


**PROJETO BÁSICO
RELATÓRIO GERAL**

| | | | | |
|---|-----------------------|--|--------|--------|
| | | | | |
| 0B | Revisão do item 4.4.5 | CMS | CV | MAR/18 |
| 0A | Emissão inicial | CV | AHI | DEZ/17 |
| Nº | Descrição | Prep. | Aprov. | Data |
| REVISÕES | | | | |
| | | | | |
| PROJETO BÁSICO | | | | |
|  | |  | | |
| PCH MACAÉ | | | | |

| | | |
|-----------|---------------|--|
| Preparado | <u>CV</u> | Celine Vasco Gerente do Projeto 118.792/D - PR |
| Conferido | <u>AHI</u> | |
| Visto | <u>BLCM</u> | José Henrique R. Lopes Resp. Técnico 12.545/D - MG |
| Data | <u>DEZ/17</u> | |

| | |
|-----------------------|------|
| Nº VLB | Rev. |
| 1557-MC-B-RT-G00-0001 | 0B |
| Nº do Cliente | Rev. |
| | |

**PROJETO BÁSICO
RELATÓRIO GERAL**

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. APRESENTAÇÃO | 5 |
| 2. INTRODUÇÃO | 8 |
| 2.1. OBJETIVO..... | 8 |
| 2.2. HISTÓRICO..... | 8 |
| 2.2.1. INVENTÁRIO HIDRELÉTRICO..... | 8 |
| 2.2.2. PROJETO BÁSICO | 8 |
| 2.3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS | 8 |
| 3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 11 |
| 4. LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES E ESTUDOS BÁSICOS..... | 12 |
| 4.1. TOPOGRÁFICOS..... | 12 |
| 4.1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS | 12 |
| 4.1.2. LOCAÇÃO DAS RÉGUAS | 13 |
| 4.2. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS..... | 14 |
| 4.2.1. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA | 14 |
| 4.2.2. CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA E PLUVIOMÉTRICA..... | 20 |
| 4.2.3. CARACTERIZAÇÃO DO REGIME FLUVIAL | 36 |
| 4.2.4. CURVAS-CHAVE | 65 |
| 4.2.5. ESTUDOS DO RESERVATÓRIO | 69 |
| 4.3. HIDRÁULICOS | 72 |
| 4.3.1. DESVIO DO RIO | 72 |
| 4.3.2. SOLEIRA ESPESSE DE REGULARIZAÇÃO | 73 |
| 4.3.3. TOMADA DE ÁGUA | 73 |
| 4.3.4. PERDA DE CARGA | 74 |
| 4.3.5. DISPOSITIVO DE VAZÃO SANITÁRIA | 75 |
| 4.4. GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS | 76 |
| 4.4.1. Aspectos Geomorfológicos e Geológicos Regionais | 76 |
| 4.4.2. Aspectos Geológicos-Geotécnicos do Local do Aproveitamento | 82 |
| 4.4.3. Características Geológico-Geotécnicas dos locais de implantação das estruturas..... | 84 |

PCH MACAÉ

| | | |
|-----------|---|------------|
| 4.4.4. | Aspectos Geológicos das Fundações e previsão de Tratamentos | 87 |
| 4.4.5. | Materiais Naturais de Construção | 90 |
| 4.4.6. | Material Argiloso | 90 |
| 4.4.7. | Areia Natural | 90 |
| 4.4.8. | Materiais Pétreos | 90 |
| 4.5. | ESTUDOS ENERGÉTICOS | 91 |
| 4.5.1. | Metodologia de Cálculo | 91 |
| 4.5.2. | Dados Utilizados Nos Estudos Energéticos | 92 |
| 4.5.3. | Dados Econômicos | 103 |
| 4.5.4. | Resultados | 104 |
| 4.5.5. | Resumo dos Estudos Energéticos | 109 |
| 5. | DETALHAMENTO DO PROJETO..... | 111 |
| 5.1. | CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO..... | 111 |
| 5.2. | DESVIO DO RIO | 112 |
| 5.2.1. | Ensecadeira da Tomada de Água | 112 |
| 5.2.2. | Ensecadeiras de 2ª Fase | 112 |
| 5.2.3. | Ensecadeiras de 3ª Fase | 112 |
| 5.2.4. | Ensecadeira da Casa de Força | 112 |
| 5.3. | CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO | 113 |
| 5.3.1. | Tomada de Água | 113 |
| 5.3.2. | Túnel de Adução | 113 |
| 5.3.3. | Casa de Força | 113 |
| 5.3.4. | Canal de Fuga | 113 |
| 5.4. | EQUIPAMENTOS E SISTEMAS MECÂNICOS | 114 |
| 5.4.1. | TURBINAS E REGULADORES DE VELOCIDADE | 114 |
| 5.4.2. | BLINDAGEM, TRANSIÇÕES, CURVAS E TRECHOS RETOS | 120 |
| 5.4.3. | EQUIPAMENTOS HIDROMECAÑICOS | 126 |
| 5.5. | EQUIPAMENTOS E SISTEMAS ELÉTRICOS | 141 |
| 5.5.1. | Geradores e Equipamentos Associados | 141 |
| 5.5.2. | Sistema de Excitação | 145 |
| 5.5.3. | Regulador de Tensão | 145 |
| 5.5.4. | Transformador Elevador | 146 |
| 5.5.5. | Transformador de Serviços Auxiliares | 148 |
| 5.5.6. | Sistemas Auxiliares Elétricos | 149 |
| 5.5.7. | Sistema de Aterramento, Iluminação, Tomadas e Vias de Cabos..... | 151 |
| 5.5.8. | Sistema de Supervisão e Controle | 152 |
| 5.5.9. | Sistema de Proteção | 156 |
| 5.5.10. | Sistema de Telecomunicações..... | 157 |
| 5.5.11. | Sistema de Circuito Fechado de TV (CFTV) | 158 |

PCH MACAÉ

| | |
|---|------------|
| 6. ESTUDOS AMBIENTAIS..... | 159 |
| 7. INFRA-ESTRUTURA E LOGÍSTICA..... | 159 |
| 8. CRONOGRAMA FÍSICO | 161 |
| 9. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS (OPE) | 163 |
| 10. FICHA RESUMO..... | 169 |
| 11. PARTICIPANTES DO GRUPO DE TRABALHO | 174 |
| 12. SUMÁRIO EXECUTIVO..... | 175 |

PROJETO BÁSICO RELATÓRIO GERAL

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento é a compilação de todos os levantamentos e estudos que foram desenvolvidos para a elaboração do Projeto Básico da PCH Macaé, a ser implantada no rio Macaé, entre os municípios de Casimiro de Abreu e Macaé, no estado do Rio de Janeiro. A usina é pertencente à Bacia 5, do Atlântico Leste, e Sub-bacia 59 (Rios Macaé, São João e outros).

Este trabalho foi elaborado pela VLB Engenharia Ltda. e é apresentado em três volumes, organizados da seguinte forma:

- Volume I - Texto;
- Volume II - Desenhos;
- Volume III - Apêndices.

Os estudos apresentados no Projeto Básico da PCH Macaé foram organizados tomando-se como diretriz o documento da ELETROBRÁS “Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico de Usinas Hidrelétricas” em sua versão de setembro de 1999.

Assim, os volumes deste relatório foram organizados desta maneira:

VOLUME I – TEXTO

- Capítulo 1 – Apresentação

É apresentada uma visão geral dos estudos e sua organização.

- Capítulo 2 – Introdução

Este capítulo informa o objetivo dos estudos, relata o histórico dos estudos anteriores, a descrição e a localização da PCH.

- Capítulo 3 – Sumário das Principais Conclusões e Recomendações

Apresentam-se, de forma sucinta, as principais conclusões e recomendações do Projeto Básico.

- Capítulo 4 – Levantamentos Complementares e Estudos Básicos

São apresentados os serviços de campo e de escritórios realizados para os estudos:

1 - Aerofotogramétricos e Topobatimétricos

2 - Hidrometeorológicos

PCH MACAÉ

- 3 - Hidráulicos
- 4 - Geológico-Geotécnicos
- 5 - Estudos Energéticos
- 6 - Integração da Usina ao Sistema de Transmissão
- 7 - Equipamentos e Sistemas Elétricos
- 8 - Equipamentos e Sistemas Mecânicos

- Capítulo 5 – Estudos de Alternativa

São apresentados os estudos de eixo para o projeto.

- Capítulo 6 – Detalhamento do Projeto

São apresentadas as principais características do Arranjo Geral das Estruturas componentes do Aproveitamento Hidrelétrico, descrevendo de forma detalhada os aspectos civis, mecânicos e elétricos.

- Capítulo 7 – Estudos Sociambientais

Neste capítulo é realizada uma avaliação do empreendimento, com levantamentos e análises que permitam indicar a viabilidade ambiental da usina. Essa avaliação foi realizada por uma equipe multidisciplinar e se baseou em dados secundários e primários, obtidos com visitas de campo realizadas ao local de implantação da PCH.

- Capítulo 8 – Infraestrutura e Logística

Neste capítulo são descritas as principais atividades necessárias para o planejamento, infraestrutura e apoio logístico para a implantação das obras.

- Capítulo 9 – Cronograma Físico

Neste capítulo descrevem-se, de forma sucinta, as principais etapas para implantação do empreendimento.

- Capítulo 10 – Orçamento Padrão Eletrobrás

O Orçamento Padrão Eletrobrás (OPE) apresenta o custo previsto para a implantação do empreendimento, considerando as obras civis, equipamentos eletromecânicos, subestação, projeto, etc.

- Capítulo 11 – Ficha Resumo

Apresentam-se as principais características do aproveitamento, descrevendo os dados referentes aos aspectos hidrológicos, os dados das principais estruturas, dos equipamentos eletromecânicos, de energia, dos custos e outros itens correlatos definidos na Ficha Resumo padrão Eletrobrás.

