várias alternativas de divisão de queda para a bacia hidrográfica, formadas por um conjunto de projetos, que são comparadas entre si, visando selecionar aquela que apresente melhor equilíbrio entre os custos de implantação, benefícios energéticos e impactos socioambientais”*

Este estudo, é realizado em quatro fases:

- Planejamento do Estudo
  - É a fase inicial, onde se planejam e se organizam as atividades do Estudo de Inventário.
- Estudos Preliminares
  - Fase onde propõem-se alternativas de divisão de queda para o aproveitamento do potencial hidroelétrico.
- Estudos Finais
  - Fase que se determina o conjunto de obras e instalações que corresponda ao desenvolvimento integral do potencial hidroelétrico.
- Avaliação Ambiental Integrada
  - Fase para complementar e consolidar os estudos socioambientais da alternativa selecionada nos Estudos Finais.

Na fase de Estudos Finais, após a seleção da melhor alternativa, o projetista responsável pelo estudo calcula o custo final de implantação de cada empreendimento e preenche a planilha do Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE. A planilha traz os custos estimados para cada obra. Nesta fase o empreendedor faz a tomada de decisão quanto ao investimento.

#### **4.1.1 TIPO DE CUSTOS ESTIMADOS PELA PLANILHA OPE**

A metodologia de cálculo utilizada na OPE, é realizada por meio de gráficos, fórmulas, tabelas e equações parametrizadas. Estes valores, representam uma média obtida a partir de uma série de usinas hidrelétricas estudadas, e seu valor expressado em dólares estadunidenses, o qual é convertido na moeda local. Casos atípicos, não descritos no Manual requerem detalhamento por parte do projetista.

Os principais cálculos para obtenção dos custos, são descritos nos Capítulos 4, subitem 10 e Capítulo 5, subitem 7 do referido manual.

De forma a facilitar o cálculo e o entendimento, a planilha OPE agrupou por afinidades as obras, as estruturas, os equipamentos e os custos ambientais. Criando blocos de afinidades, como discorre (MAGALHÃES, 2009).

##### **4.1.1.1 Conta 10 - TERRENOS, RELOCAÇÕES E OUTRAS AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS**

Este item trata da aquisição de terras, indenização por desapropriação e outras ações socioambientais. Como exemplo, pode ser citado os terrenos que formam o reservatório, a área do pátio e da casa de máquinas, o canteiro de obras, dentre outros. Este item pode vir a onerar demasiadamente um empreendimento.

##### **4.1.1.2 Conta 11 - ESTRUTURAS E OUTRAS BENFEITORIAS**

Este item trata das benfeitorias na área do empreendimento, bem como a casa de máquinas e, se houver, vila operária.

##### **4.1.1.3 Conta 12 - BARRAGENS E ADUTORAS**

Este item em particular é o mais extenso e também um dos mais caros do OPE. Ele trata das estruturas hidráulicas, como desvio do rio (ensecadeiras, galerias, adufas ...), barragens (barramento principal, diques ...), vertedouros e sistema de adução: tomada d'água, canais, tubulações, chaminé de equilíbrio, túneis, conduto forçado, canal de fuga etc.

##### **4.1.1.4 Conta 13 - TURBINAS E GERADORES**

Este item também é de alto custo, e trata somente do conjunto turbo gerador.

#### 4.1.1.5 Conta 14 - EQUIPAMENTO ELÉTRICO ACESSÓRIO

Trata de todos os acessórios necessário ao funcionamento do conjunto gerador, como, freios, transmissores, controladores, cubículo etc.

#### 4.1.1.6 Conta 15 - DIVERSOS EQUIPAMENTOS DA USINA

Este item trata do pórtico e da ponte rolante, bem como todos os equipamentos hidromecânicos: válvulas, comportas etc.

#### 4.1.1.7 Conta 16 - ESTRADAS DE RODAGEM, DE FERRO E PONTES

Como o título sugere, este item trata do acesso ao empreendimento, com a construção, se necessário, de estradas, pontes etc.

#### 4.1.1.8 Conta 17 - CUSTOS INDIRETOS

Este item é referente a parte de estudos e engenharia do proprietário, bem como um majoramento do custo global para cobrir qualquer custo extraordinário.

A partir dos valores obtidos pelos blocos acima, o projetista obtém o seu orçamento global que é o resultante do somatório de cada item.

## **4.2 INVENTÁRIOS SELECIONADOS PARA O ESTUDO**

Para este estudo foi selecionado dois estudos de inventário onde os mesmos contemplassem:

- Enquadramento no Manual de Inventário de 2007.
- Possuir variabilidade de arranjos; e
- Planilha OPE devidamente preenchida e segmentada.

### **4.2.1 INVENTÁRIO 1: RIO DO PEIXE, GOIÁS**

O Inventário em questão é uma revisão parcial e complementar do Inventário dos Rios Tocantinzinho, das Almas e Maranhão, e se limita ao trecho de montante da AHE Guariba até sua cabeceira. Este trecho do Rio do Peixe se situa na região central do estado de Goiás, nos municípios de Pirenópolis e Goianésia, sendo pertencente a bacia 2 (Rio Tocantins) e sub-bacia 20 (Alto Tocantins). Este estudo identificou sete aproveitamentos ao longo do Rio.

### **4.2.2 INVENTÁRIO 2: RIO DOS TOUROS, RIO GRANDE DO SUL**

O Rio dos Touros é afluente direto pela margem esquerda do rio Pelotas, sendo este último um dos formadores do rio Uruguai. O rio dos Touros situa-se na região dos Campos de Cima da Serra, no município de Bom Jesus. A bacia do rio dos Touros faz parte da bacia hidrográfica do Alto Uruguai, sub-bacia 70. Este estudo identificou sete aproveitamentos ao longo do Rio.

## 4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS SELECIONADOS

### 4.3.1 CH JURUBEBA

Situada a 172km da foz do Rio do Peixe, este empreendimento possui arranjo de central de represamento, sua tomada d'água é incorporada ao barramento de concreto a gravidade. A tubulação forçada aduz a vazão diretamente a um grupo gerador do tipo Francis de eixo horizontal e potência de 0,64 MW.

Tabela 4-1 - QUADRO RESUMO CH JURUBEBA

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Peixe	Represamento	50 m	Francis	0,64 MW

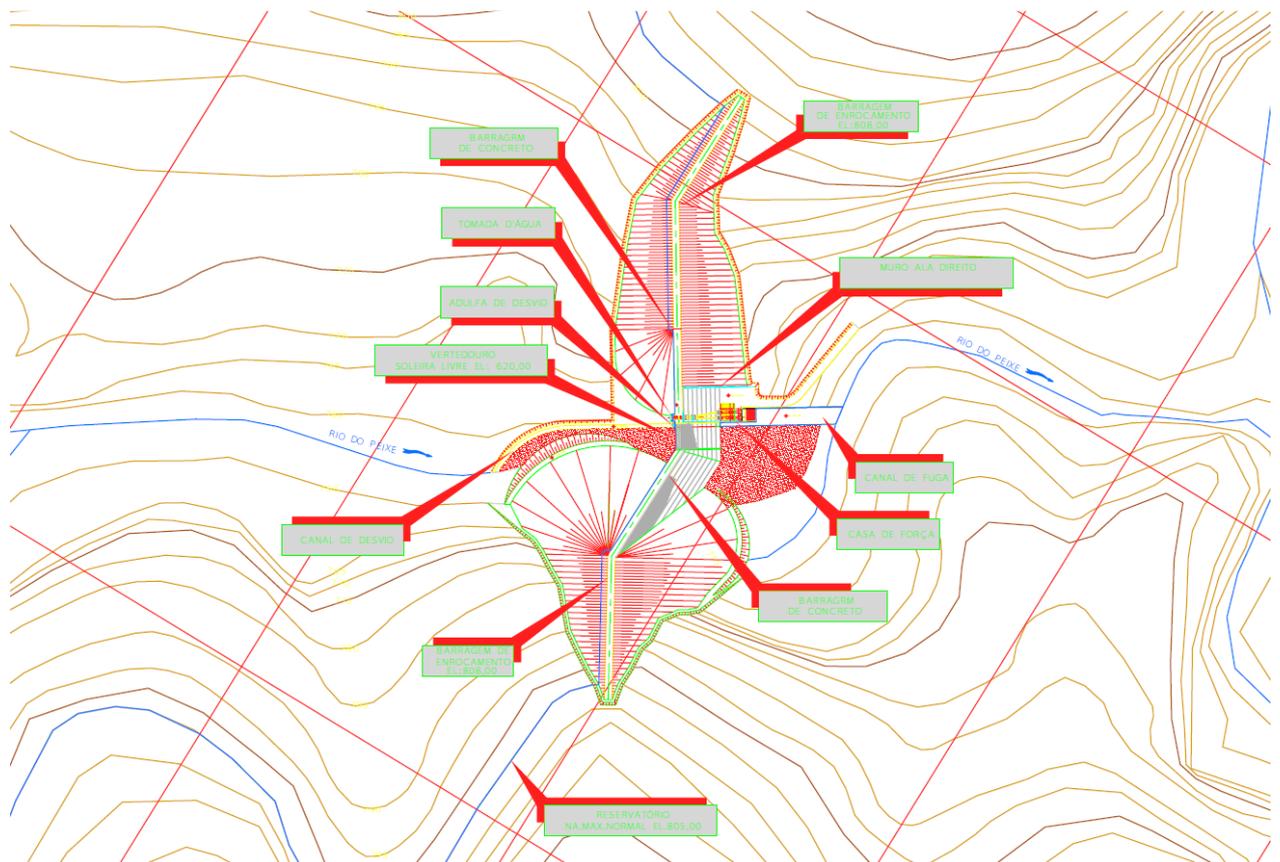


Figura 4-1 - ARRANJO DA CGH JURUBEBA. Fonte: (CHESP, 2009).

### 4.3.2 CH CONFISCO

Situada a 156km da foz do Rio do Peixe, este empreendimento possui arranjo de central de represamento, sua tomada d'água é incorporada ao barramento de concreto a gravidade. A tubulação forçada aduz a vazão diretamente a um grupo gerador do tipo Francis de eixo horizontal e potência de 1,85 MW.

Tabela 4-2 - QUADRO RESUMO CH CONFISCO

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Peixe	Represamento	45 m	Francis	1,85 MW

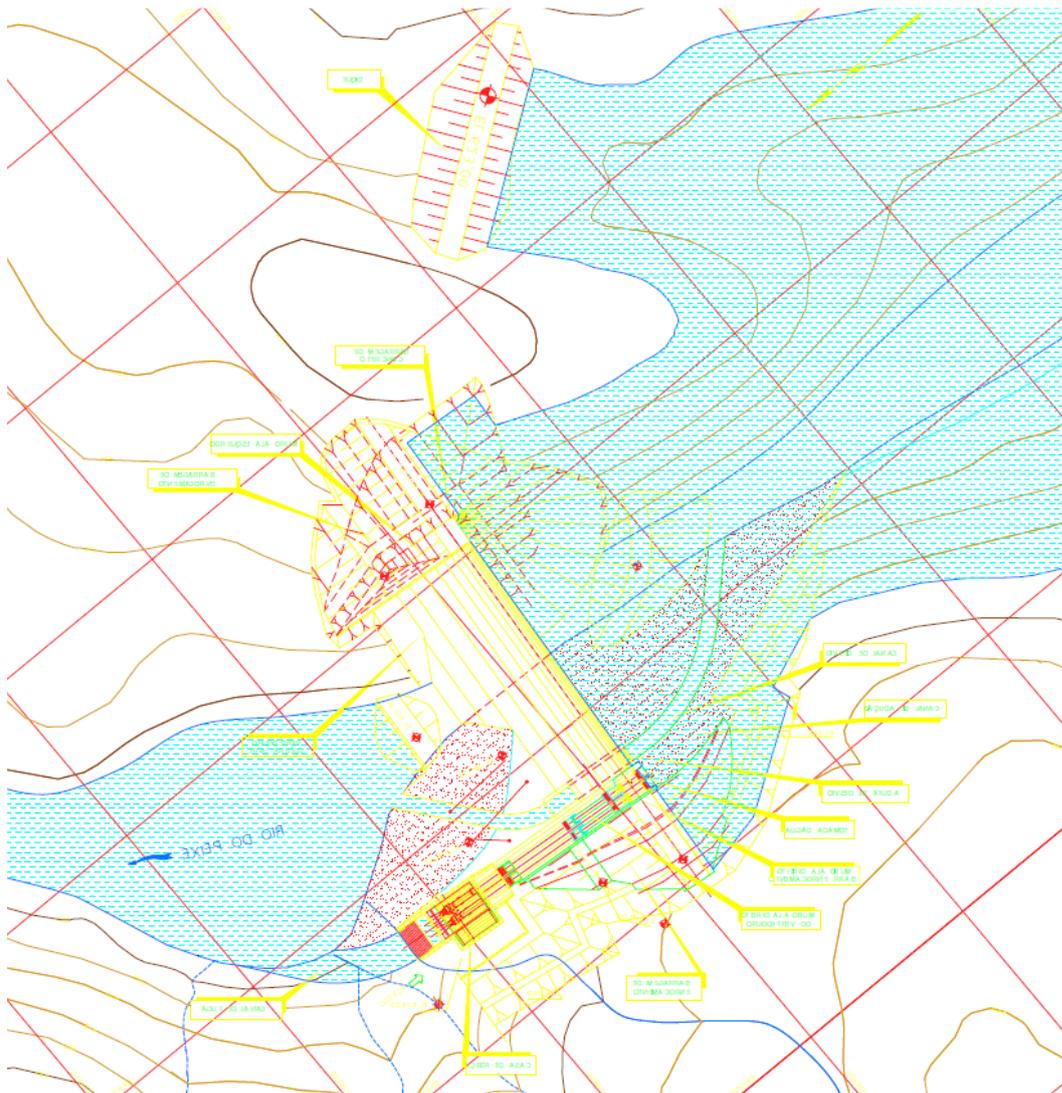


Figura 4-2 - ARRANJO DA PCH CONFISCO. Fonte: (CHESP, 2009).