- Capítulo 12 – Participantes do Grupo de Trabalho

PCH MACAÉ

- Capítulo 13 – Sumário Executivo

VOLUME II - DESENHOS CIVIS, ELÉTRICOS E MECÂNICOS

Neste volume são apresentados os desenhos de Localização, Base Cartográfica da região do empreendimento, Mapa do Reservatório, desenhos com as características Hidrológicas, Geológicas e Geotécnicas regionais e locais, Arranjo Geral do Aproveitamento, incluindo o detalhamento das principais estruturas, e diagramas e fluxogramas dos sistemas elétricos e mecânicos principais.

VOLUME III - APÊNDICES

Neste volume estão contidos todos os estudos complementares realizados para a elaboração do projeto da PCH Macaé, bem como os documentos complementares.

Os apêndices estão divididos da seguinte forma:

- APÊNDICE A – GEOLOGIA E GEOTECNIA;
- APÊNDICE B – CARTOGRAFIA E TOPOGRAFIA;
- APÊNDICE C – HIDROMETRIA;
- APÊNDICE D – DOCUMENTAÇÕES;
- APÊNDICE E – ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS;
- APÊNDICE F – ESTUDOS HIDROLÓGICOS.

PCH MACAÉ

2. INTRODUÇÃO

2.1. OBJETIVO

O objetivo da elaboração do Projeto Básico da PCH Macaé é a coleta, análise e consistência de um número de informações suficientes para subsidiar os estudos técnicos, ambientais e econômicos que tornem viável a implantação deste empreendimento, garantindo os critérios de segurança das estruturas e equipamentos.

Para tanto, foi realizada minuciosa análise dos dados coletados visando atender a todas as normas vigentes, ao Sumário Executivo e ao “check-list” da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em estrita observância às instruções das “Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico de Usinas Hidrelétricas”.

2.2. HISTÓRICO

2.2.1. INVENTÁRIO HIDRELÉTRICO

A Alupar Investimento S.A. foi autorizada para a realização dos Estudos de Inventário do Rio Macaé, por meio do Despacho ANEEL nº 4.826, de 24/12/2009, publicado no D.O.U em 28/12/2009.

Em 12/08/2015, a ANEEL aprovou os estudos por meio do Despacho ANEEL nº 2.622, cujos eixos estão apresentados na tabela a seguir.

Tabela 2.1 – Alternativa Selecionada nos Estudos de Inventário

| Eixo | CGE | Coordenadas do Eixo do Barramento | Coordenadas da Casa de Força | Área de Drenagem (km ²) | Nível de Montante (m) | Nível de Jusante (m) | Reservatório (km ²) | Potência (kW) |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------|---------------|
| PCH BONITO | PCH.PH.RJ .034449-4.01 | 22°22'18,28"S 42°18'38,00"O | 22°22'24,28"S 42°15'50,56"O | 187 | 590 | 375 | 0,01 | 21.500 |
| PCH CASIMIRO DE ABREU | PCH.PH.RJ .034450-8.01 | 22°22'03,00"S 42°15'03,00"O | 22°24'02,95"S 42°12'54,59"O | 326 | 315 | 120 | 0,01 | 27.280 |
| PCH MACAÉ | PCH.PH.RJ .034451-6.01 | 22°24'08,00"S 42°12'58,80"O | 22°25'56,54"S 42°11'05,33"O | 489 | 120 | 35 | 0,01 | 17.670 |

2.2.2. PROJETO BÁSICO

Em 3 de março de 2016, por meio do Despacho ANEEL nº 562, a Alupar Investimento S.A. e a IPAR Participações LTDA receberam da ANEEL o registro para realização do Projeto Básico. Posteriormente, em 06 de outubro de 2016, houve alteração desse registro passando a titularidade apenas à IPAR Participações LTDA e foi devolvida a garantia de registro aportada pela Alupar Investimento S.A.

Assim, a IPAR Participações S.A. prosseguiu os estudos de Projeto Básico em conjunto com a VLB Engenharia.

2.3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

PCH MACAÉ

A PCH Macaé localiza-se no rio Macaé, com afluição no Oceano Atlântico, na bacia 5 (Atlântico, trecho leste), próximo ao município de Casimiro de Abreu, região litorânea do estado do Rio de Janeiro, cerca de 130 km da capital.

O acesso ao empreendimento a partir da capital do estado do Rio de Janeiro é feito pela rodovia BR-101, no sentido ao Espírito Santo, por 120 km até o município de Casimiro de Abreu, onde há a interseção rodoviária com RJ-142. Seguindo nesta, em direção ao Distrito de Lumiar, por mais 10,50 km para acesso ao Eixo do Barramento ou, cerca de 6 km de Casimiro de Abreu entrando em acesso secundário, a direita e deste por mais 6 km até a Casa de Força e Subestação.

Para melhor entendimento, verificar o desenho 1557-MC-B-DE-G00-0001 no VOLUME II - DESENHOS.

O arranjo geral da usina consiste em uma soleira vertente, nas coordenadas 22° 24' 3,58" Sul e 42° 12' 55,24" Oeste, uma Tomada de Água, Túnel de Adução e Casa de Força equipada com três turbinas tipo Francis Horizontal, com potência instalada de 17,70 MW.

A topografia da região do eixo selecionado e as condições geomecânicas condicionam a locação da Tomada de Água e Túnel de Adução na margem esquerda

Verificou-se que para as cheias, o barramento estaria afogado a jusante, uma vez que os níveis naturais são superiores aos níveis operativos determinados para a PCH Macaé. Sendo assim, optou-se pela execução de uma soleira de regularização, posicionada próxima à Tomada de Água, com crista na cota 120,00 m, apenas com o objetivo de impor o Nível Normal.

A construção do empreendimento foi prevista para ser executada em três fases, considerando as características morfológicas do local. Na primeira fase, o rio Macaé escoará pelo seu leito natural, para a construção do Canal de Desvio na margem esquerda, a Tomada de Água, escavação da Casa de Força e emboque do Túnel de Adução. Na segunda fase, o rio será desviado pelo Canal enquanto será construída a soleira espessa no leito do rio, o Túnel de Adução e concretagem da Casa de Força. Por fim, o rio voltará ao seu leito natural enquanto são concluídas as obras da soleira, Casa de Força, Canal de Fuga, Subestação e Túnel de Adução.

Soleira Espessa Vertente

A soleira vertente terá 78,00 metros de comprimento, com a cota da crista na El. 120,00 m. Nela será disposta uma tubulação para garantir a vazão sanitária no trecho entre a soleira e a Casa de Força.

Circuito De Geração

A Tomada de Água será uma estrutura em concreto localizada na margem esquerda, com soleira na El. 112,00 m e coroamento na El. 127,90 m. Possuirá um vão de 6,00 m de largura por 6,00 m de altura.

A Casa de Força será uma estrutura de concreto dotada de superestrutura com fechamento metálico, do tipo abrigada. Estão previstas três unidades

PCH MACAÉ

geradoras do tipo Francis Horizontal com potência unitária máxima de 5,90 MW, perfazendo um total de 17,70 MW de potência instalada.

Reservatório

O Barramento propiciará a formação do reservatório que, no N.A. Normal (El. 120,00 m), terá volume de 3122,00 m³ e área inundada de aproximadamente 1982,00 km².

Os desenhos 1557-MC-B-G11-0001 a G11-0003 do VOLUME II – DESENHOS apresenta o Arranjo Geral do Projeto da PCH Macaé.

3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos realizados para o Projeto Básico da PCH Macaé foram elaborados obedecendo aos Critérios e Especificações Técnicas, especialmente aqueles preconizados pela ANEEL e Eletrobrás. A configuração final do empreendimento visou à obtenção do aproveitamento ótimo desse trecho do rio, levando em conta os aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

O desenvolvimento do arranjo visou adequar a melhor proposta às condições geológica e topográficas existentes no local, com o mínimo impacto ambiental e simultaneamente à maior economicidade e rentabilidade no empreendimento.

O arranjo selecionado preserva o nível de água Máximo Normal do reservatório igual ao nível do inventário aprovado na ANEEL, elevação 120,00 m. O Nível Normal de jusante, na elevação 35,50 m, resultou em 0,50 m acima do nível apresentado no inventário, devido à atualização da curva-chave após as campanhas hidrométricas. Assim, a queda bruta aproveitada é de 84,50 m.

O Arranjo Geral das estruturas resultou em uma Soleira Espessa para regularização do nível de água, Tomada de Água, Túnel de Adução, Casa de Força, e Canal de Fuga.

O Circuito Hidráulico de Geração resultou em uma capacidade instalada do empreendimento de 17,70 MW, obtida através de três turbinas tipo Francis.

Os estudos ambientais permitiram o conhecimento das debilidades e potencialidades da região. Planos, programas e ações ambientais discutidos e consensados com as comunidades por ocasião da elaboração dos Estudos de Impacto Ambiental – EIA poderão minimizar os impactos e, ao mesmo tempo, trazer resultados positivos para a região.

O custo total de implantação do empreendimento, incluídos os juros durante a construção, a Subestação e a Linha de Transmissão, é de R\$ 180 milhões, correspondente a R\$ 10.170 por kW instalado.

O Cronograma de Construção prevê um prazo de implantação das obras de 44 meses.

4. LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES E ESTUDOS BÁSICOS

4.1. TOPOGRÁFICOS

4.1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os serviços de topografia e cartografia do empreendimento PCH Macaé foram desenvolvidos pela empresa Vertente Engenharia LTDA e pela SAI – Serviços Aéreos Industriais, no ano de 2010 para os ESTUDOS DE INVENTÁRIO HIDRELÉTRICO (Intertechne, 2010) e ajustados no ano de 2014 no documento: ADENDO 1 - RELATÓRIO FINAL DOS ESTUDOS DO INVENTÁRIO, DESENHOS, PLANILHAS E OUTROS (Intertechne, 2014).

Os seguintes serviços foram executados:

- Perfilamento a laser da área do empreendimento, com captação de 1 ponto por m², possibilitando a obtenção de curvas de nível de 5 em 5 metros e geração de ortofotos (reprocessada para obtenção de curvas de 1 em 1 metro). Estes produtos foram obtidos numa área aproximada de 77 km². Os resultados obtidos (curvas de nível, ortofotos), utilizaram o Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000 (elipsóide GRS 80), com Sistema de Projeção UTM – meridiano central 45° WGr. O datum altimétrico utilizado foi o marégrafo de Imbituba – SC. O transporte de coordenadas realizado na restituição a Laser contou como base os marcos SAT91891 e o SAT91964, a partir desses marcos foi rastreada De fevereiro a março de 2010 foram realizados pela empresa Vertente Engenharia Ltda, os serviços topográficos de implantação de marcos e levantamento do perfil longitudinal dos rios Macaé e dois de seus afluentes, Sana e Bonito.
- O levantamento do perfil dos rios totalizou um comprimento de aproximadamente 130 km. Para o transporte das coordenadas e amarração do levantamento à rede geodésica oficial, foram implantados marcos de apoio, cujas coordenadas foram transportadas a partir das estações ativas e referências de nível do IBGE:

Planimetria: Estação Ativa da RBMC - RIOD (Rio de Janeiro - RJ), Estação Ativa da RBMC - ONRJ (Observatório Nacional - RJ) e Estação Ativa da RBMC - RJCG (Campos dos Goytacazes - RJ)

Altimetria: Alturas elipsoidais do GPS, após tempo de rastreamento mínimo para solução fixa. As altitudes elipsoidais obtidas com GPS foram reduzidas ao geóide utilizando o software MapGeo2010 do IBGE.
- A partir do mês de julho de 2010 foi realizado pela empresa Vertente Engenharia Ltda, o levantamento de 18 seções topobatimétricas ao longo do rio Macaé.
- Os furos de sondagem e as seções sísmicas foram locados topograficamente e, para amarração das coordenadas, foram utilizados os marcos já implantados para a realização das seções topobatimétricas.

PCH MACAÉ

- Georreferenciamento das réguas instaladas na etapa de Inventário do rio Macaé, tanto no sistema SAD 69 quanto SIRGAS 2000.

Com os levantamentos executados na etapa de Inventário do rio Macaé, foi produzida uma base cartográfica, que fundamentou todos os trabalhos de engenharia e meio ambiente e estes foram utilizados na etapa de Projeto Básico.

A área de interesse está inserida no Mapeamento Sistemático do IBGE da seguinte forma:

- “Diretrizes para Elaboração de Serviços de Cartografia e Topografia, Relativos a Estudos e Projetos de Aproveitamentos Hidrelétricos sem Característica de PCH”, elaborado pela ANEEL;
- NBR 13133 – “Execução de Levantamento Topográfico”, de maio de 1994, elaborado pela ABNT;
- “Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos”, de abril de 2008, elaborado pelo IBGE.

Ressalta-se que a metodologia adotada nos trabalhos está em plena concordância com as seguintes diretrizes e normas:

Todas as informações descritas referentes à topografia estão apresentadas em detalhe no APÊNDICE B - CARTOGRAFIA E TOPOGRAFIA.

4.1.2. LOCAÇÃO DAS RÉGUAS

Para o Projeto Básico, a empresa CONSTRUSERV instalou 3 (três) conjuntos de réguas (Casa de Força, Barramento 1 e Barramento 2) no local da PCH Macaé.

Foram locadas duas referências de nível para cada conjunto de réguas fluviométricas instalado.

As RRNN das réguas foram locadas como base nos marcos de referência do projeto.

As informações relativas às estações instaladas podem ser visualizadas no Relatório de Hidrometria no APÊNDICE C – HIDROMETRIA.

4.2. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS

4.2.1. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA

Diversos fatores podem influenciar o comportamento do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica. Neste item serão apresentados os aspectos relevantes referentes às características morfométricas da bacia formada pelo exutório da bacia do rio Macaé na localidade da PCH Macaé, como área de drenagem, forma da bacia, densidade de drenagem, declividade e tempo de concentração.

4.2.1.1. Localização

A bacia hidrográfica da PCH Macaé está localizada entre os paralelos 22° 17' e 22°26' sul e os meridianos 42° 10' e 42° 32' oeste, tendo como rio principal o rio Macaé.

O rio Macaé apresenta, até o local da PCH Macaé, uma área de contribuição de 485,78 km².

4.2.1.2. Área de Drenagem e Perímetro

A área de drenagem corresponde à projeção, em um plano horizontal, da superfície contida entre os divisores topográficos de uma bacia, sendo um dado fundamental para caracterização do potencial de um empreendimento hidrelétrico, pois traduz a capacidade de captação de água. O perímetro representa o comprimento total do contorno da bacia.

Para aumentar a confiabilidade do dado referente à área de drenagem, a mesma foi verificada utilizando-se os Modelos Digitais de Terreno disponibilizados pela NASA, juntamente com as curvas de nível formadas para este terreno pelo software Global Mapper e a base de hidrografia disponibilizada pela ANA. O valor encontrado foi de 485,78 km². A Figura 4.1 apresenta a delimitação da área de drenagem.

A Tabela 4.1 apresenta os valores utilizados para o exutório da bacia hidrográfica da PCH Macaé.

Tabela 4.1 - Área de Drenagem - PCH Macaé

| Parâmetro | Valor |
|-------------------------------------|-------|
| Área de Drenagem (km ²) | 485,8 |
| Perímetro (km) | 188,8 |



Figura 4.1 – Área de Drenagem - PCH Macaé

4.2.1.3. Índice de Conformação

O índice de conformação superficial ou fator de forma é um parâmetro determinado pela relação entre a área de uma bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água desde a seção de referência até a cabeceira mais distante, no divisor de águas, sendo que sua expressão é indicada abaixo:

$$K_f = \frac{AD}{L^2}$$

Sendo:

Kf – Índice de conformação ou fator de forma (adimensional);

AD – Área de drenagem da bacia (km²);

L – Comprimento do curso d'água principal (km).

O índice de conformação relaciona a forma da bacia com um retângulo e, quanto maior o seu valor, maior a potencialidade de ocorrência de picos de enchentes elevados (GARCEZ & ALVAREZ, 1998), sob a perspectiva de que se a bacia for estreita e longa, menor será a chance de um evento de chuva intensa cobrir toda a área em questão.

A Tabela 4.2 apresenta, respectivamente, os valores obtidos para o índice de conformação da bacia correspondente ao da PCH Macaé, bem como o valor dos parâmetros utilizados para a sua obtenção.

Tabela 4.2 – Índice de Conformação – Bacia Hidrográfica da PCH Macaé

| Parâmetro | Valor |
|--|-------|
| Área de Drenagem (km ²) | 485,8 |
| Comprimento do curso d'água principal (km) | 50,5 |
| Kf | 0,19 |

O valor do índice de conformação obtido para a bacia hidrográfica da PCH Macaé é considerado baixo. Isso significa que, não contando com a interferência de outros fatores, há menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão se comparada com uma área de mesmo tamanho, mas com maior fator de forma. Conseqüentemente, isso implica em um menor tempo de resposta a essa chuva, resultando em menor tendência de cheias elevadas.

4.2.1.4. Índice de Compacidade

A relação do perímetro de uma bacia hidrográfica e a circunferência do círculo de área igual à da respectiva bacia constitui o índice de compacidade. Desde que outros fatores não interfiram, valores menores do índice de compacidade indicam maior potencialidade de produção de picos de enchentes elevados (GARCEZ & ALVAREZ, 1998), sendo que a proximidade deste valor à unidade indica bacia circular, e, conseqüentemente, maior potencialidade de ocorrência de picos elevados de cheias, uma vez que em uma bacia hipotética circular os escoamentos de um grande número de afluentes alcançariam ao mesmo tempo o exutório.

Para uma bacia qualquer, chamando de P o seu perímetro e C a circunferência do círculo de área igual à da bacia, tem-se que:

$$K_c = \frac{0,28 * P}{\sqrt{AD}}$$

Sendo:

K_c – Índice de Compacidade (adimensional);

P – Perímetro da bacia (km);

AD – área de drenagem da bacia (km²).

A Tabela 4.3 apresenta os valores obtidos para o índice de compacidade, bem como o valor dos parâmetros utilizados para a sua obtenção.

Tabela 4.3 – Índice de Compacidade – Bacia Hidrográfica da PCH Macaé

| Parâmetro | Valor |
|-----------|-------|
|-----------|-------|

| Parâmetro | Valor |
|-------------------------------------|-------|
| Área de Drenagem (km ²) | 485,8 |
| Perímetro (km) | 188,8 |
| Kc | 2,40 |

O valor obtido traduz um intervalo de tempo comparativamente elevado para que todos os afluentes possam contribuir com a vazão no exutório da bacia hidrográfica da PCH Macaé, resultando em uma área não muito sujeita a enchentes.

4.2.1.5. Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. O cálculo da densidade de drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas, porque apresenta relação inversa com a extensão do escoamento superficial. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

$$D_d = \frac{L_t}{AD}$$

Sendo:

D_d – Densidade de drenagem (km/km²);

L_t – Comprimento total dos cursos d'água da bacia (km);

AD – Área de drenagem da bacia (km²).

Embora existam poucas informações sobre a densidade de drenagem de bacias hidrográficas, pode-se afirmar que este índice varia de 0,5 km/km², para bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km² ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas (VILLELA, 1975).

Tabela 4.4 – Densidade de Drenagem – Bacia Hidrográfica da PCH Macaé

| Parâmetro | Valor |
|--|-------|
| Área de Drenagem (km ²) | 485,8 |
| Comprimento total dos cursos d'água (km) | 118,1 |
| D_d (km/km ²) | 0,24 |

O valor do índice de densidade de drenagem resultante é baixo, assim indicando que a bacia apresenta uma drenagem pobre. Consequentemente pode-se esperar uma resposta mais lenta aos eventos de cheia, provavelmente sem a ocorrência de picos de enchentes.