### 4.3.3 CH LAGOLÂNDIA

Situada a 147,9km da foz do Rio do Peixe, este empreendimento possui arranjo de central de represamento, sua tomada d'água é incorporada ao barramento de concreto a gravidade. A tubulação forçada aduz a vazão diretamente a um grupo gerador do tipo Francis de eixo horizontal e potência de 2,45 MW.

Tabela 4-3 - QUADRO RESUMO CH LAGOLÂNDIA

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Peixe	Represamento	35 m	Francis	2,45 MW

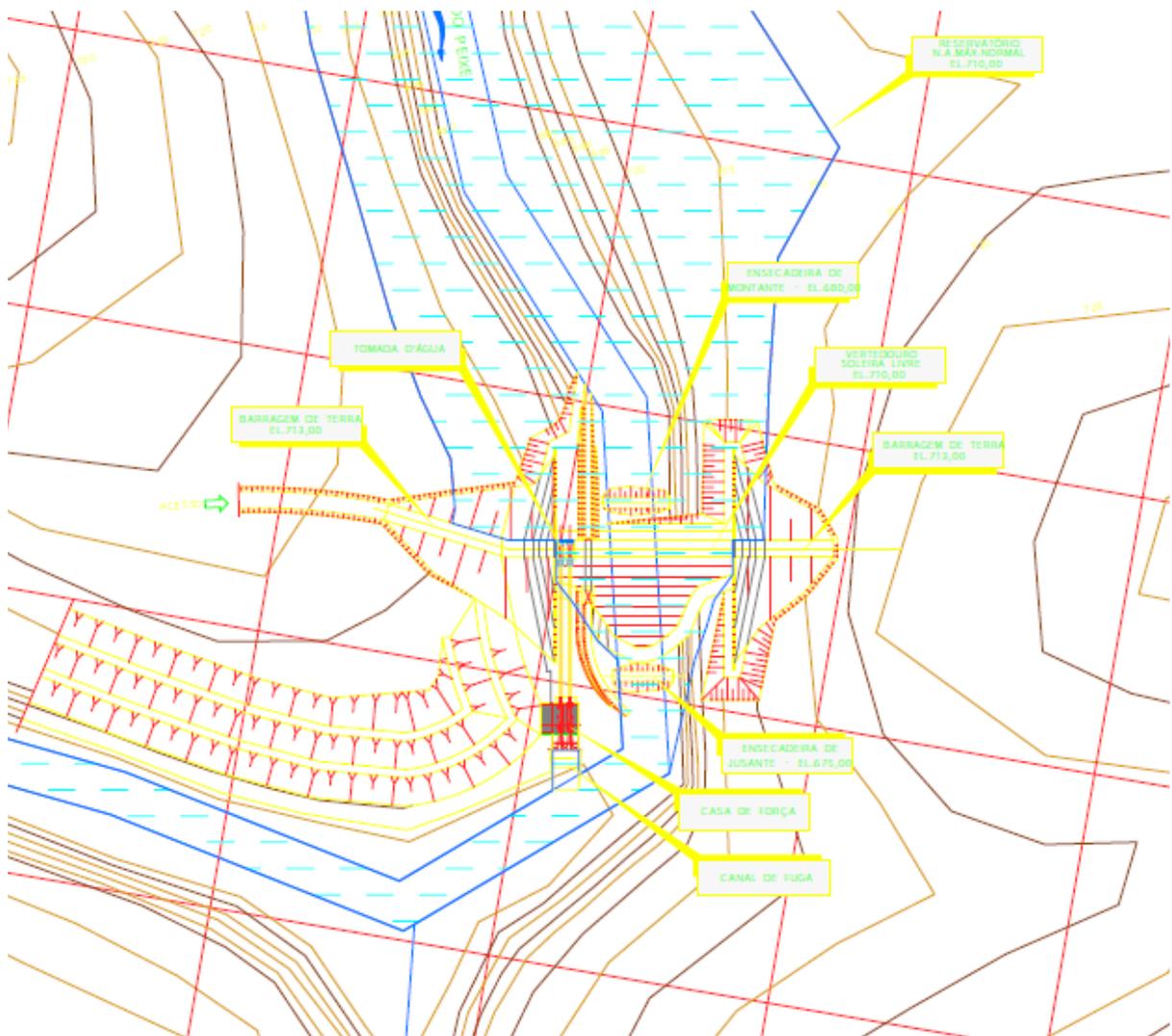


Figura 4-3 - ARRANJO DA PCH LAGOLÂNDIA. Fonte: (CHESP, 2009).

#### 4.3.4 CH MALHADOR 1

Situada a 11,9km a montante da ponte da Rodovia GO-338, este empreendimento possui arranjo de central de represamento, sua tomada d'água é incorporada ao barramento de concreto a gravidade. A tubulação forçada aduz a vazão diretamente a um grupo gerador do tipo Tubular S com rotor Kaplan de eixo horizontal e potência de 2,60 MW.

Tabela 4-4 - QUADRO RESUMO CH MALHADOR 1

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Peixe	Represamento	28,6 m	kaplan	2,60 MW

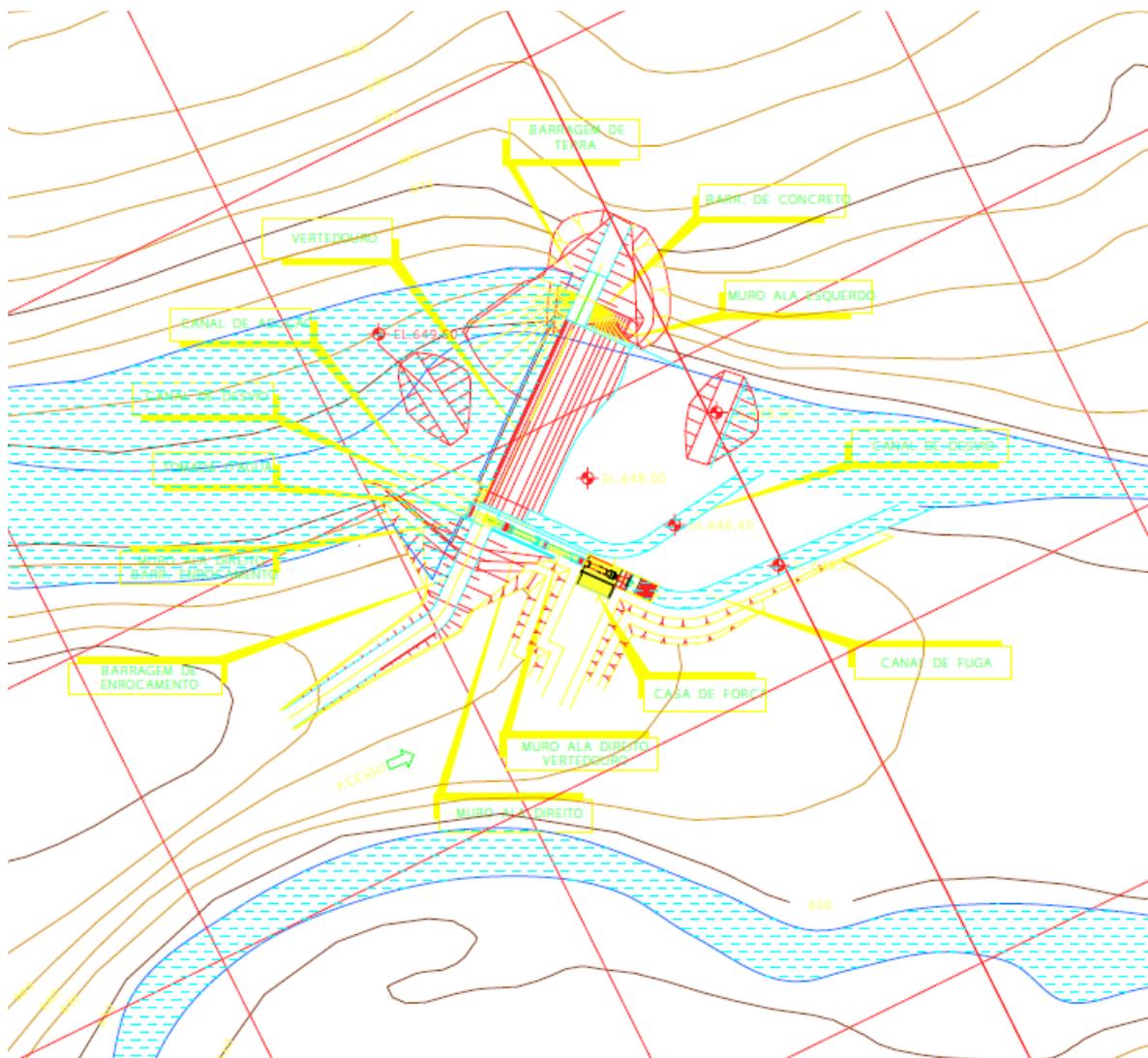


Figura 4-4 - ARRANJO DA PCH MALHADOR 1. Fonte: (CHESP, 2009).

### 4.3.5 CH DOIS IRMÃOS 1

Situada a 27km a montante da ponte da Rodovia GO-080, este empreendimento possui arranjo de central de represamento, sua tomada d'água é incorporada ao barramento de concreto a gravidade. A tubulação forçada aduz a vazão diretamente a um grupo gerador do tipo Tubular S com rotor Kaplan de eixo horizontal e potência de 4,00 MW.

Tabela 4-5 - QUADRO RESUMO CH DOIS IRMÃOS 1

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Peixe	Represamento	26,40 m	kaplan	4,00 MW

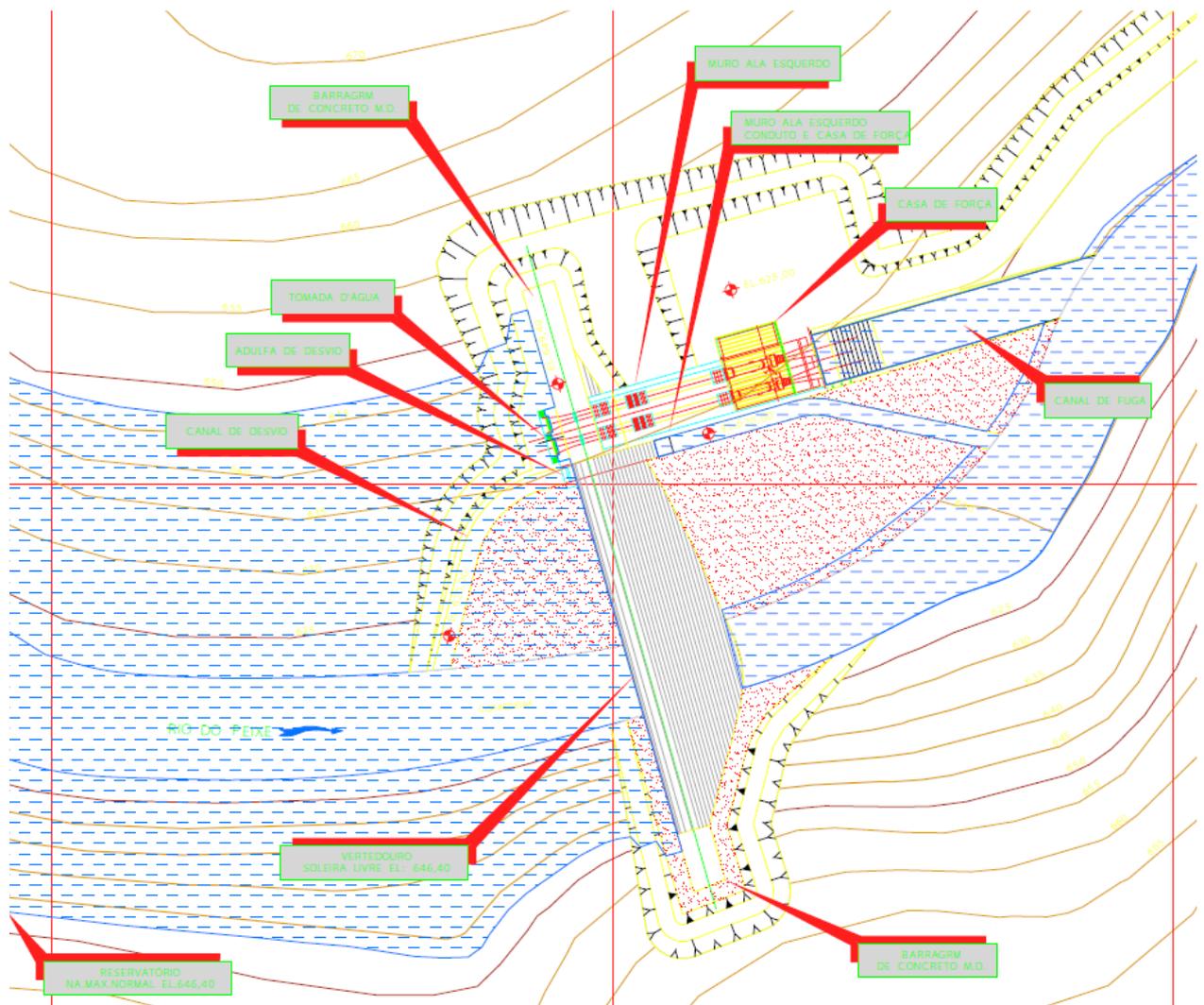


Figura 4-5 - ARRANJO DA PCH DOIS IRMÃOS 1. Fonte: (CHESP, 2009).



### 4.3.7 CH ARTURLÂNDIA

Situada a 91,3km da foz do Rio do Peixe, este empreendimento possui arranjo de central de represamento, sua tomada d'água é incorporada ao barramento de concreto a gravidade. A tubulação forçada aduz a vazão diretamente a um grupo gerador do tipo Tubular S com rotor Kaplan de eixo horizontal e potência de 1,65 MW.

Tabela 4-7 - QUADRO RESUMO CH ARTURLÂNDIA

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Peixe	Represamento	8,8 m	kaplan	1,65 MW



Figura 4-7 - ARRANJO DA PCH ARTURLÂNDIA. Fonte: (CHESP, 2009).

### 4.3.8 CH TOUROS I

Situada a 16km do centro da cidade Bom Jesus, este empreendimento possui arranjo de central de desvio, sua tomada d'água é sucedida por um canal de adução escavado de 700m comprimento, câmara de carga e tubulação forçada. A tubulação liga o sistema adutor a dois grupos geradores do tipo Francis de eixo horizontal e potência de 1,60 MW.

Tabela 4-8 - QUADRO RESUMO CH TOUROS I

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Touros	Desvio	28,62 m	Francis	1,60 MW

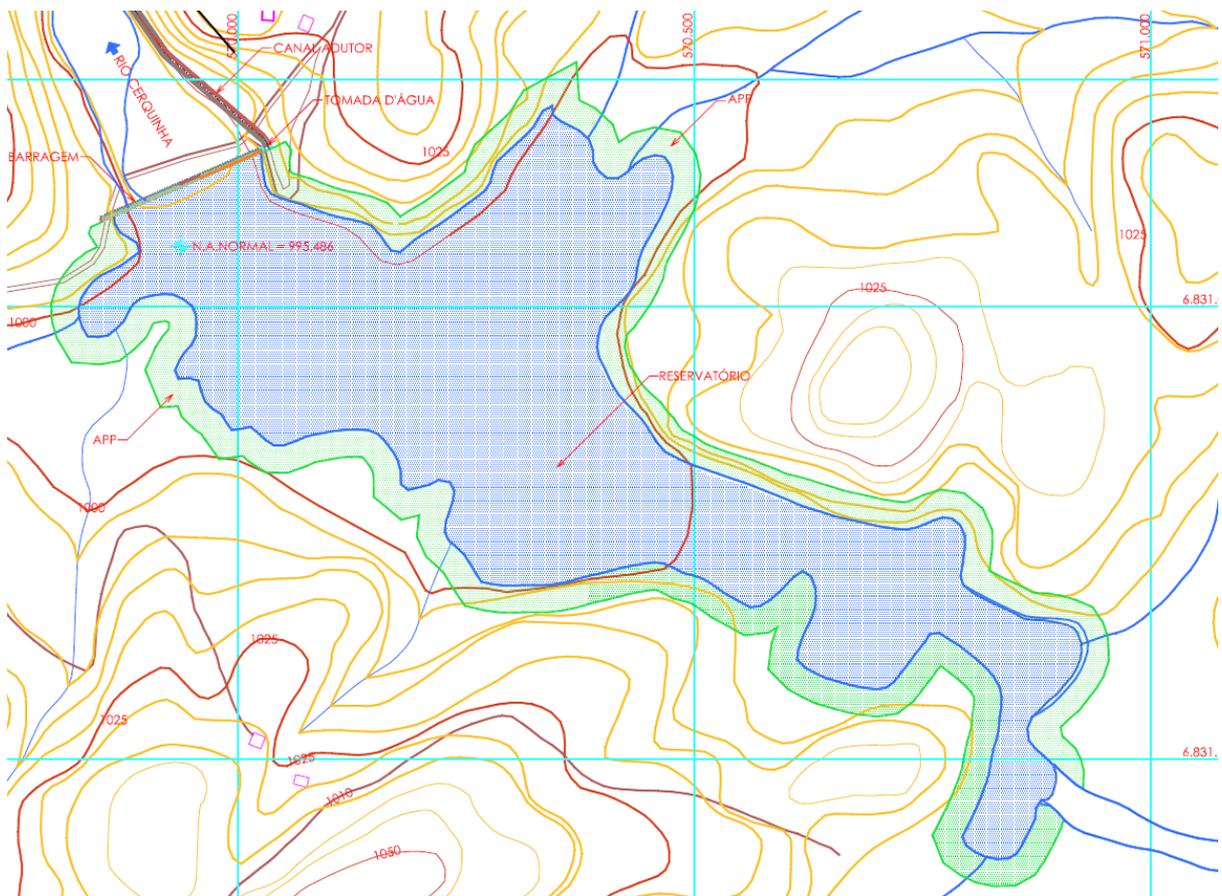


Figura 4-8 - ARRANJO DA PCH TOUROS 1. Fonte: (RONDINHA, 2009).

### 4.3.9 CH TOUROS IA

Situada a 20km do centro da cidade Bom Jesus, este empreendimento possui arranjo de central de desvio, sua tomada d'água é sucedida por um canal de adução escavado de 1.600m comprimento, câmara de carga e tubulação forçada. A tubulação liga o sistema adutor a um grupo gerador do tipo Kaplan de eixo horizontal e potência de 1,40 MW.

Tabela 4-9 - QUADRO RESUMO CH TOUROS IA

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Touros	Desvio	18,0 m	Kapaln	1,40 MW

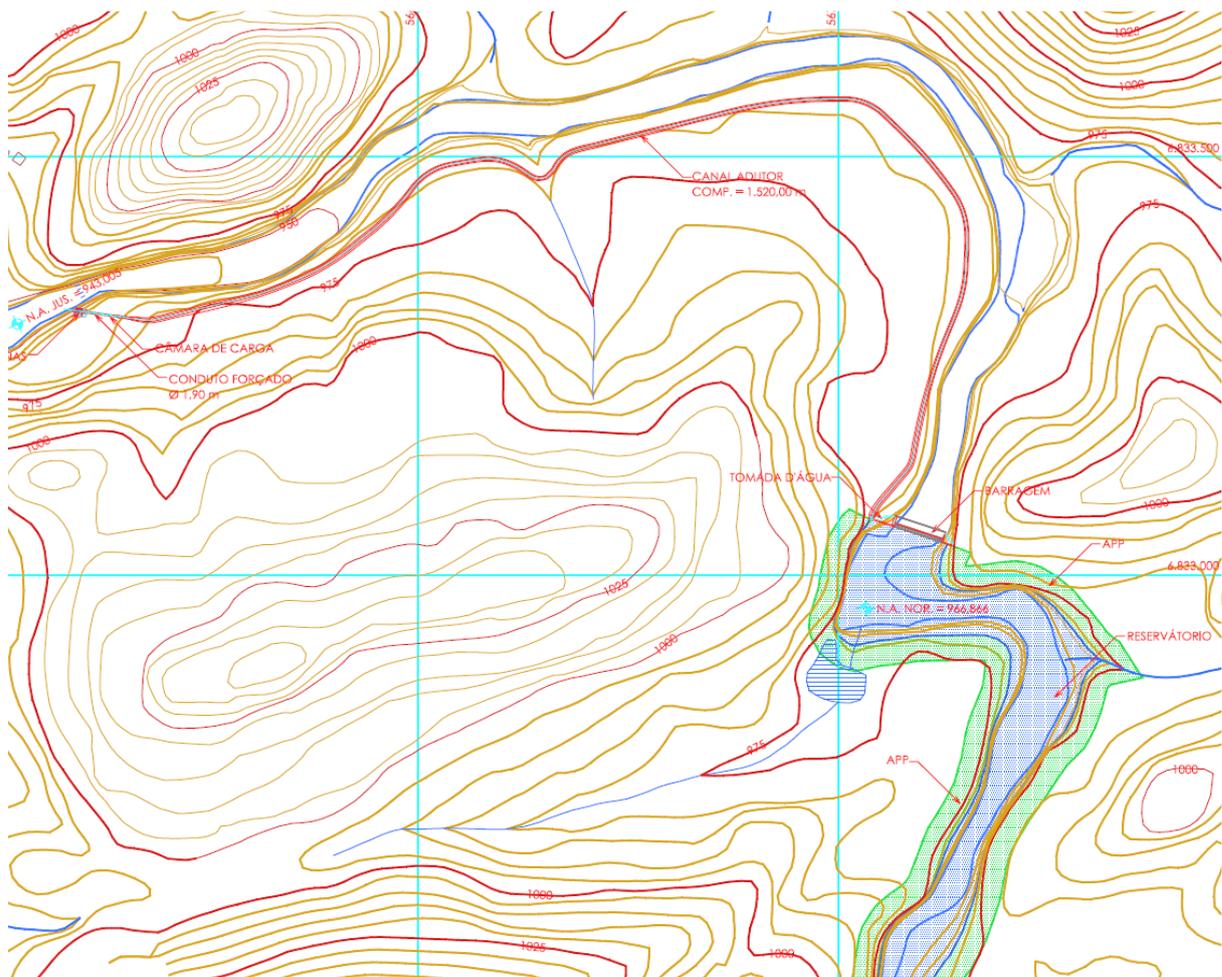


Figura 4-9 - ARRANJO DA PCH TOUROS 1A. Fonte: (RONDINHA, 2009).

### 4.3.10 CH TOUROS II

Situada a 14km do centro da cidade Bom Jesus, este empreendimento possui arranjo de central de desvio, sua tomada d'água é sucedida por um canal de adução escavado de 50m comprimento, câmara de carga e tubulação forçada. A tubulação liga o sistema adutor a um grupo gerador do tipo Kaplan de eixo horizontal e potência de 1,40 MW.

Tabela 4-10 - QUADRO RESUMO CH TOUROS II

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Touros	Desvio	12,33 m	Kaplan	1,40 MW

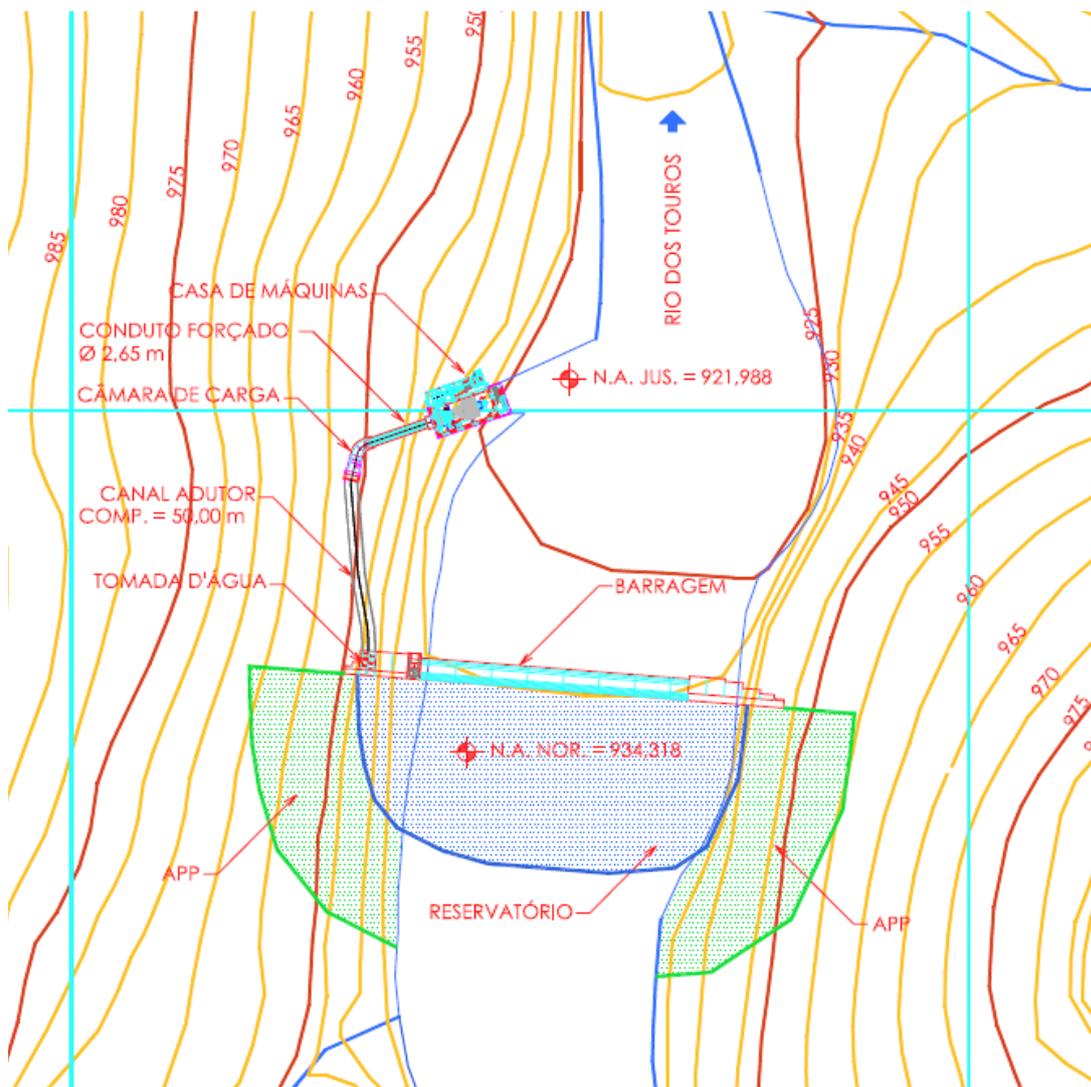


Figura 4-10 - ARRANJO DA PCH TOUROS 2. Fonte: (RONDINHA, 2009).