4.2.1.6. Extensão Média do Escoamento Superficial

PCH MACAÉ

Esta característica representa a extensão média que uma gota de água percorreria até encontrar a calha mais próxima. Considerando que a área de drenagem possa ser representada de maneira retangular, o comprimento total dos cursos d'água representariam o lado L deste quadrado. E extensão média é calculada pela seguinte fórmula:

$$l = \frac{AD}{4L_t}$$

Sendo:

AD – Área de drenagem da bacia (km²);

L_t – Comprimento total dos cursos d'água da bacia (km);

l – Extensão média do escoamento superficial (km);

A Tabela 4.5 apresenta o valor calculado.

Tabela 4.5 – Extensão Média do Escoamento – Bacia Hidrográfica da PCH Macaé

| Parâmetro | Valor |
|--|-------|
| Área de Drenagem (km ²) | 485,8 |
| Comprimento total dos cursos d'água (km) | 118,1 |
| l (km) | 1,03 |

O valor de aproximadamente 1 km obtido confirma a baixa densidade de drenagem, uma vez que os dois fatores são inversamente proporcionais.

4.2.1.7. Declividade

A declividade, de forma genérica, é determinada a partir do perfil longitudinal, o qual é estabelecido em função das distâncias horizontais percorridas entre cada cota marcada no mapa topográfico, sendo que a média é obtida dividindo-se o desnível entre a nascente e a foz pela extensão total do curso d'água principal, conforme indicado na fórmula abaixo.

$$D = \frac{H}{L}$$

Sendo:

D – Declividade (m/m);

H – Desnível (m);

L – Comprimento do curso d'água principal no trecho (km).

A diferença de nível traduz a energia potencial disponível para o escoamento, fazendo com que a velocidade do escoamento de um rio dependa da declividade dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento, e mais pronunciados e estreitos serão os

hidrogramas de enchentes. A declividade para o trecho de interesse do rio Macaé é mostrada na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Declividade – Bacia Hidrográfica da PCH Macaé

| Parâmetro | Valor |
|---|---------|
| Desnível entre nascente e ponto da Barragem (m) | 1.197,2 |
| Comprimento do curso d'água principal (km) | 50,5 |
| D (m/m) | 0,024 |

4.2.1.8. Tempo de Concentração

Segundo o "U.S. Bureau of Reclamation", tempo de concentração (t_c) é o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída.

Para o cálculo do tempo de concentração da bacia envoltória do empreendimento utilizou-se a fórmula do "Soil Conservation Service":

$$t_c = 0,95 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Sendo:

t_c – Tempo de concentração (h);

H – Desnível (m);

L – Comprimento do curso d'água principal no trecho (km).

A Tabela 4.7 apresenta o valor obtido para o tempo de concentração, bem como o valor dos parâmetros utilizados para a sua obtenção.

Tabela 4.7 – Tempo de Concentração – Bacia Hidrográfica da PCH Macaé

| Parâmetro | Valor |
|---|---------|
| Desnível entre nascente e ponto da Barragem (m) | 1.197,2 |
| Comprimento do curso d'água principal (km) | 50,5 |
| t_c (h) | 5,75 |

O valor obtido encontra-se em conformidade com os demais parâmetros fisiográficos já apresentados anteriormente, e indica que a bacia apresenta pouco menos de 6 horas para chegar à contribuição máxima.

4.2.1.9. Resumo das Características Fisiográficas

Os valores apresentados referentes às características fisiográficas da bacia hidrográfica da PCH Macaé são resumidos na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Características Fisiográficas – Bacia Hidrográfica da PCH Macaé

| Parâmetro | Valor |
|---|---------|
| Área de Drenagem (km ²) | 485,8 |
| Perímetro (km) | 188,8 |
| Comprimento do curso d'água principal (km) | 50,5 |
| Comprimento total dos cursos d'água (km) | 118,1 |
| Desnível entre nascente e ponto da Barragem (m) | 1.197,2 |
| Fator de Forma - K_f | 0,19 |
| Índice de Compacidade - K_c | 2,40 |
| Densidade de Drenagem - D_d (km/km ²) | 0,24 |
| Declividade - D (m/m) | 0,024 |
| Tempo de Concentração - t_c (h) | 5,75 |

4.2.2. CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA E PLUVIOMÉTRICA

Além da caracterização fisiográfica, deve-se levar em conta o comportamento pluviométrico e climatológico para entender o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. A seguir serão apresentados os dados relevantes a esta compreensão.

Localizada no estado do Rio de Janeiro, a Bacia Hidrográfica da PCH Macaé se localiza na região central do estado. Compendo, ainda, a região Sudeste do país.

Com a finalidade de subsidiar os estudos hidrometeorológicos e realizar a caracterização climatológica e pluviométrica da área de abrangência dos estudos, foram selecionadas as estações pluviométricas apresentadas na Tabela 4.9, todas disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas – ANA. O critério inicial de escolha baseou-se na localização e no período de registros disponíveis.

Tabela 4.9 - Estações Utilizadas

| Código | Estação | Operadora | Latitude (S) | Longitude (O) | Período de Dados | Elementos utilizados |
|---------|---------------|-----------|--------------|---------------|------------------|----------------------|
| 83745 | Nova Friburgo | INMET | 22°15'00" | 42°31'00" | 1961-1990 | T, UR, EV |
| 2242003 | Piller | CPRM | 22°24'17" | 42°20'21" | 1950-2017 | P |
| 2242004 | Galdinópolis | CPRM | 22°21'47" | 42°22'51" | 1952-2017 | P |
| 2242005 | Fazenda São | CPRM | 22°23'25" | 42°29'41" | 1984-2017 | P |
| 2242002 | Maria | CPRM | 22°11'11" | 42°09'49" | 1983-2017 | P |

Abreviatura: P = Precipitação; T = Temperatura; UR = Umidade Relativa; EV = Evaporação.

A localização das estações, com referência ao local onde será implantado o empreendimento e sua respectiva área de drenagem, é apresentada na Figura 4.2 abaixo.



Figura 4.2 - Localização dos Postos Climatológicos

4.2.2.1. Pluviometria

A característica da precipitação na região é marcada pela época chuvosa e quente. O trimestre mais chuvoso vai de novembro a janeiro. O trimestre mais seco ocorre entre junho a agosto.

Para a escolha das estações pluviométricas, buscaram-se as estações mais representativas para a bacia do rio Macaé no local do empreendimento e os dados foram avaliados buscando-se o menor percentual de falhas possível. A partir dos dados disponibilizados pela ANA obtiveram-se os períodos de dados e falhas para cada posto, assim como apresenta a Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Estações Pluviométricas Utilizadas

| Código | Estação | Período de Dados | Quantidade de Meses com Falhas | Percentual de Falhas (%) |
|---------|--------------|------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 2242003 | Piller | 1950-2017 | 0 | 0,0% |
| 2242004 | Galdinópolis | 1952-2017 | 0 | 0,0% |
| 2242005 | Fazenda São | 1984-2017 | 0 | 0,0% |
| 2242002 | Maria | 1983-2017 | 1 | 0,2% |

PCH MACAÉ

Em função destes dados, constituiu-se uma série de totais mensais precipitados para todos os postos. A partir da análise das curvas duplo-acumuladas dos postos, optou-se pela realização de uma correção das precipitações totais mensais de cada posto com os outros postos.

A falha existente no posto Maria Mendonça foi preenchida de acordo com a seguinte equação:

$$P_x = \frac{M_x}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{M_i} \right)$$

Em que:

P_x – É a precipitação total mensal no posto a ser preenchido (mm);

M_x – Média dos totais mensais no posto a ser preenchido (mm);

n – Número de postos utilizados para o preenchimento do mês em estudo, variando de 1 a 4;

P_i – Precipitação total mensal do posto i (mm);

M_i – Média dos totais mensais no posto i , para o mesmo período de tempo (mm);

Com o intuito de aferir a homogeneidade final das séries, foram traçadas as curvas duplo-acumuladas, ou curva de massa. Essa curva é obtida traçando-se o acumulado de chuvas totais com o avanço do intervalo de tempo em anos, formando, aproximadamente, uma linha reta. Uma mudança brusca na angulação indica uma falha. (PINTO, 2000).

A Figura 4.3 apresenta as curvas duplo-acumuladas das estações pluviométricas estudadas. Nota-se que as ligeiras mudanças na curva são ocasionadas por anos atípicos, de máximos ou mínimos precipitados. Conclui-se, então, que as estações apresentaram boa homogeneidade, viabilizando a utilização das mesmas como base do estudo.

PCH MACAÉ

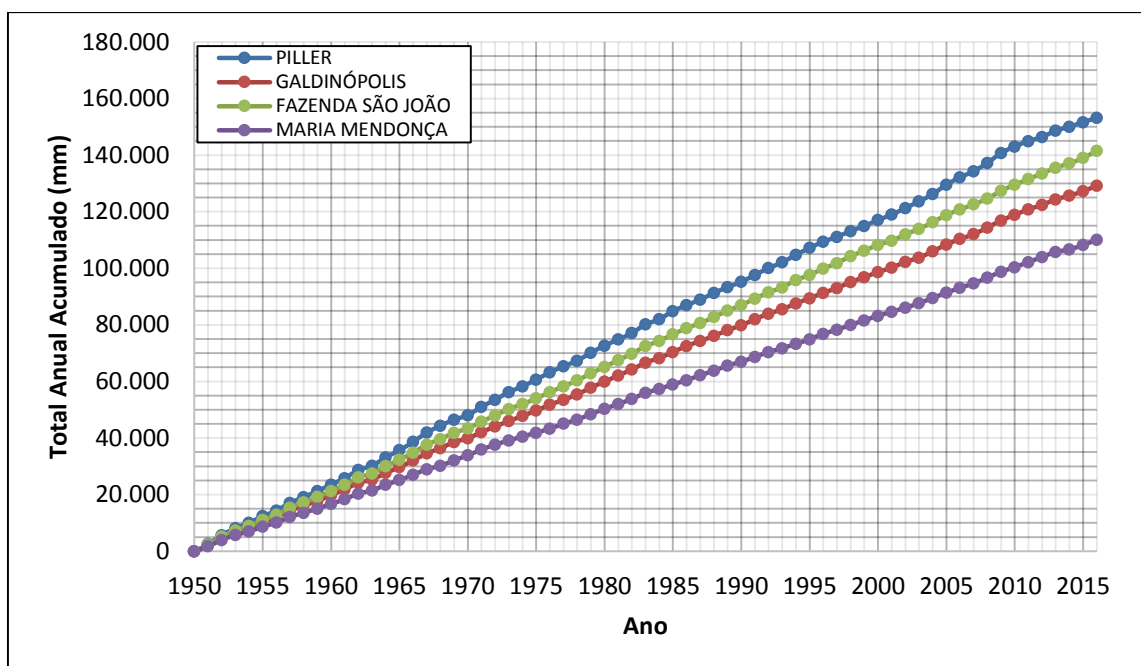


Figura 4.3 - Curvas Duplo-Acumuladas – Postos Pluviométricos

As séries de precipitações totais médias mensais corrigidas para cada posto pluviométrico analisado encontram-se apresentadas nas Tabela 4.11 a

Tabela 4.14 a seguir.