### 4.3.11 CH TOUROS III

Situada a 22,5km do centro da cidade Bom Jesus, este empreendimento possui arranjo de central de desvio, sua tomada d'água é sucedida por um canal de adução escavado de 1.139m comprimento, câmara de carga e tubulação forçada. A tubulação liga o sistema adutor a dois grupos geradores do tipo Kaplan de eixo horizontal e potência de 2,10 MW.

Tabela 4-11 - QUADRO RESUMO CH TOUROS III

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Touros	Desvio	20,94 m	Kaplan	2,10 MW

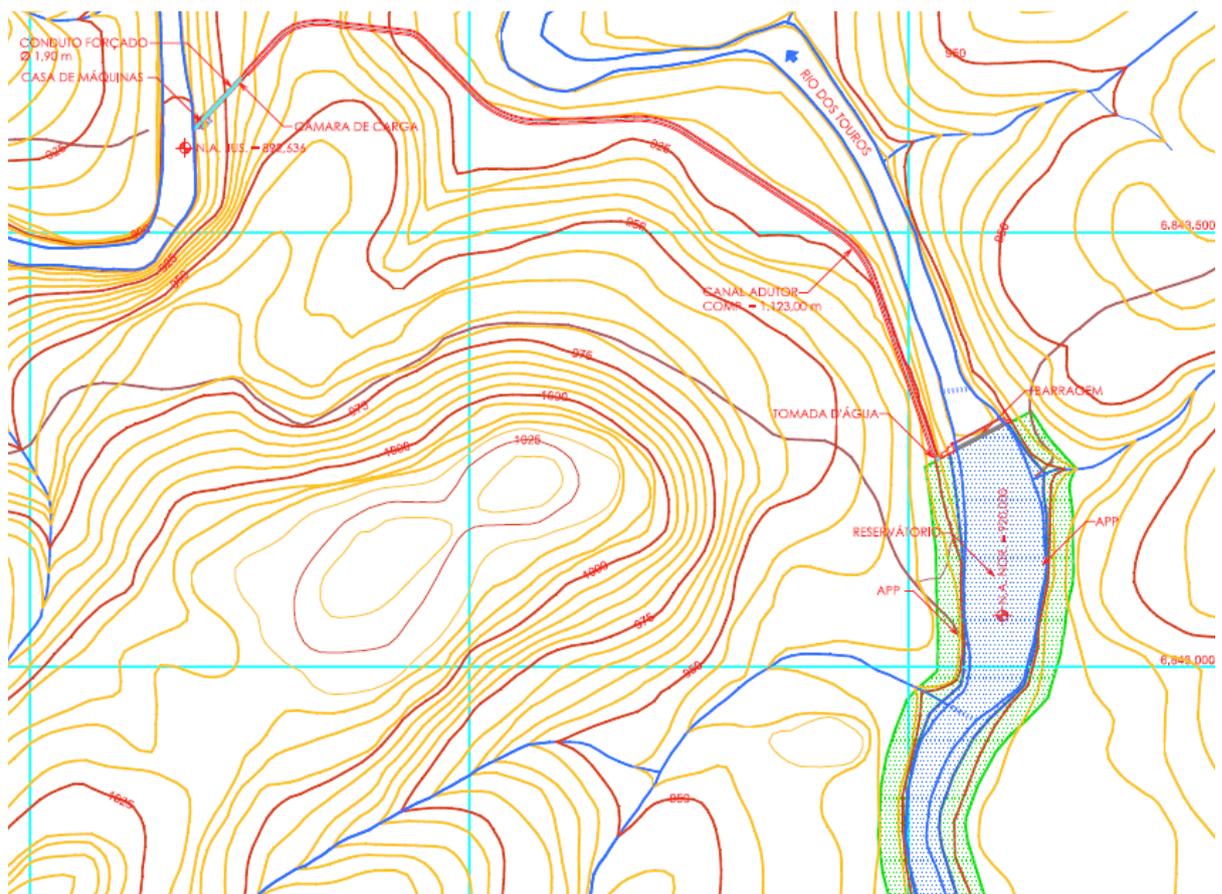


Figura 4-11 - ARRANJO DA PCH TOUROS 3. Fonte: (RONDINHA, 2009).

### 4.3.12 CH TOUROS IIIA

Situada a 27km do centro da cidade Bom Jesus, este empreendimento possui arranjo de central de desvio, sua tomada d'água é sucedida por um canal de adução escavado de 1.054m comprimento, câmara de carga e tubulação forçada. A tubulação liga o sistema adutor a dois grupos geradores do tipo Kaplan de eixo horizontal e potência de 1,80 MW.

Tabela 4-12 - QUADRO RESUMO CH TOUROS IIIA

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Touros	Desvio	15,87 m	Kaplan	1,80 MW

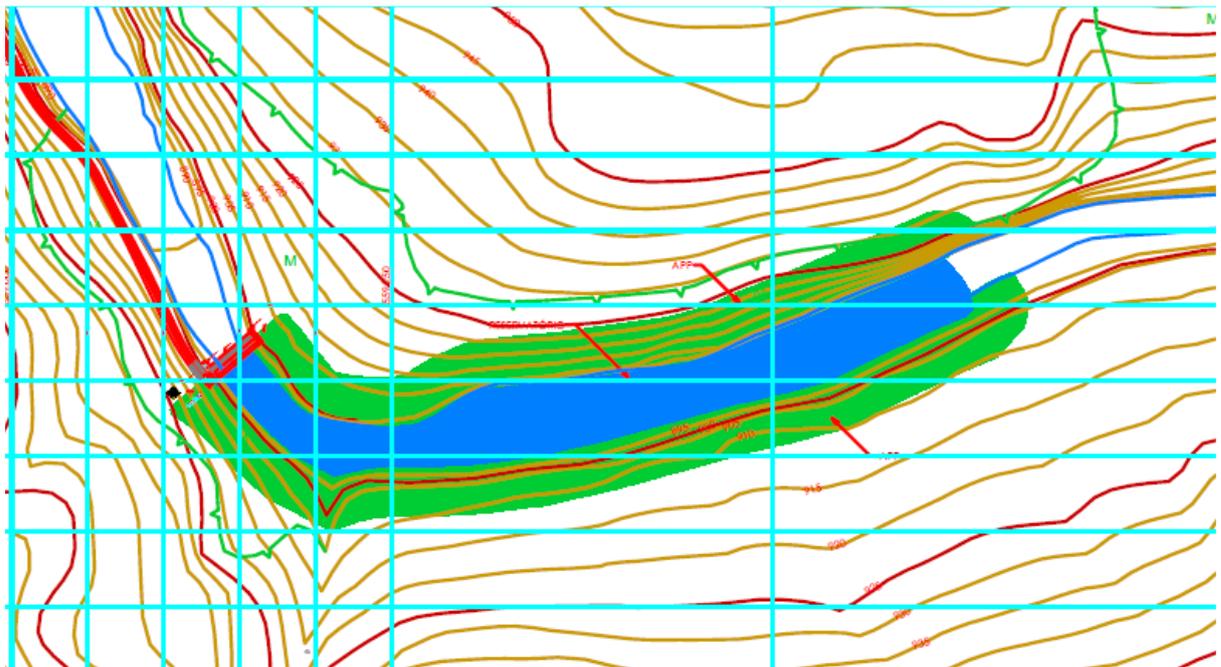


Figura 4-12 - ARRANJO DA PCH TOUROS 3A. Fonte: (RONDINHA, 2009).

### 4.3.13 CH TOUROS IV

Situada a 25,5km do centro da cidade Bom Jesus, este empreendimento possui arranjo de central de desvio, sua tomada d'água é sucedida por um túnel de adução escavado em seção arco-retangular de 797m de comprimento. A transição entre o túnel e a tubulação forçada se fará por meio de duas chaminés de equilíbrio. A tubulação liga o sistema adutor a dois grupos geradores do tipo Francis Dupla de eixo horizontal e potência de 5,50 MW.

Tabela 4-13 - QUADRO RESUMO CH TOUROS IV

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Touros	Desvio	49,51 m	Francis	5,50 MW

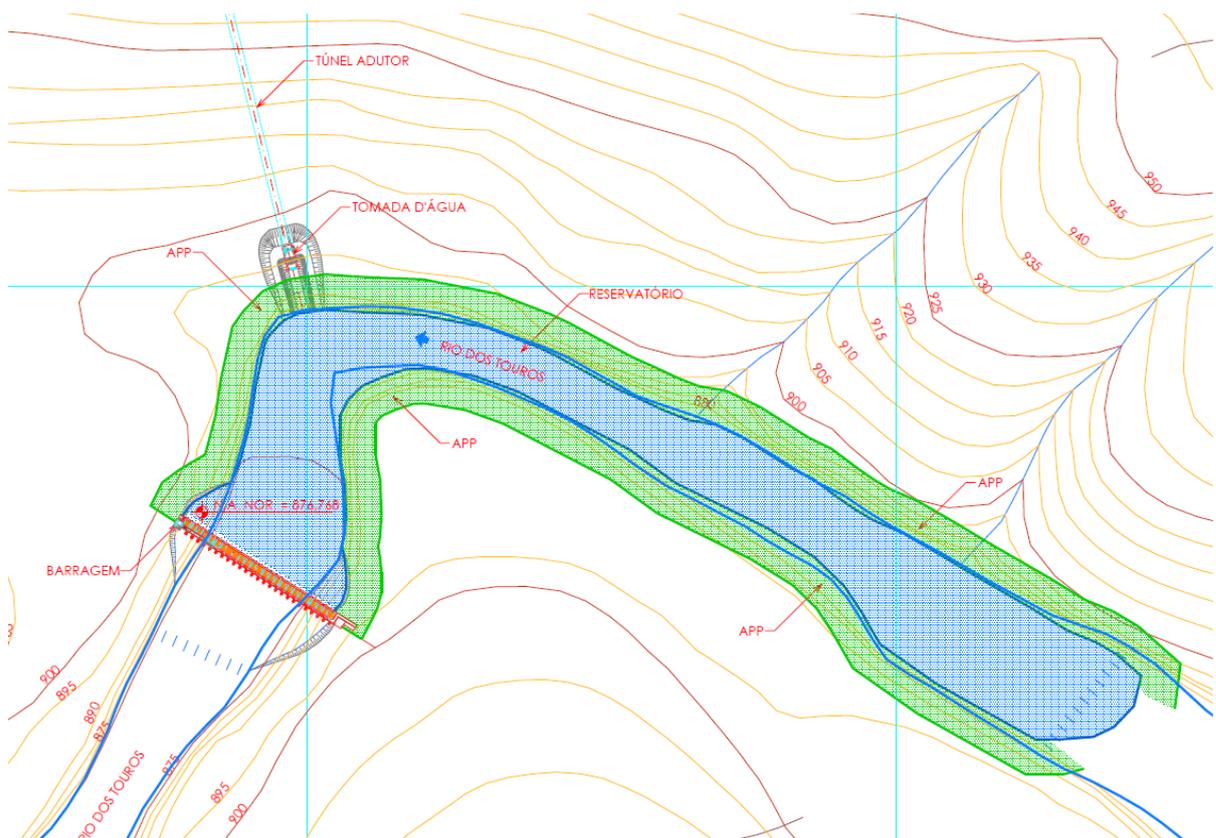


Figura 4-13 - ARRANJO DA PCH TOUROS 4. Fonte: (RONDINHA, 2009).

### 4.3.14 CH TOUROS V

Situada a 30km do centro da cidade Bom Jesus, este empreendimento possui arranjo de central de desvio, sua tomada d'água é sucedida por um canal de adução escavado de 1.059m comprimento, câmara de carga e tubulação forçada. A tubulação liga o sistema adutor a dois grupos geradores do tipo Kaplan de eixo horizontal e potência de 3,30 MW.