Tabela 4.11 - Precipitações Totais Médias Mensais Corrigidas - Posto Piller

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1950 | | | | | | | | | 62,9 | 197,6 | 273,2 | 330,0 | |
| 1951 | 426,3 | 408,5 | 586,8 | 169,1 | 84,0 | 78,6 | 79,6 | 47,2 | 25,2 | 117,3 | 151,6 | 404,8 | 2579,0 |
| 1952 | 377,0 | 571,2 | 198,0 | 276,5 | 80,1 | 81,5 | 212,7 | 138,1 | 191,3 | 228,8 | 286,9 | 417,9 | 3060,0 |
| 1953 | 257,7 | 346,5 | 155,8 | 265,4 | 177,3 | 40,9 | 31,2 | 84,8 | 114,1 | 168,0 | 496,7 | 376,8 | 2515,2 |
| 1954 | 114,8 | 90,9 | 139,8 | 279,3 | 247,4 | 92,1 | 117,0 | 255,5 | 38,9 | 130,3 | 132,0 | 274,2 | 1912,2 |
| 1955 | 474,6 | 92,1 | 103,0 | 314,4 | 137,5 | 101,3 | 20,0 | 24,0 | 77,4 | 162,4 | 420,4 | 385,0 | 2312,1 |
| 1956 | 140,1 | 163,2 | 256,9 | 280,6 | 152,2 | 62,9 | 55,2 | 105,9 | 53,3 | 117,2 | 305,3 | 319,7 | 2012,5 |
| 1957 | 166,6 | 335,8 | 269,2 | 334,6 | 102,9 | 103,3 | 98,9 | 24,8 | 196,5 | 141,5 | 243,1 | 650,0 | 2667,2 |
| 1958 | 130,3 | 178,6 | 258,5 | 228,5 | 149,2 | 98,3 | 77,3 | 27,8 | 134,2 | 222,1 | 330,5 | 230,7 | 2066,0 |
| 1959 | 213,4 | 136,7 | 428,6 | 80,7 | 114,3 | 56,5 | 34,7 | 190,3 | 44,7 | 104,1 | 362,4 | 374,2 | 2140,6 |
| 1960 | 214,1 | 255,2 | 332,2 | 66,3 | 90,7 | 52,2 | 110,2 | 247,4 | 65,5 | 176,7 | 233,3 | 432,8 | 2276,6 |
| 1961 | 613,6 | 277,4 | 326,8 | 149,8 | 108,0 | 61,7 | 153,0 | 4,3 | 48,3 | 18,0 | 180,0 | 346,1 | 2287,0 |
| 1962 | 454,9 | 706,4 | 197,4 | 188,2 | 159,6 | 55,3 | 91,6 | 26,6 | 96,6 | 216,7 | 248,7 | 412,4 | 2854,4 |
| 1963 | 267,9 | 238,9 | 128,7 | 103,4 | 85,9 | 42,0 | 29,9 | 40,3 | 3,3 | 90,3 | 307,5 | 200,9 | 1539,0 |
| 1964 | 444,0 | 338,6 | 300,8 | 186,8 | 101,6 | 91,4 | 113,8 | 77,4 | 66,6 | 198,5 | 266,0 | 732,3 | 2917,8 |
| 1965 | 467,8 | 360,6 | 149,7 | 272,6 | 131,9 | 42,7 | 67,8 | 53,1 | 121,6 | 247,3 | 311,4 | 325,4 | 2551,9 |
| 1966 | 568,1 | 76,2 | 416,6 | 406,6 | 132,4 | 14,0 | 161,0 | 107,0 | 97,7 | 222,4 | 527,4 | 217,8 | 2947,2 |
| 1967 | 825,7 | 302,9 | 479,6 | 300,2 | 120,6 | 74,0 | 198,1 | 26,6 | 127,2 | 66,4 | 206,6 | 558,7 | 3286,6 |
| 1968 | 207,6 | 476,2 | 435,4 | 169,2 | 89,3 | 91,0 | 154,0 | 105,1 | 117,7 | 99,1 | 203,2 | 255,6 | 2403,4 |