Tabela 4-14 - QUADRO RESUMO CH TOUROS V

RIO	TIPO	QUEDA	MÁQUINA	POTÊNCIA
Touros	Desvio	20,11 m	Kaplan	3,30 MW

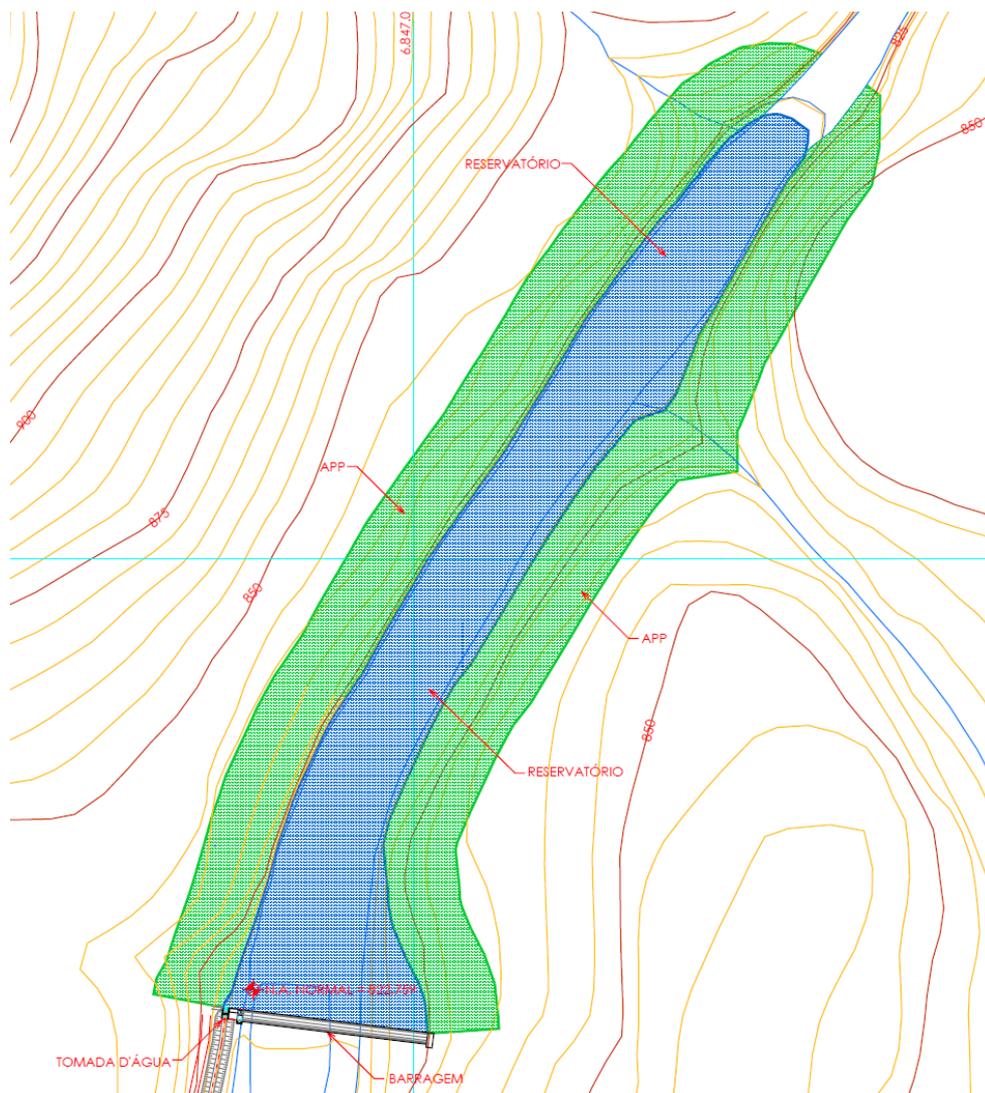


Figura 4-14 - ARRANJO DA PCH TOUROS 5. Fonte: (RONDINHA, 2009).

A Tabela 4-15 apresenta o quadro resumo do descritivo dos empreendimentos.

Tabela 4-15 - QUADRO RESUMO DOS EMPREENDIMENTOS SELECIONADOS

NOME DO APROVEITAMENTO		TIPO	POTÊNCIA INSTALADA (MW)	TURBINA	EIXO
CH	Jurubeba	Represamento	0,64	Francis	Horizontal
CH	Confisco	Represamento	1,85	Francis	Horizontal
CH	Lagolândia	Represamento	2,45	Francis	Horizontal
CH	Malhador 1	Represamento	2,60	Kaplan	Horizontal
CH	Dois Irmãos 1	Represamento	4,00	Kaplan	Horizontal
CH	Columbi	Represamento	3,85	Kaplan	Horizontal
CH	Arturlândia	Represamento	1,65	Kaplan	Horizontal
CH	Touros I	Desvio	1,60	Francis	Horizontal
CH	Touros IA	Desvio	1,40	Kaplan	Horizontal
CH	Touros II	Desvio	1,40	Kaplan	Horizontal
CH	Touros III	Desvio	2,10	Kaplan	Horizontal
CH	Touros IIIA	Desvio	1,80	Kaplan	Horizontal
CH	Touros IV	Desvio	5,50	Francis	Horizontal
CH	Touros V	Desvio	3,30	Kaplan	Horizontal

## 4.4 CUSTOS OBTIDOS POR MEIO DA OPE

Tabela 4-16 - QUADRO RESUMO DOS CUSTOS OBTIDOS NA OPE

NOME DO APROVEITAMENTO		QUEDA BRUTA (m)	POTÊNCIA INSTALADA (MW)	CUSTO TOTAL (R\$)	IPCA	CUSTO CORRIGIDO 2015
CH	Jurubeba	50	0,64	R\$ 30.067.249,06	65,5%	R\$ 49.761.297,19
CH	Confisco	45	1,85	R\$ 39.612.986,59	65,5%	R\$ 65.559.492,81
CH	Lagolândia	35	2,45	R\$ 20.148.111,89	65,5%	R\$ 33.345.125,18
CH	Malhador 1	28,6	2,6	R\$ 18.783.396,46	65,5%	R\$ 31.086.521,14
CH	Dois Irmãos 1	26,4	4	R\$ 22.463.441,25	65,5%	R\$ 37.176.995,27
CH	Columbi	22,5	3,85	R\$ 23.478.571,98	65,5%	R\$ 38.857.036,63
CH	Arturlândia	8,8	1,65	R\$ 11.564.514,27	65,5%	R\$ 19.139.271,12
CH	Touros I	28,62	1,6	R\$ 5.769.968,76	65,5%	R\$ 9.549.298,30
CH	Touros IA	18	1,4	R\$ 7.294.777,47	65,5%	R\$ 12.072.856,72
CH	Touros II	12,33	1,4	R\$ 5.998.169,70	65,5%	R\$ 9.926.970,85
CH	Touros III	20,94	2,1	R\$ 8.430.700,67	65,5%	R\$ 13.952.809,61
CH	Touros IIIA	15,87	1,8	R\$ 9.181.138,76	65,5%	R\$ 15.194.784,65
CH	Touros IV	49,51	5,5	R\$ 18.768.732,04	65,5%	R\$ 31.062.251,53
CH	Touros V	20,11	3,3	R\$ 15.428.768,85	65,5%	R\$ 25.534.612,45

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 DESENVOLVIMENTO – ELABORAÇÃO DO MODELO

Para determinar se o impacto (análise de sensibilidade) da desoneração fiscal (hipótese) surtirá efeito no Fluxo de Caixa (modelo), serão realizadas várias simulações (pesquisa experimental) para determinação da TIR e do VPL (parâmetros de sensibilidade). Estas simulações, consistirão na variação do preço de venda da energia, desoneração da receita do empreendimento e desonerações fiscais da cadeia de implantação do empreendimento; em cenários gradativos (pessimistas, neutro e otimistas).

Na construção do Modelo (Fluxo de Caixa), torna-se necessário determinar as receitas e as despesas inerentes ao empreendimento (unidades de variação do modelo). No caso das centrais hidrelétricas (independente do seu porte), sua fonte geradora de receita é a venda de energia ao mercado (parâmetro de entrada). Para calcular essa receita, utiliza-se a energia média, dada pelo fator de capacidade médio de uma PCH, que é de 55% da potência instalada da usina. Como toda unidade geradora necessita de manutenção (parada programada), ou, pode ocorrer alguma parada de geração inesperada, deve ser contabilizado um decréscimo de 2% na energia média, com isso, a receita gerada será obtida pela seguinte equação (5-1):

$$Receita [R\$] = (Potência_{instalada} \times Fator\ de\ Capacidade_{55\%} - Parada_{2\%}) \times Preço\ da\ Energia \quad (5-1)$$

As despesas são relativas aos encargos tributários (parâmetro de entrada), operação e manutenção da usina, taxas e pagamento do financiamento.

Os tributos inerentes aos empreendimentos de geração de energia, conforme visto anteriormente no item 3.5 deste trabalho são: (i) IRPJ de 4,8% da receita bruta; (ii) CSLL de 3,0% da receita bruta; (iii) IRPJ Adicional de 10% sobre o que exceder a R\$ 240.000,00; (iv) PIS de 1,65% da receita líquida; (v) COFINS de 7,6% da receita líquida. Como taxa, tem-se 0,5% da receita destinada a ANEEL. TUST, TUSD e CONEXÃO serão desconsideradas. Despesas operacionais, administrativas e operação e manutenção da usina (O&M) serão deduzidas de 1%, 1% e 6% respectivamente. Obtendo assim:

$$Despesa_1 [R\$] = Adm_{1\%} + Op_{1\%} + O\&M_{6\%} + ANEEL_{0,5\%} \quad (5-2)$$

$$Despesa_2 = IRPJ_{4,8\%} + IRPJ_{10\%} + CSLL_{3\%} + PIS_{1,65\%} + COFINS_{7,6\%} \quad (5-3)$$

O financiamento do empreendimento compõe a terceira despesa e segue as regras definidas pelo BNDES, onde, os juros nominais são de 6% a.a. (TJLP), remuneração do banco de 1,2% e risco de crédito entre 1 e 4,18%. Para este estudo será utilizada a média aritmética dos valores de risco, ou seja, 2,59%. O financiamento se dá pelo sistema SAC, com o pagamento de juros durante a construção (2 anos) e carência de 6 meses para início da amortização.

$$\text{Logo: } Caixa_{real} = Receita - Despesa_1 - Despesa_2 - Despesa_3 \quad (5-4)$$

As PCHs possuem concessão de 30 anos contados a partir da sua homologação no Diário Oficial da União – DOU, portanto, o Fluxo de Caixa será projetado para o período de 30 anos, com seus dois primeiros anos sem receita, sendo somente a construção do empreendimento e mais 28 anos com percepção de receita.

Como investimento inicial do empreendimento (parâmetro de entrada), será considerado os custos de implantação obtidos na fase de inventário, por meio da planilha de Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE.

De acordo com a atual conjuntura econômica a aplicação financeira mais conservadora é a Poupança, e tem rendimentos anuais de aproximadamente 7,5% a.a., enquanto aplicações de maiores riscos chegam a 14%. O Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA, que indica a inflação, marcou em seu acumulado de 12 meses, com período finalizado no 1º semestre de 2015, o valor de 9,56%, para o mesmo período de 2014, o valor foi de 6,35%. Para os fins desta simulação, será definido como taxa mínima de atratividade o valor de 10%, o que corresponde a um investimento de grau de risco moderado, e para correção do valor de venda da energia, será adotado a média entre o acumulado de JUN/2014 e JUN/2015 IPCA de 7,85%.

O preço de venda de energia, será dado pela média aritmética dos últimos resultados alcançados nos leilões. Até o momento foram realizados 6 leilões com real efetivação de venda de energia pelas PCHs, JUL/2010 – R\$ 135,00 MW; AGO/2010 – R\$ 132,00; AGO/2013 – R\$ 127,00; DEZ/2013 – R\$ 137,00; NOV/2014 R\$ 162,00 e ABR/2015 – R\$ 205,00. Preço médio de R\$ 150,00. Ressalta-se que a disparidade do preço do último leilão em relação aos

anteriores, se deu ao fato do Governo Federal reestabelecer o teto para adequar a realidade econômica.

No caso de o empreendimento ser viável, a TIR e o VPL deverão resultar positivamente. Pois, se a TIR é a taxa de retorno que retorna zero o valor do VPL, assume-se que, o empreendimento somente será viável se a TIR for maior que a Taxa Mínima de Atratividade que foi definida anteriormente em 10%. O fato de o empreendimento ser apenas viável não significa que ele seja atrativo. Pois, com aplicações financeiras bem articuladas um empreendedor pode maximizar seu ganho em commodities mais atrativas. Portanto, o índice percentual da diferença entre a TIR do empreendimento e a TMA é que indica a atratividade do investidor para efetivar o negócio. Sendo este o maior índice de interesse deste estudo.

Para a execução do modelo do fluxo de caixa será utilizado o software EXCEL, onde serão analisados os 30 anos de concessão e obtido os valores de TIR e VPL, conforme a Figura 5-1.

	ANO 01	ANO 02	ANO 03	ANO 04 ...
<b>ENTRADAS</b>				
<b>TOTAL DE RECEITAS</b>				
I.1 - Receitas operacionais (venda de energia)				
I.2 - Aplicação financeira				
I.3 - Financiamento BNDES				
I.4 - Aporte de Capital Próprio				
I.5 - Aporte de Capital Próprio Suplementar				
<b>I - TOTAL DE INVESTIMENTOS</b>				
I.1 - Investimentos em obras e equipamentos				
I.2 - Investimentos em Estudos e Projetos				
I.3 - Investimentos Ambientais e Licenças				
<b>II - TOTAL DE DESPESAS</b>				
II.1 - Despesas Operacionais				
II.2 - Despesas de Operação e Manutenção (O&M)				
II.3 - Despesas Administrativas				
II.4 - Taxa ANEEL				
II.5 - Investimento em P&D				
II.6 - TUST				
II.7 - TUSD				
II.8 - Taxa de Conexão				
II.9 - Outorga				
II.10 - CCC				
II.11 - Seguro				
<b>III - TOTAL DE IMPOSTOS</b>				
III.1 - CSLL				
III.2 - IRPJ				
III.6 - IRPJ ADICIONAL				
III.3 - PIS				
III.4 - COFINS				
III.4 - ICMS				
III.5 - ISSQN				
III.4 - IPI				
III.7 - IMPOSTOS SOBRE A RECEITA FINANCEIRA				
<b>V3- Total de Juros e Amortização</b>				
IV.1 - Amortização financ. BNDES				
IV.2 - Juros financiamento BNDES				
<b>Total de Entradas</b>				
<b>Total de Saídas</b>				

Figura 5-1 - FLUXO DE CAIXA MODELO

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 SIMULAÇÃO DE CONTROLE

Para validar as hipóteses e servir como balizamento para a análise de sensibilidade, é necessária uma simulação de um cenário neutro, sem a variação de nenhum dos parâmetros de entrada. A Figura 6-1 representa graficamente os parâmetros retornados da simulação de controle.

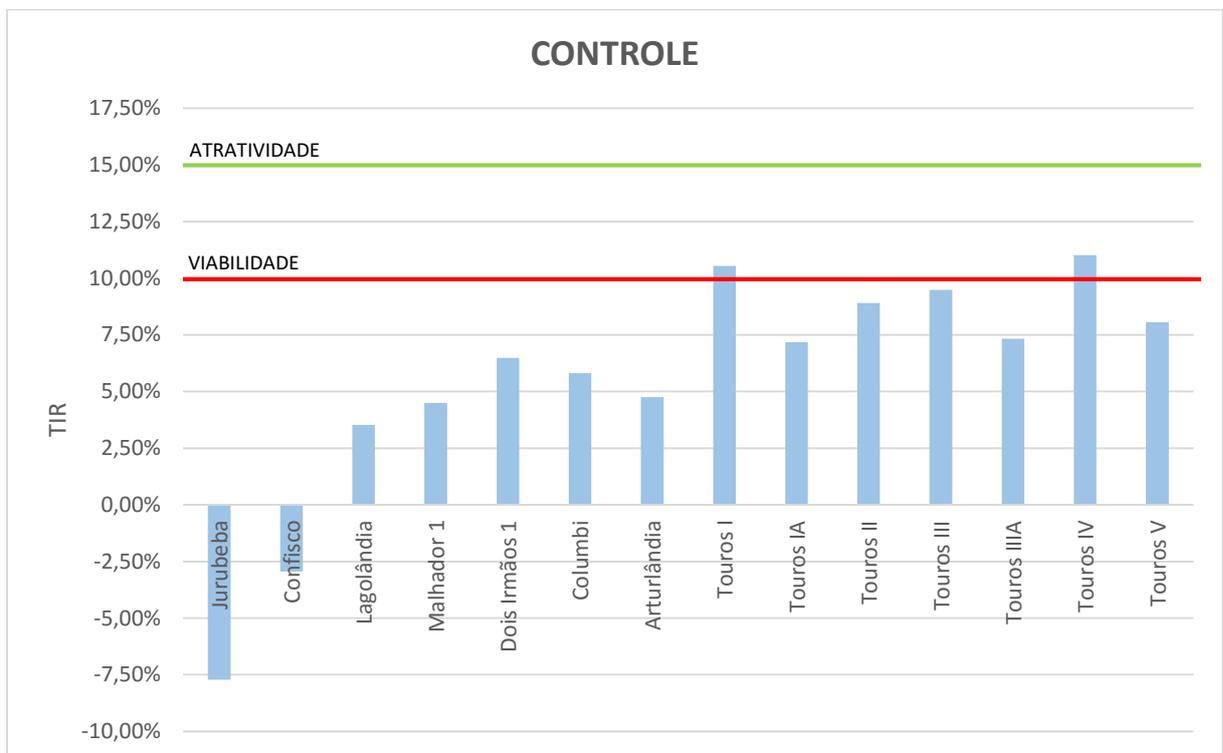


Figura 6-1 - SIMULAÇÃO DE CONTROLE - TIR

Analisando a figura acima, pode-se observar que 2 dos 14 empreendimentos são viáveis e 12 inviáveis, pois, mesmo retornando uma TIR positiva, seu VPL resulta negativo. A Tabela 6-1 traz um resumo dos empreendimentos que resultaram viabilidade de implantação.

Tabela 6-1 - QUADRO RESUMO DE VIABILIDADE DOS EMPREENDIMENTOS - CONTROLE

CENTRAL	TIR	VPL	VIÁVEL
Jurubeba	-7,72%	-R\$ 77.064.066,59	NÃO
Confisco	-2,94%	-R\$ 90.639.239,43	NÃO
Lagolândia	3,52%	-R\$ 29.581.286,17	NÃO

Malhador 1	4,49%	-R\$ 24.125.956,97	NÃO
Dois Irmãos 1	6,48%	-R\$ 19.201.448,70	NÃO
Columbi	5,81%	-R\$ 23.677.446,54	NÃO
Arturlândia	4,75%	-R\$ 14.240.127,54	NÃO
Touros I	10,55%	R\$ 1.448.725,97	SIM
Touros IA	7,17%	-R\$ 4.999.156,32	NÃO
Touros II	8,91%	-R\$ 1.366.821,55	NÃO
Touros III	9,48%	-R\$ 564.429,06	NÃO
Touros IIIA	7,33%	-R\$ 5.931.110,04	NÃO
Touros IV	11,02%	R\$ 7.470.927,49	SIM
Touros V	8,06%	-R\$ 7.111.339,22	NÃO

## 6.2 SIMULAÇÃO COM OS PREÇOS PRATICADOS NOS ÚLTIMOS LEILÕES

### LEILÕES

Até o momento foram realizados 6 leilões com real efetivação de venda de energia pelas PCHs, sendo eles, JUL/2010 – R\$ 135,00 MW; AGO/2010 – R\$ 132,00; AGO/2013 – R\$ 127,00; DEZ/2013 – R\$ 137,00; NOV/2014 R\$ 162,00 e ABR/2015 – R\$ 205,00.

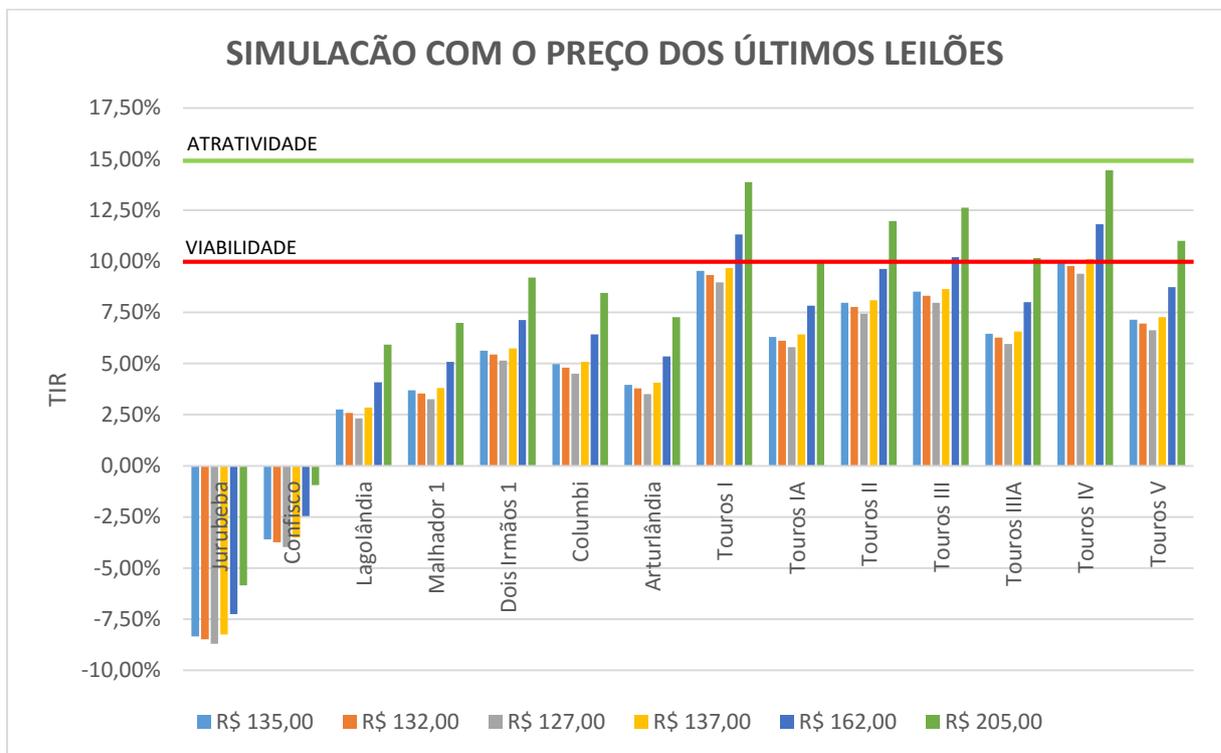


Figura 6-2 - SIMULAÇÃO DO PREÇO DE VENDA DA ENERGIA NOS ÚLTIMOS LEILÕES

Tabela 6-2 - QUADRO RESUMO DA VIABILIDADE FRENTE AOS PREÇOS DOS ÚLTIMOS LEILÕES

CENTRAL	R\$ 150,00	R\$ 135,00	R\$ 132,00	R\$ 127,00	R\$ 137,00	R\$ 162,00	R\$ 205,00
Jurubeba	-7,72%	-8,34%	-8,48%	-8,71%	-8,26%	-7,26%	-5,84%
Confisco	-2,94%	-3,60%	-3,74%	-3,98%	-3,51%	-2,46%	-0,95%
Lagolândia	3,52%	2,75%	2,59%	2,32%	2,86%	4,09%	5,92%
Malhador 1	4,49%	3,70%	3,53%	3,25%	3,81%	5,09%	6,99%
Dois Irmãos 1	6,48%	5,63%	5,45%	5,14%	5,74%	7,12%	9,21%
Columbi	5,81%	4,98%	4,80%	4,51%	5,09%	6,43%	8,46%
Arturlândia	4,75%	3,95%	3,79%	3,50%	4,06%	5,35%	7,27%
Touros I	10,55%	9,53%	9,32%	8,97%	9,67%	11,32%	13,87%
Touros IA	7,17%	6,30%	6,12%	5,81%	6,42%	7,83%	9,98%
Touros II	8,91%	7,97%	7,78%	7,44%	8,10%	9,62%	11,97%
Touros III	9,48%	8,51%	8,31%	7,97%	8,64%	10,21%	12,63%
Touros IIIA	7,33%	6,45%	6,27%	5,96%	6,57%	8,00%	10,17%
Touros IV	11,02%	9,98%	9,76%	9,40%	10,12%	11,81%	14,45%
Touros V	8,06%	7,15%	6,96%	6,63%	7,27%	8,75%	11,00%

Conforme o quadro resumo acima, pode-se observar que, com o preço da energia abaixo de R\$ 135,00 nenhum aproveitamento é viável. Ao atingir o patamar de R\$ 160,00, Touros III converge para a viabilidade, e acima de R\$ 200,00, seis dos quatorze empreendimentos atingem a viabilidade.

### 6.3 SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DE PIS E COFINS DA RECEITA DO EMPREENDIMENTO

Como visto, todo empreendimento de geração de energia é taxado em 1,65% referente ao PIS e mais 7,60% referente a COFINS. Mesmo os empreendimentos se enquadrando no regime

não cumulativo, ou seja, podendo fazer abatimento de PIS e COFINS, se esta tributação fosse desonerada, resultaria em um incremento na viabilidade e atratividade, como pode ser observado na Figura 6-3.