PCH MACAÉ

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1969 | 288,7 | 113,3 | 469,0 | 163,0 | 22,6 | 134,9 | 77,2 | 72,1 | 19,9 | 206,8 | 258,8 | 353,3 | 2179,6 |
| 1970 | 197,0 | 56,7 | 119,1 | 141,7 | 37,2 | 81,8 | 120,6 | 81,2 | 98,0 | 222,9 | 262,9 | 119,5 | 1538,6 |
| 1971 | 98,4 | 398,2 | 239,8 | 227,7 | 184,8 | 83,4 | 14,3 | 350,1 | 164,6 | 286,8 | 491,0 | 470,2 | 3009,3 |
| 1972 | 263,3 | 333,8 | 287,2 | 219,6 | 96,8 | 67,5 | 62,4 | 89,9 | 226,4 | 230,9 | 280,3 | 286,5 | 2444,6 |
| 1973 | 262,6 | 317,4 | 335,0 | 128,7 | 186,3 | 39,8 | 86,9 | 71,2 | 139,9 | 174,2 | 542,0 | 446,8 | 2730,8 |
| 1974 | 409,5 | 87,6 | 215,7 | 209,0 | 57,9 | 108,8 | 4,0 | 26,5 | 71,7 | 240,6 | 159,2 | 440,3 | 2030,8 |
| 1975 | 490,4 | 184,1 | 165,4 | 189,9 | 252,7 | 86,8 | 47,3 | 19,1 | 153,4 | 267,6 | 331,4 | 219,9 | 2408,0 |
| 1976 | 182,1 | 214,0 | 256,3 | 73,9 | 154,6 | 34,9 | 126,1 | 163,0 | 155,2 | 248,0 | 202,8 | 693,4 | 2504,3 |
| 1977 | 292,1 | 0,0 | 155,6 | 355,9 | 83,0 | 30,0 | 46,5 | 108,9 | 158,9 | 135,9 | 446,9 | 390,0 | 2203,7 |
| 1978 | 298,8 | 220,2 | 115,6 | 242,5 | 154,5 | 62,6 | 29,8 | 67,0 | 21,2 | 114,9 | 393,7 | 249,8 | 1970,6 |
| 1979 | 624,2 | 379,7 | 331,9 | 176,0 | 122,2 | 86,0 | 120,6 | 51,2 | 156,4 | 103,5 | 309,1 | 340,2 | 2801,0 |
| 1980 | 589,9 | 220,2 | 40,4 | 234,6 | 37,8 | 80,1 | 62,1 | 158,0 | 121,3 | 265,3 | 264,0 | 443,2 | 2516,9 |
| 1981 | 374,8 | 174,2 | 356,2 | 199,8 | 23,1 | 80,8 | 96,9 | 57,0 | 39,0 | 104,6 | 261,8 | 401,3 | 2169,5 |
| 1982 | 283,2 | 185,0 | 536,5 | 166,3 | 28,1 | 57,6 | 67,3 | 191,7 | 163,4 | 139,6 | 193,5 | 278,2 | 2290,4 |
| 1983 | 428,4 | 192,3 | 370,1 | 187,8 | 164,2 | 217,4 | 50,3 | 26,3 | 497,6 | 243,1 | 235,7 | 427,9 | 3041,1 |
| 1984 | 316,5 | 109,1 | 351,6 | 149,9 | 72,2 | 12,3 | 33,4 | 76,1 | 38,3 | 101,2 | 212,0 | 321,5 | 1794,1 |
| 1985 | 641,6 | 381,5 | 342,1 | 174,5 | 232,7 | 30,4 | 39,9 | 82,1 | 139,0 | 118,4 | 400,8 | 318,4 | 2901,4 |
| 1986 | 361,3 | 430,3 | 215,6 | 192,5 | 42,6 | 35,1 | 115,7 | 42,0 | 119,8 | 70,1 | 155,0 | 302,7 | 2082,7 |
| 1987 | 465,9 | 186,7 | 281,5 | 154,3 | 92,0 | 75,4 | 13,6 | 42,9 | 116,9 | 103,9 | 191,2 | 295,0 | 2019,3 |
| 1988 | 196,8 | 516,5 | 116,9 | 182,5 | 123,5 | 53,6 | 69,5 | 23,2 | 89,6 | 252,1 | 291,4 | 358,8 | 2274,4 |
| 1989 | 254,8 | 284,7 | 283,3 | 242,7 | 106,5 | 90,3 | 77,6 | 17,9 | 125,4 | 131,7 | 172,8 | 321,3 | 2109,0 |
| 1990 | 100,0 | 179,6 | 267,9 | 230,0 | 120,1 | 84,4 | 80,1 | 91,5 | 135,1 | 162,7 | 251,5 | 171,9 | 1874,8 |
| 1991 | 463,5 | 235,8 | 240,4 | 166,7 | 193,4 | 80,4 | 38,3 | 69,5 | 205,4 | 119,2 | 173,5 | 437,3 | 2423,4 |
| 1992 | 374,2 | 112,3 | 29,2 | 275,7 | 103,1 | 55,1 | 152,2 | 59,9 | 285,6 | 232,0 | 450,5 | 299,1 | 2428,9 |
| 1993 | 287,8 | 106,6 | 277,9 | 119,0 | 131,0 | 100,9 | 24,5 | 40,1 | 202,1 | 251,1 | 169,4 | 329,0 | 2039,4 |
| 1994 | 382,9 | 40,0 | 756,1 | 419,3 | 124,1 | 71,1 | 38,5 | 51,6 | 94,2 | 141,1 | 299,0 | 220,9 | 2638,8 |
| 1995 | 390,2 | 338,3 | 129,0 | 126,2 | 165,8 | 97,1 | 48,2 | 54,8 | 283,3 | 177,4 | 204,1 | 433,0 | 2447,4 |
| 1996 | 155,3 | 195,9 | 342,0 | 177,0 | 97,0 | 94,6 | 48,6 | 56,6 | 238,1 | 100,5 | 387,8 | 291,1 | 2184,5 |
| 1997 | 508,3 | 139,4 | 254,0 | 127,3 | 115,6 | 20,4 | 12,5 | 40,7 | 63,6 | 85,6 | 201,8 | 167,5 | 1736,7 |
| 1998 | 319,2 | 299,1 | 185,0 | 192,7 | 91,7 | 92,6 | 20,2 | 82,1 | 120,2 | 191,9 | 232,3 | 205,0 | 2032,0 |
| 1999 | 145,2 | 143,3 | 294,7 | 121,2 | 62,6 | 55,0 | 74,0 | 70,3 | 112,4 | 150,2 | 274,6 | 306,4 | 1809,9 |
| 2000 | 305,5 | 169,6 | 233,7 | 151,0 | 39,6 | 7,8 | 111,1 | 125,1 | 191,6 | 119,7 | 203,1 | 437,4 | 2095,2 |
| 2001 | 249,0 | 297,2 | 225,5 | 148,6 | 100,7 | 45,4 | 70,4 | 27,3 | 136,2 | 91,9 | 213,9 | 293,1 | 1899,2 |
| 2002 | 309,7 | 213,0 | 135,9 | 167,6 | 167,0 | 42,5 | 41,5 | 10,3 | 170,8 | 132,8 | 366,8 | 579,7 | 2337,6 |
| 2003 | 357,4 | 53,9 | 266,3 | 98,8 | 89,3 | 24,6 | 91,1 | 146,1 | 115,0 | 233,8 | 352,6 | 515,0 | 2343,9 |
| 2004 | 439,1 | 313,7 | 310,6 | 249,8 | 68,7 | 40,7 | 236,4 | 89,0 | 25,9 | 165,0 | 355,6 | 273,2 | 2567,7 |
| 2005 | 394,5 | 450,8 | 452,4 | 243,9 | 79,4 | 100,1 | 151,0 | 27,9 | 198,8 | 125,3 | 533,1 | 592,8 | 3350,0 |
| 2006 | 225,2 | 272,7 | 346,0 | 334,6 | 99,6 | 71,4 | 53,4 | 55,4 | 99,5 | 188,2 | 421,9 | 421,5 | 2589,4 |
| 2007 | 545,8 | 86,3 | 142,9 | 192,8 | 182,1 | 32,0 | 121,3 | 15,2 | 65,6 | 92,8 | 329,8 | 340,3 | 2146,9 |
| 2008 | 494,2 | 418,2 | 381,7 | 293,2 | 53,6 | 143,1 | 16,7 | 62,2 | 144,3 | 232,6 | 436,4 | 275,0 | 2951,2 |
| 2009 | 905,2 | 335,5 | 354,5 | 243,4 | 109,2 | 46,2 | 52,3 | 46,5 | 145,5 | 405,6 | 361,7 | 480,2 | 3485,8 |
| 2010 | 75,0 | 242,2 | 457,6 | 225,2 | 160,7 | 57,5 | 69,5 | 73,5 | 51,2 | 168,2 | 397,0 | 346,9 | 2324,5 |
| 2011 | 120,0 | 102,7 | 364,0 | 106,7 | 93,9 | 48,1 | 55,9 | 62,6 | 69,4 | 170,2 | 247,8 | 444,4 | 1885,7 |
| 2012 | 355,2 | 14,2 | 147,8 | 165,6 | 115,4 | 94,8 | 65,0 | 38,1 | 70,8 | 73,0 | 244,9 | 92,3 | 1477,1 |
| 2013 | 483,2 | 97,5 | 569,0 | 93,3 | 122,0 | 63,7 | 103,1 | 68,8 | 66,7 | 125,1 | 201,5 | 219,7 | 2213,6 |
| 2014 | 32,4 | 76,9 | 179,2 | 406,0 | 102,9 | 69,6 | 129,2 | 40,4 | 42,7 | 102,2 | 176,6 | 46,9 | 1405,0 |
| 2015 | 70,6 | 126,4 | 325,7 | 166,3 | 98,2 | 107,2 | 56,1 | 9,6 | 142,8 | 180,1 | 213,5 | 110,0 | 1606,5 |

PCH MACAÉ

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| 2016 | 241,0 | 137,7 | 126,6 | 16,8 | 61,0 | 77,0 | 15,2 | 29,8 | 114,8 | 111,7 | 392,1 | 225,3 | 1549,0 |
| 2017 | 168,0 | 107,9 | 341,8 | 140,5 | | | | | | | | | |
| Média | 337,1 | 233,6 | 281,9 | 201,3 | 113,5 | 69,9 | 77,9 | 75,0 | 120,8 | 164,4 | 293,1 | 347,4 | 2315,7 |