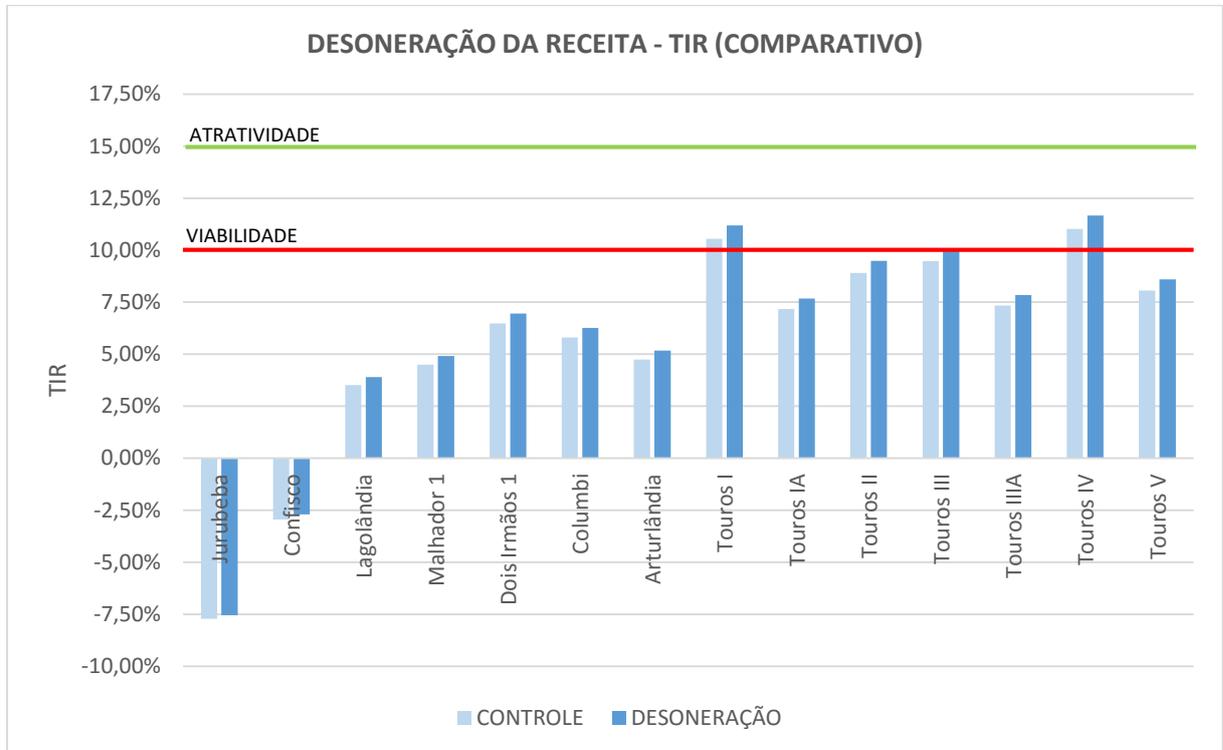


Figura 6-3 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DA RECEITA DO EMPREENDIMENTO

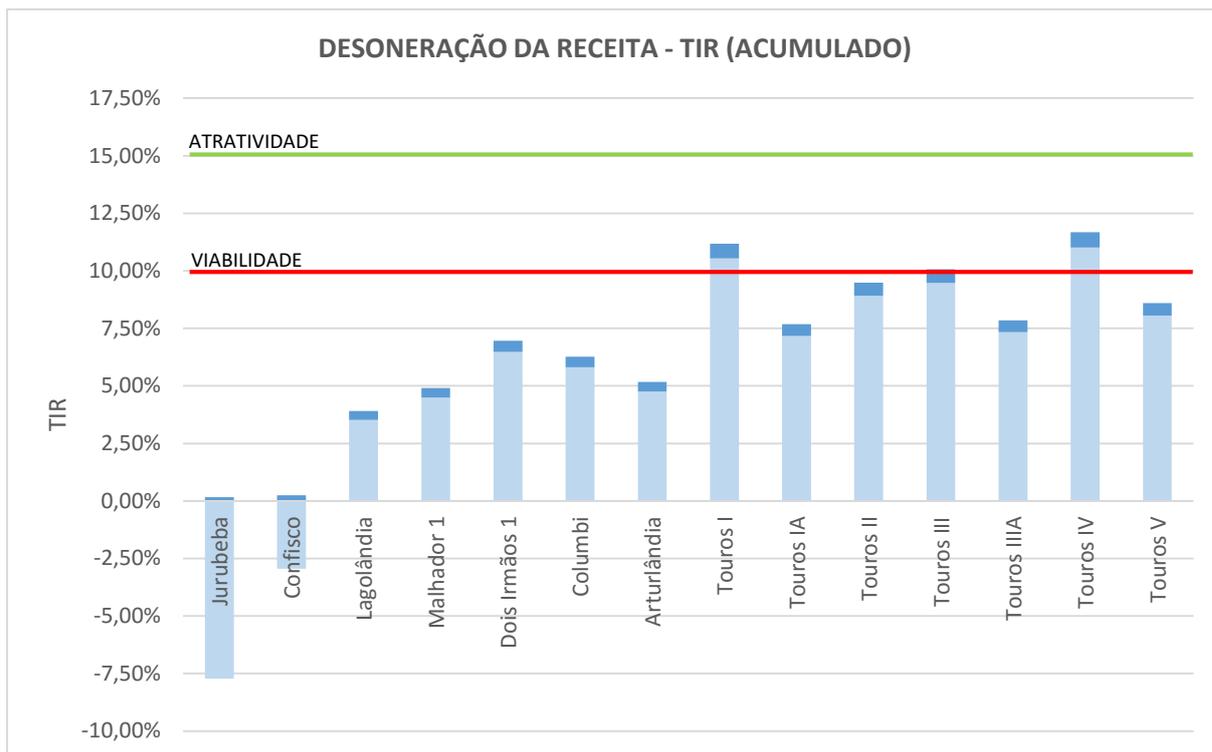


Figura 6-4 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DA RECEITA DO EMPREENDIMENTO (ACUMULADO)

Como pode ser observado nas figuras anteriores, a desoneração total de PIS e COFINS se demonstra uma boa opção para estimular novos investimentos no setor. Com um ganho médio de 0,47% na TIR, este incentivo faz com que a Central Touros 3 atinja a viabilidade.

O quadro resumo abaixo, demonstra as melhorias da desoneração da receita.

Tabela 6-3 - QUADRO RESUMO DA VIABILIDADE APÓS A DESONERAÇÃO DA RECEITA

CENTRAL	CONTROLE	DESONERAÇÃO	INCREMENTO
Jurubeba	-7,72%	-7,55%	0,17%
Confisco	-2,94%	-2,70%	0,24%
Lagolândia	3,52%	3,91%	0,39%
Malhador 1	4,49%	4,91%	0,42%
Dois Irmãos 1	6,48%	6,96%	0,48%
Columbi	5,81%	6,27%	0,46%
Arturlândia	4,75%	5,18%	0,42%
Touros I	10,55%	11,18%	0,64%
Touros IA	7,17%	7,68%	0,50%

Touros II	8,91%	9,48%	0,57%
Touros III	9,48%	10,07%	0,59%
Touros IIIA	7,33%	7,84%	0,51%
Touros IV	11,02%	11,67%	0,66%
Touros V	8,06%	8,59%	0,54%

## 6.4 SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DO REIDI

Como visto, o Regime de Incentivo do REIDI, aplica a desoneração do PIS e COFINS, durante cinco anos, a um empreendimento de infraestrutura. Portanto este regime beneficia a implantação de obras, desonerando em até 9,25% o custo de implantação. As Figura 6-5 e Figura 6-6 demonstram o incremento do retorno de investimento para as centrais que aderirem ao REIDI.

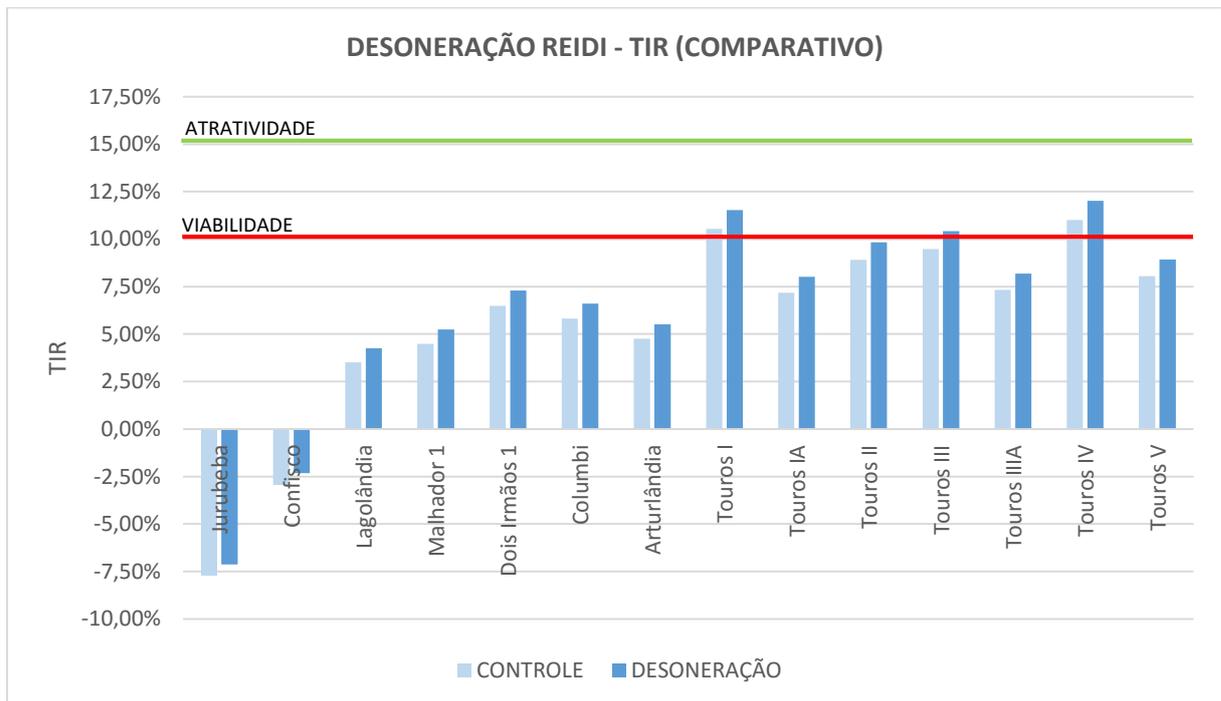


Figura 6-5 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DE PIS E COFINS NA IMPLANTAÇÃO - REGIME REIDI

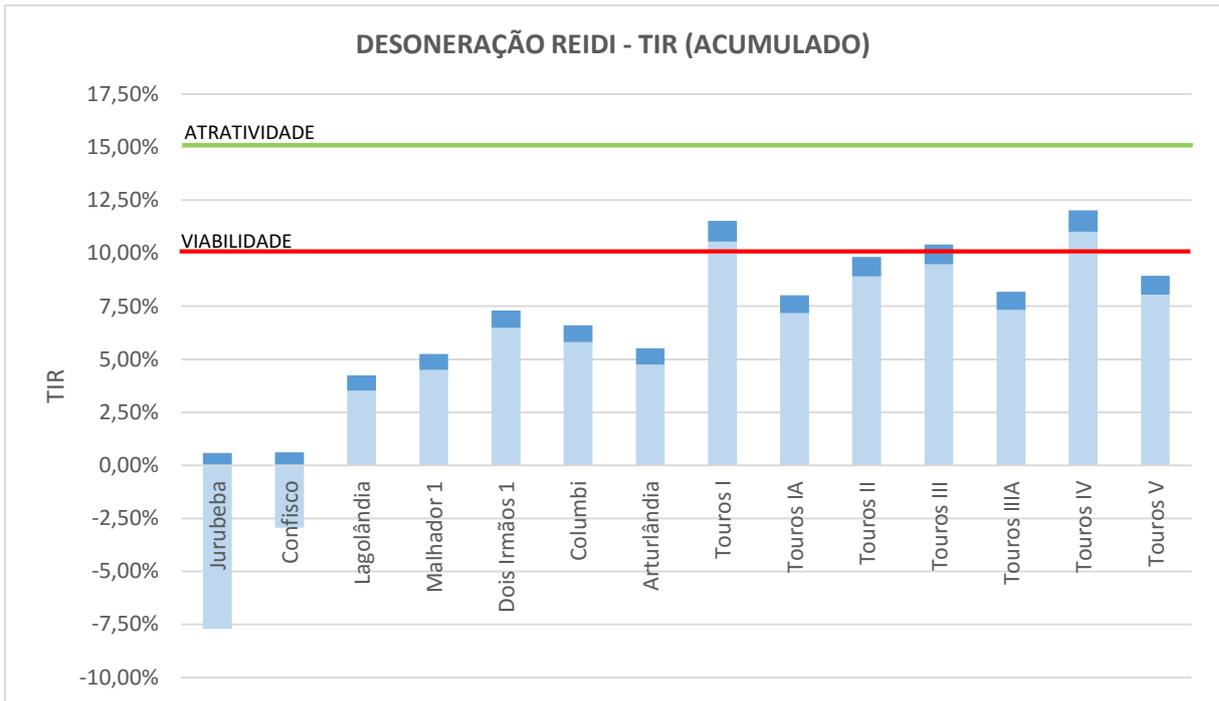


Figura 6-6 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO DE PIS E COFINS NA IMPLANTAÇÃO - REGIME REIDI (ACUMULADO).

Como pôde ser observado, a aplicação da desoneração do REIDI também é significativa na cadeia de implantação de uma PCH. Com um ganho médio de 0,82%, o REIDI faz com que a central Touros 3 atinja a viabilidade e Touros 2 aproxima-se do limite de convergência.

Tabela 6-4 - QUADRO RESUMO DA VIABILIDADE APÓS A DESONERAÇÃO DO REIDI

CENTRAL	CONTROLE	DESONERAÇÃO	INCREMENTO
Jurubeba	-7,72%	-7,13%	0,59%
Confisco	-2,94%	-2,33%	0,62%
Lagolândia	3,52%	4,25%	0,73%
Malhador 1	4,49%	5,25%	0,75%
Dois Irmãos 1	6,48%	7,30%	0,82%
Columbi	5,81%	6,60%	0,79%
Arturlândia	4,75%	5,51%	0,76%
Touros I	10,55%	11,53%	0,99%
Touros IA	7,17%	8,02%	0,84%

Touros II	8,91%	9,82%	0,91%
Touros III	9,48%	10,42%	0,94%
Touros IIIA	7,33%	8,18%	0,85%
Touros IV	11,02%	12,02%	1,01%
Touros V	8,06%	8,93%	0,88%

## 6.5 SIMULAÇÃO ACUMULATIVA – REIDI, DESONERAÇÃO DA RECEITA E LEILÃO NOVO

Esta simulação considerou as três opções juntas, aplicação do REIDI, desoneração de PIS e COFINS da receita e o valor de R\$ 205,00 no preço de venda de energia, preço este referente ao último leilão. As Figura 6-7 e Figura 6-8 demonstram o incremento do retorno de investimento para as centrais no cenário de acumulação dos incentivos.