Tabela 4.12 – Precipitações Totais Médias Mensais – Posto Galdinópolis

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1950 | | | | | | | | | 38,8 | 146,7 | 224,6 | 268,0 | |
| 1951 | 411,9 | 357,2 | 415,9 | 110,5 | 60,8 | 40,5 | 52,0 | 34,7 | 8,3 | 79,8 | 95,5 | 390,1 | 2057,2 |
| 1952 | 451,5 | 460,1 | 200,6 | 206,0 | 52,8 | 80,7 | 143,6 | 86,7 | 166,6 | 143,3 | 256,7 | 372,1 | 2778,2 |
| 1953 | 152,3 | 266,4 | 133,3 | 202,6 | 132,9 | 21,1 | 10,4 | 58,7 | 81,8 | 152,2 | 407,5 | 328,9 | 1948,1 |
| 1954 | 77,4 | 51,3 | 166,3 | 168,4 | 152,7 | 38,2 | 77,7 | 177,3 | 28,9 | 115,2 | 84,0 | 289,5 | 1426,9 |
| 1955 | 487,1 | 47,0 | 87,9 | 206,1 | 145,8 | 60,1 | 5,6 | 13,6 | 50,5 | 104,7 | 304,8 | 459,1 | 1972,3 |
| 1956 | 41,6 | 179,8 | 232,7 | 230,6 | 123,8 | 72,0 | 44,1 | 76,9 | 48,1 | 104,2 | 247,0 | 350,2 | 1751,0 |
| 1957 | 184,2 | 280,7 | 217,8 | 309,7 | 97,7 | 57,6 | 70,2 | 16,7 | 174,3 | 141,3 | 187,1 | 609,0 | 2346,3 |
| 1958 | 170,9 | 155,6 | 178,5 | 195,1 | 124,6 | 77,0 | 58,7 | 27,0 | 168,1 | 130,8 | 340,8 | 222,9 | 1850,0 |
| 1959 | 182,2 | 167,3 | 464,5 | 76,6 | 55,3 | 23,3 | 20,0 | 105,9 | 11,2 | 49,4 | 250,3 | 255,4 | 1661,4 |
| 1960 | 221,3 | 260,3 | 370,9 | 42,7 | 23,6 | 32,6 | 178,3 | 94,1 | 39,3 | 123,8 | 246,6 | 357,0 | 1990,5 |
| 1961 | 657,3 | 270,7 | 331,4 | 92,6 | 82,9 | 44,8 | 62,1 | 4,6 | 28,3 | 16,1 | 212,1 | 281,4 | 2084,3 |
| 1962 | 487,8 | 493,4 | 136,0 | 101,9 | 142,4 | 37,9 | 38,6 | 13,1 | 58,7 | 178,2 | 206,9 | 394,9 | 2289,8 |
| 1963 | 175,5 | 174,8 | 83,0 | 106,9 | 50,3 | 39,8 | 10,7 | 31,3 | 1,8 | 64,8 | 295,6 | 160,6 | 1195,1 |
| 1964 | 404,4 | 310,6 | 234,2 | 125,5 | 78,3 | 46,5 | 125,8 | 38,6 | 45,0 | 152,3 | 168,8 | 570,9 | 2300,9 |
| 1965 | 383,0 | 426,8 | 155,0 | 165,8 | 103,4 | 32,1 | 43,8 | 45,1 | 61,5 | 168,2 | 247,4 | 234,7 | 2066,8 |
| 1966 | 617,2 | 51,0 | 219,6 | 280,7 | 80,3 | 4,5 | 65,1 | 52,1 | 34,6 | 208,9 | 472,8 | 253,3 | 2340,1 |
| 1967 | 724,9 | 374,4 | 330,6 | 170,5 | 90,5 | 72,7 | 129,5 | 5,5 | 32,0 | 67,7 | 159,6 | 344,7 | 2502,6 |
| 1968 | 319,0 | 416,8 | 173,3 | 98,0 | 32,3 | 35,8 | 63,1 | 74,4 | 94,6 | 113,5 | 127,0 | 297,9 | 1845,7 |
| 1969 | 474,5 | 134,8 | 399,2 | 158,0 | 20,7 | 91,4 | 83,3 | 62,0 | 22,1 | 134,4 | 292,8 | 273,5 | 2146,7 |
| 1970 | 190,7 | 54,1 | 145,1 | 123,7 | 17,8 | 57,3 | 88,4 | 86,5 | 93,3 | 123,8 | 210,7 | 142,6 | 1334,0 |
| 1971 | 112,7 | 255,1 | 245,7 | 144,1 | 85,3 | 110,7 | 7,2 | 171,0 | 161,6 | 141,8 | 375,7 | 411,3 | 2222,2 |
| 1972 | 180,8 | 286,6 | 312,4 | 124,7 | 100,5 | 24,7 | 60,7 | 34,5 | 87,4 | 182,4 | 217,5 | 327,0 | 1939,2 |
| 1973 | 195,3 | 294,9 | 203,8 | 103,7 | 130,7 | 28,4 | 68,3 | 48,9 | 86,5 | 134,4 | 322,4 | 345,1 | 1962,4 |
| 1974 | 364,1 | 136,8 | 225,1 | 160,3 | 33,1 | 85,3 | 0,0 | 10,3 | 25,0 | 214,4 | 130,8 | 385,9 | 1771,1 |
| 1975 | 453,8 | 169,9 | 121,7 | 155,6 | 157,2 | 57,6 | 50,9 | 2,0 | 109,9 | 221,2 | 255,7 | 193,1 | 1948,6 |
| 1976 | 195,3 | 209,5 | 196,6 | 41,5 | 121,1 | 36,0 | 47,7 | 88,6 | 144,7 | 179,2 | 201,5 | 569,2 | 2030,9 |
| 1977 | 192,7 | 8,4 | 167,5 | 226,1 | 70,2 | 9,7 | 42,3 | 40,5 | 154,2 | 88,1 | 415,9 | 329,5 | 1745,1 |
| 1978 | 474,1 | 207,0 | 76,8 | 204,0 | 114,8 | 52,4 | 36,0 | 58,6 | 15,8 | 96,7 | 371,1 | 207,0 | 1914,3 |
| 1979 | 433,5 | 439,9 | 282,4 | 143,8 | 71,1 | 49,6 | 72,0 | 46,7 | 110,5 | 84,5 | 350,5 | 300,5 | 2385,0 |
| 1980 | 552,2 | 210,0 | 45,1 | 225,9 | 52,1 | 31,7 | 25,0 | 91,1 | 59,3 | 165,4 | 220,4 | 433,8 | 2112,0 |
| 1981 | 375,1 | 128,7 | 341,3 | 237,0 | 12,2 | 46,3 | 80,7 | 33,2 | 27,9 | 92,3 | 246,4 | 582,8 | 2203,9 |
| 1982 | 258,6 | 151,5 | 463,7 | 173,2 | 20,8 | 58,1 | 58,6 | 118,0 | 85,0 | 170,8 | 251,6 | 290,5 | 2100,4 |
| 1983 | 384,5 | 157,0 | 327,0 | 175,0 | 130,3 | 184,2 | 38,9 | 17,0 | 304,2 | 172,0 | 251,6 | 305,4 | 2447,1 |
| 1984 | 279,6 | 92,8 | 272,0 | 115,8 | 65,5 | 4,4 | 23,4 | 73,4 | 29,6 | 90,9 | 278,8 | 260,6 | 1586,8 |
| 1985 | 537,7 | 303,7 | 285,7 | 127,6 | 83,0 | 12,3 | 24,6 | 41,2 | 62,8 | 77,1 | 269,7 | 314,7 | 2140,1 |
| 1986 | 327,2 | 305,1 | 231,8 | 247,9 | 46,0 | 26,6 | 99,2 | 37,1 | 106,8 | 53,0 | 164,0 | 483,7 | 2128,4 |
| 1987 | 330,0 | 137,6 | 345,0 | 142,4 | 67,6 | 51,2 | 17,8 | 34,0 | 63,6 | 59,6 | 195,0 | 311,4 | 1755,2 |
| 1988 | 210,7 | 372,6 | 121,9 | 174,3 | 91,6 | 38,3 | 31,6 | 10,1 | 20,0 | 191,1 | 275,0 | 278,5 | 1815,7 |
| 1989 | 336,6 | 263,6 | 294,9 | 227,8 | 66,9 | 102,2 | 60,3 | 23,1 | 104,6 | 71,8 | 161,6 | 301,8 | 2015,2 |
| 1990 | 123,2 | 165,7 | 259,8 | 227,0 | 90,0 | 53,5 | 79,8 | 56,5 | 124,9 | 138,5 | 250,5 | 180,2 | 1749,6 |

PCH MACAÉ

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1991 | 665,0 | 219,2 | 192,5 | 102,6 | 74,8 | 61,0 | 9,1 | 10,3 | 129,4 | 90,2 | 108,7 | 435,0 | 2097,8 |
| 1992 | 406,4 | 92,4 | 20,6 | 171,4 | 117,8 | 30,6 | 44,6 | 27,2 | 292,8 | 149,0 | 315,6 | 340,0 | 2008,4 |
| 1993 | 269,8 | 112,8 | 299,6 | 101,2 | 58,8 | 32,6 | 16,2 | 5,0 | 128,0 | 121,4 | 130,4 | 266,9 | 1542,7 |
| 1994 | 388,3 | 50,4 | 556,6 | 291,2 | 100,3 | 60,8 | 24,0 | 23,4 | 32,9 | 158,1 | 170,9 | 209,5 | 2066,4 |
| 1995 | 224,2 | 323,2 | 105,8 | 93,3 | 115,5 | 20,6 | 40,7 | 37,2 | 213,0 | 110,8 | 174,9 | 364,2 | 1823,4 |
| 1996 | 182,7 | 247,5 | 222,7 | 134,3 | 48,4 | 47,8 | 7,6 | 39,8 | 217,6 | 97,1 | 314,6 | 370,7 | 1930,8 |
| 1997 | 450,5 | 128,0 | 299,8 | 85,4 | 54,8 | 22,2 | 8,8 | 35,0 | 59,5 | 115,4 | 218,8 | 211,7 | 1689,9 |
| 1998 | 409,4 | 376,9 | 175,2 | 100,8 | 83,4 | 26,8 | 9,3 | 50,9 | 93,0 | 222,3 | 300,2 | 248,6 | 2096,8 |
| 1999 | 327,1 | 170,4 | 285,0 | 122,9 | 33,6 | 40,8 | 23,3 | 25,7 | 74,2 | 102,2 | 231,1 | 308,3 | 1744,6 |
| 2000 | 394,6 | 128,8 | 170,8 | 109,2 | 37,1 | 4,2 | 62,9 | 89,3 | 128,8 | 88,3 | 191,1 | 374,4 | 1779,5 |
| 2001 | 187,5 | 170,7 | 254,7 | 133,1 | 59,4 | 10,9 | 14,6 | 10,0 | 70,1 | 85,1 | 238,7 | 338,9 | 1573,7 |
| 2002 | 287,1 | 214,3 | 199,7 | 79,4 | 89,0 | 19,0 | 31,4 | 18,5 | 109,0 | 83,0 | 269,1 | 625,2 | 2024,7 |
| 2003 | 259,5 | 49,6 | 196,0 | 92,1 | 38,4 | 7,0 | 37,7 | 87,2 | 47,1 | 156,0 | 243,5 | 314,2 | 1528,3 |
| 2004 | 339,7 | 292,7 | 258,8 | 237,3 | 65,9 | 38,3 | 161,5 | 31,0 | 17,2 | 151,8 | 257,0 | 366,8 | 2218,0 |
| 2005 | 343,6 | 426,3 | 324,4 | 113,7 | 57,3 | 62,9 | 87,6 | 17,0 | 87,0 | 128,8 | 295,4 | 447,8 | 2391,8 |
| 2006 | 126,5 | 271,9 | 236,8 | 234,1 | 57,1 | 49,5 | 36,6 | 28,5 | 37,2 | 195,0 | 353,4 | 352,0 | 1978,6 |
| 2007 | 581,2 | 128,9 | 131,2 | 143,6 | 74,4 | 15,7 | 31,8 | 2,7 | 27,8 | 53,9 | 235,8 | 287,1 | 1714,1 |
| 2008 | 378,8 | 410,8 | 367,4 | 150,3 | 61,9 | 26,0 | 8,7 | 44,5 | 105,6 | 141,1 | 289,9 | 339,6 | 2324,6 |
| 2009 | 493,1 | 270,0 | 309,5 | 119,9 | 74,0 | 30,9 | 36,1 | 15,6 | 97,7 | 296,0 | 364,4 | 384,2 | 2491,4 |
| 2010 | 91,9 | 145,8 | 347,9 | 162,9 | 94,4 | 51,1 | 92,6 | 26,3 | 20,5 | 106,9 | 311,9 | 557,0 | 2009,2 |
| 2011 | 267,4 | 124,2 | 402,2 | 111,7 | 46,4 | 49,4 | 34,5 | 32,1 | 48,9 | 160,3 | 272,9 | 386,8 | 1936,8 |
| 2012 | 418,8 | 45,1 | 147,0 | 175,8 | 101,1 | 55,3 | 40,4 | 20,4 | 82,4 | 61,4 | 304,6 | 101,8 | 1554,1 |
| 2013 | 410,0 | 128,7 | 383,1 | 43,7 | 84,7 | 37,0 | 90,1 | 36,7 | 77,7 | 115,1 | 256,0 | 327,6 | 1990,4 |
| 2014 | 65,5 | 120,3 | 90,3 | 269,1 | 79,0 | 59,7 | 50,5 | 38,8 | 46,0 | 84,2 | 196,0 | 162,7 | 1262,1 |
| 2015 | 185,1 | 117,1 | 264,2 | 89,6 | 64,3 | 83,6 | 33,0 | 6,4 | 57,3 | 120,9 | 346,4 | 255,3 | 1623,2 |
| 2016 | 378,3 | 244,8 | 195,3 | 33,6 | 51,5 | 74,8 | 0,0 | 19,3 | 82,1 | 104,3 | 451,2 | 258,9 | 1894,1 |
| 2017 | 145,2 | 81,1 | 295,9 | | | | | | | | | | |
| Média | 325,5 | 213,8 | 242,2 | 152,3 | 77,3 | 46,2 | 50,4 | 44,2 | 82,9 | 126,0 | 255,0 | 332,9 | 1948,8 |