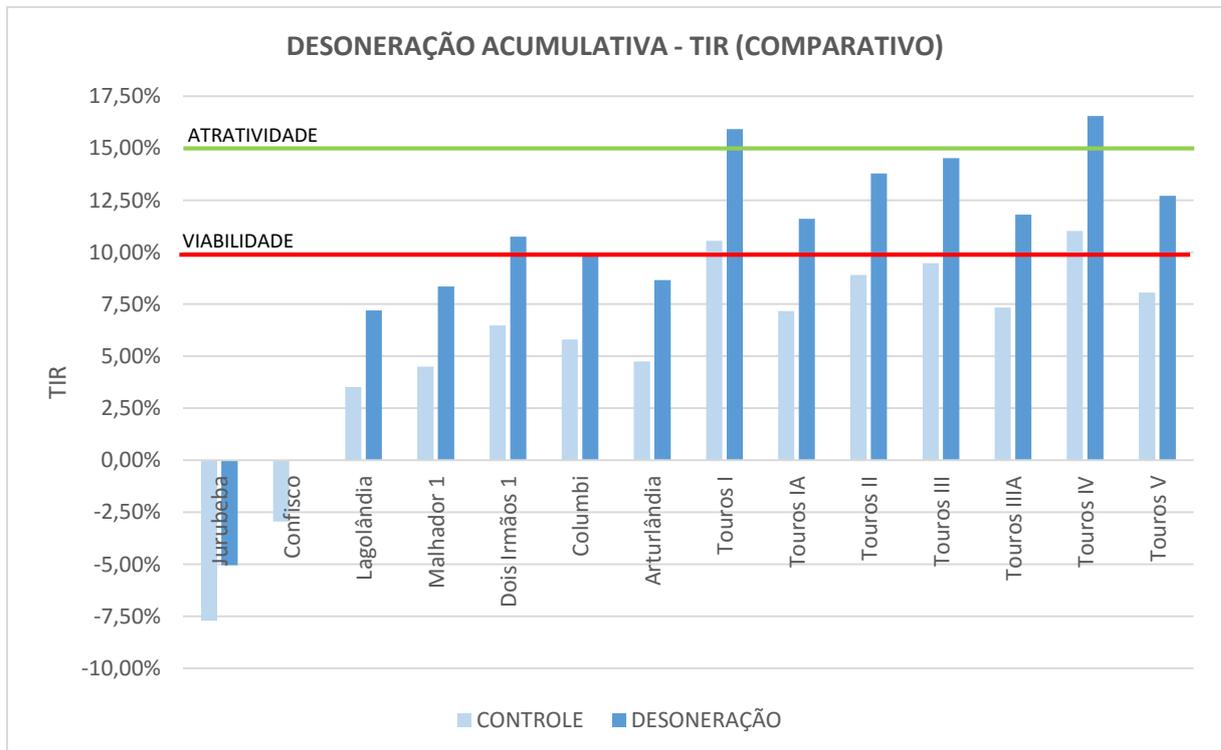


Figura 6-7 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO ACUMULATIVA

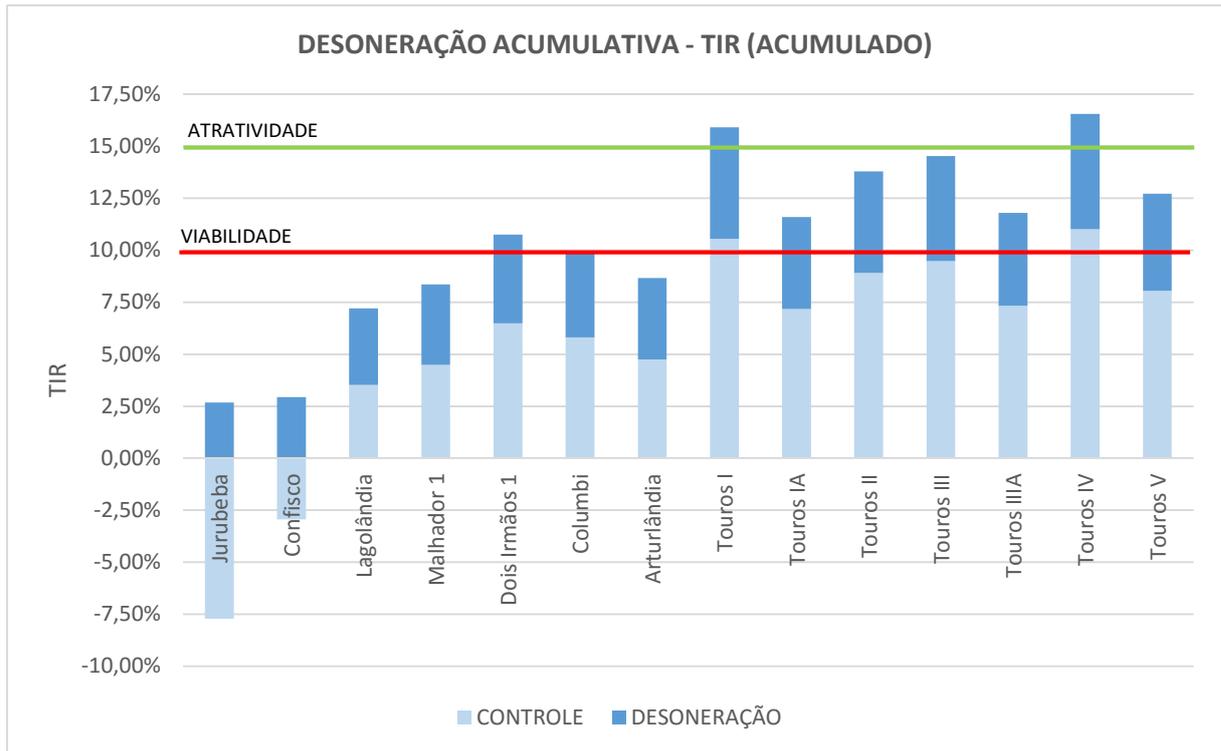


Figura 6-8 - SIMULAÇÃO DA DESONERAÇÃO ACUMULATIVA (ACUMULADO)

No cenário de desoneração acumulada pode-se observar, um cenário favorável às centrais. Com ganhos médios da ordem de 4,27% na TIR, empreendimentos sem viabilidade passam a ser viáveis e dois superam o limite de 15% da atratividade. O quadro resumo da viabilidade apresentado na Tabela 6-5 elucida o cenário.

Tabela 6-5 - QUADRO RESUMO DA VIABILIDADE APÓS A DESONERAÇÃO ACUMULATIVA

CENTRAL	CONTROLE	DESONERAÇÃO	INCREMENTO
Jurubeba	-7,72%	-5,04%	2,68%
Confisco	-2,94%	-0,01%	2,93%
Lagolândia	3,52%	7,21%	3,69%
Malhador 1	4,49%	8,35%	3,86%
Dois Irmãos 1	6,48%	10,75%	4,27%
Columbi	5,81%	9,93%	4,13%
Arturlândia	4,75%	8,66%	3,91%
Touros I	10,55%	15,91%	5,37%
Touros IA	7,17%	11,60%	4,43%

<b>Touros II</b>	8,91%	13,79%	4,88%
<b>Touros III</b>	9,48%	14,52%	5,05%
<b>Touros IIIA</b>	7,33%	11,80%	4,47%
<b>Touros IV</b>	11,02%	16,55%	5,53%
<b>Touros V</b>	8,06%	12,71%	4,66%

No quadro acima, pode ser observado que somente seis usinas não convergiram para a viabilidade. Por outro lado, as demais usinas se colocaram em um patamar de estabilidade quanto a sua viabilidade, com uma TIR mínima de 10,75% (viável e estável). Duas usinas, Touros 1 e 4, ultrapassaram os 15%, o que torna o empreendimento muito atrativo e rentável.

## **7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

### **7.1 CONCLUSÕES**

Como pode ser observado, tanto a desoneração de PIS e COFINS na implantação do empreendimento (REIDI), quanto o preço de venda de energia, impõe maior sensibilidade no retorno financeiro do empreendimento.

O REIDI, como influi diretamente no custo de implantação, e alcançando uma desoneração da ordem de até 9,25%, é o principal parâmetro de impacto no modelo. As novas centrais que aderirem ao Regime, poderão alcançar um incremento de até 1,32% na sua TIR.

Já o preço de venda da energia por influir diretamente na receita, pode promover um acréscimo médio de até 1,08% diretamente na TIR a cada incremento de 9,25% no preço.

A desoneração da receita reflete pouco se comparado aos outros dois parâmetros, porém ela pode prover um incremento médio de 0,66%. O que pode ser o fator decisivo entre a convergência da viabilidade ou da atratividade.

Como pôde ser percebido na simulação de desoneração cumulativa, itens 6.5 e 6.6 deste trabalho, a junção do Regime REIDI, com o preço de venda de energia no patamar de R\$ 205,00 e a desoneração da receita da usina, denota-se uma grande estratégia para a alavancagem de investimentos em centrais de pequeno porte.

Portanto, não basta apenas um programa de incentivo, várias ações governamentais podem ser tomadas afim de retomar o investimento no setor. A manutenção do preço de venda acima dos R\$ 200,00, a inclusão sistemática das novas usinas no regime REIDI e a desoneração da receita (possível ação do governo), contribuirá significativamente com o mercado.

### **7.2 SUGESTÕES**

Recomenda-se a continuidade deste trabalho ampliando a análise para a cadeia construtiva nas obras civis, pois, como pôde ser observado, as obras civis e o grupo gerador são responsáveis por maior parte do custo. Sendo assim, desonerando a cadeia do concreto, pode-se obter melhores resultados de viabilidade e atratividade.

## 8 BIBLIOGRAFIA

ANEEL. BIG - Banco de Informações de Geração. **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>. Acesso em: 20 Março 2015.

ASSUNÇÃO, M. C. Incentivos Fiscais em Tempos de Crise: Impactos econômicos e Reflexos Financeiros. **Revista da PGFN**, v. v.1, n. 1, 2011.

BERMANN, C. Impasses e Controvérsias da hidreletricidade. **Estudos Avançados: Dossiê Energia**, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007. p. 139 - 153.

BERMANN, C. Impasses e Controvérsias da Hidroeletricidade. **Estudos Avançados: Dossiê Energia**, São Paulo, v. 21, n. n. 59, 2007. p. 137 - 159.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2015. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Apoio\\_Financeiro/Produtos/FINEM/energia\\_geracao\\_vapor\\_renovavel.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/FINEM/energia_geracao_vapor_renovavel.html)>. Acesso em: 20 agosto 2015.

BRACIANI, U. **Estrutura de Custos para Implantação das Usinas de Geração de Energia Elétrica no Brasil**. Florianópolis: UFSC, 2011.

CERPCH. **Manual de Mini e Micro Centrais**. Itajubá: CERPCH, 2008.

CHESP, C. H. S. P. **Inventário Simplificado do Rio do Peixe**. Rio de Janeiro: CHESP, 2009.

COPELAND, T.; KOLLER, T.; MURRIN, J. **Avaliação de Empresas**. São Paulo: Makron Books, 2002.

DNAEE. INFOENER. **USP**, 20 agosto 2015. Disponível em: <[http://infoener.iee.usp.br/legislacao/legisla\\_nac/eletrico/leis/portaria\\_109.html](http://infoener.iee.usp.br/legislacao/legisla_nac/eletrico/leis/portaria_109.html)>. Acesso em: 20 agosto 2015.

ELETROBRÁS, C. E. B. S. A. **Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2000. 458 p.

ELETROBRÁS, C. E. B. S. A. **Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2007. 684 p. ISBN ISBN: 978-85-7650-137-4.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, p. 212. 2014.

EPE. **Balanco Energético Nacional 2014 - Ano Base 2013**. Rio de Janeiro, p. 282. 2014.

EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2023**. Rio de Janeiro, p. 434. 2014.

GREENPEACE. **Revolução Energética**. Greenpeace. São Paulo, p. 40. 2010.

MAGALHÃES, R. N. **Estimação de Custos para Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. [S.I.]: UNIFEI, 2009. 134 p.

RONDINHA, G. D. E. **Inventário Hidroelétrico do Rio dos Touros**. Blumenau: Rondinha, 2009.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. **Administração Financeira**. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. **Administração Financeira**. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

SANTOS, I. F. S. D.; TIAGO FILHO, G. L.; BARROS, R. M. Estimativa de custos de PCHs pelo parâmetro universal Fator de Aspecto (FA), v. v.1, n. 1, 2015.

SOUZA, Z. D.; SANTOS, A. H. M.; BORTONI, E. D. C. **Centrais Hidrelétricas - estudos para implantação**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás, v. I, 1999. 425 p.

SOUZA, Z. D.; SANTOS, A. H. M.; BORTONI, E. D. C. **Centrais Hidrelétricas - implantação e comissionamento**. 2ª Edição. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 520 p. ISBN ISBN: 978-85-7193-211-1.

TIAGO FILHO, G. L. et al. Um Panorama das Pequenas Centrais no Brasil. **PCH Notícias e SHP News**, Itajubá, v. 33, n. Ano 9, maio de 2007. p. 19 -23.

TIAGO FILHO, G. L. et al. Analysis of Brazilian SHP Policy and its Regulation Scenario. **Energy Policy**, 39, n. 10, october 2011. p. 6689 - 6697.

TIAGO FILHO, G. L. et al. Uma abordagem para a prospecção do custo unitário de PCH baseada no seu fator de aspecto. **Hidro & Hydro**, Itajubá, 56, 2013.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e Planejamento do Setor Energético no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, 2012.