Tabela 4.13 - Precipitações Totais Médias Mensais - Posto Fazenda São João

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1950 | | | | | | | | | 46,9 | 163,5 | 253,9 | 304,0 | |
| 1951 | 464,7 | 401,9 | 495,9 | 117,1 | 64,5 | 56,2 | 58,6 | 34,6 | 14,6 | 93,1 | 124,9 | 404,8 | 2331,0 |
| 1952 | 460,2 | 540,3 | 199,8 | 203,9 | 58,7 | 81,8 | 159,3 | 93,1 | 170,3 | 174,8 | 278,0 | 402,0 | 2822,2 |
| 1953 | 226,4 | 320,8 | 144,0 | 198,1 | 138,6 | 29,3 | 17,3 | 60,2 | 91,5 | 154,1 | 461,1 | 359,0 | 2200,4 |
| 1954 | 106,2 | 73,9 | 154,4 | 186,5 | 175,5 | 60,2 | 86,9 | 181,6 | 31,8 | 118,0 | 109,2 | 287,4 | 1571,6 |
| 1955 | 533,5 | 72,2 | 95,1 | 218,0 | 130,8 | 77,2 | 10,5 | 15,4 | 59,2 | 125,7 | 368,2 | 430,9 | 2136,7 |
| 1956 | 99,8 | 181,0 | 244,4 | 217,5 | 124,3 | 69,1 | 45,2 | 77,2 | 48,4 | 106,4 | 281,5 | 341,7 | 1836,3 |
| 1957 | 194,7 | 323,3 | 242,0 | 276,4 | 91,7 | 76,5 | 76,0 | 17,3 | 176,7 | 137,0 | 218,9 | 641,0 | 2471,6 |
| 1958 | 167,4 | 175,4 | 215,9 | 180,7 | 123,6 | 86,3 | 61,6 | 24,0 | 148,7 | 165,1 | 345,0 | 231,0 | 1924,9 |
| 1959 | 219,1 | 160,8 | 448,8 | 67,6 | 72,8 | 36,9 | 24,0 | 120,8 | 23,9 | 70,9 | 310,6 | 319,5 | 1875,6 |
| 1960 | 241,5 | 271,5 | 353,7 | 45,6 | 46,7 | 40,8 | 141,4 | 132,9 | 48,2 | 142,2 | 246,9 | 401,6 | 2112,9 |
| 1961 | 705,2 | 288,4 | 329,9 | 101,1 | 85,5 | 52,0 | 91,3 | 4,0 | 35,1 | 16,4 | 202,5 | 319,0 | 2230,4 |
| 1962 | 523,1 | 626,7 | 164,7 | 120,0 | 137,2 | 45,3 | 55,4 | 15,9 | 71,4 | 188,8 | 232,4 | 411,1 | 2592,2 |
| 1963 | 245,0 | 216,3 | 104,3 | 90,9 | 59,5 | 41,1 | 17,0 | 30,5 | 2,3 | 73,5 | 309,2 | 183,7 | 1373,4 |
| 1964 | 470,1 | 341,1 | 265,5 | 131,0 | 80,6 | 65,0 | 113,0 | 46,6 | 51,8 | 167,0 | 219,8 | 662,2 | 2613,9 |
| 1965 | 471,0 | 416,1 | 152,9 | 182,7 | 105,6 | 36,7 | 49,7 | 42,3 | 82,9 | 196,2 | 284,6 | 231,9 | 2252,5 |

PCH MACAÉ

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1966 | 617,3 | 58,9 | 287,8 | 279,0 | 87,3 | 6,6 | 92,2 | 47,8 | 54,1 | 202,5 | 511,9 | 263,2 | 2508,6 |
| 1967 | 792,8 | 359,4 | 437,3 | 203,0 | 111,7 | 79,2 | 111,3 | 8,8 | 49,1 | 93,1 | 182,8 | 401,0 | 2829,5 |
| 1968 | 279,2 | 295,8 | 287,5 | 84,6 | 45,4 | 42,5 | 143,3 | 75,5 | 102,9 | 103,7 | 109,2 | 368,9 | 1938,5 |
| 1969 | 466,1 | 206,0 | 318,4 | 144,6 | 20,2 | 110,2 | 53,8 | 74,7 | 31,6 | 107,2 | 386,8 | 345,9 | 2265,5 |
| 1970 | 250,9 | 53,9 | 166,9 | 104,3 | 40,9 | 51,4 | 83,0 | 71,9 | 105,0 | 128,9 | 239,0 | 238,9 | 1535,0 |
| 1971 | 135,0 | 334,3 | 281,2 | 132,9 | 88,0 | 105,6 | 11,5 | 231,1 | 169,6 | 146,7 | 362,2 | 396,5 | 2394,6 |
| 1972 | 150,3 | 386,9 | 298,6 | 167,0 | 99,8 | 39,6 | 88,5 | 31,4 | 108,2 | 201,0 | 276,7 | 318,3 | 2166,3 |
| 1973 | 322,6 | 328,7 | 183,6 | 171,0 | 154,9 | 36,0 | 90,6 | 60,3 | 78,6 | 190,2 | 360,8 | 307,9 | 2285,2 |
| 1974 | 229,5 | 189,9 | 274,2 | 208,2 | 43,5 | 72,2 | 5,3 | 14,2 | 34,6 | 145,5 | 123,4 | 392,0 | 1732,5 |
| 1975 | 439,4 | 180,7 | 153,7 | 189,6 | 166,9 | 83,3 | 38,2 | 0,0 | 87,6 | 185,8 | 210,8 | 271,9 | 2007,9 |
| 1976 | 271,0 | 248,5 | 167,4 | 63,0 | 111,5 | 34,1 | 62,0 | 101,2 | 150,9 | 226,8 | 252,2 | 538,0 | 2226,6 |
| 1977 | 421,1 | 42,0 | 176,0 | 220,0 | 71,5 | 10,0 | 45,4 | 34,9 | 114,3 | 142,9 | 436,3 | 351,0 | 2065,4 |
| 1978 | 428,0 | 269,2 | 170,0 | 204,5 | 121,6 | 37,4 | 39,4 | 62,9 | 15,2 | 113,6 | 353,1 | 235,0 | 2049,9 |
| 1979 | 473,9 | 391,0 | 328,0 | 144,6 | 77,4 | 67,0 | 133,3 | 72,0 | 111,3 | 150,6 | 315,6 | 247,0 | 2511,7 |
| 1980 | 458,0 | 178,4 | 85,6 | 214,2 | 51,3 | 73,8 | 51,1 | 134,0 | 44,0 | 183,5 | 325,8 | 493,8 | 2293,5 |
| 1981 | 530,7 | 263,0 | 243,0 | 267,6 | 13,5 | 45,5 | 147,7 | 33,5 | 29,0 | 133,3 | 292,0 | 383,6 | 2382,4 |
| 1982 | 284,0 | 291,5 | 418,5 | 203,6 | 27,0 | 91,0 | 61,0 | 117,0 | 80,0 | 204,0 | 173,8 | 344,4 | 2295,8 |
| 1983 | 406,0 | 184,6 | 290,4 | 168,2 | 153,8 | 171,6 | 66,2 | 13,2 | 339,8 | 163,4 | 264,2 | 427,8 | 2649,2 |
| 1984 | 291,4 | 107,6 | 360,8 | 120,6 | 100,6 | 5,0 | 38,1 | 111,4 | 49,0 | 72,2 | 280,0 | 321,8 | 1858,5 |
| 1985 | 608,1 | 327,0 | 270,2 | 154,3 | 77,5 | 18,4 | 36,0 | 52,0 | 87,1 | 80,0 | 359,2 | 259,4 | 2329,2 |
| 1986 | 368,6 | 309,1 | 198,7 | 257,8 | 53,9 | 20,0 | 84,0 | 30,3 | 89,7 | 79,2 | 186,0 | 458,9 | 2136,2 |
| 1987 | 352,2 | 182,9 | 317,1 | 168,3 | 80,0 | 70,3 | 11,9 | 40,8 | 69,3 | 71,4 | 162,2 | 314,4 | 1840,8 |
| 1988 | 271,6 | 461,3 | 116,0 | 154,9 | 106,1 | 73,7 | 45,2 | 8,8 | 23,2 | 175,4 | 353,3 | 318,2 | 2107,7 |
| 1989 | 354,0 | 409,5 | 218,7 | 279,1 | 87,1 | 95,6 | 103,2 | 12,6 | 119,8 | 72,9 | 179,0 | 337,7 | 2269,2 |
| 1990 | 195,0 | 239,2 | 327,2 | 166,8 | 116,7 | 32,0 | 102,6 | 61,6 | 99,3 | 167,3 | 205,4 | 254,7 | 1967,8 |
| 1991 | 664,0 | 272,8 | 293,5 | 147,1 | 96,5 | 69,8 | 28,4 | 0,0 | 156,6 | 135,9 | 106,0 | 342,7 | 2313,3 |
| 1992 | 475,6 | 99,3 | 65,4 | 161,1 | 52,0 | 48,7 | 58,8 | 31,4 | 261,8 | 211,8 | 399,6 | 297,3 | 2162,8 |
| 1993 | 307,5 | 216,2 | 352,1 | 112,1 | 74,2 | 42,4 | 15,4 | 15,4 | 127,0 | 100,1 | 157,4 | 272,0 | 1791,8 |
| 1994 | 481,1 | 39,1 | 532,1 | 269,5 | 143,8 | 100,8 | 26,7 | 11,5 | 41,7 | 147,4 | 256,1 | 550,7 | 2600,5 |
| 1995 | 289,2 | 286,1 | 71,7 | 110,5 | 114,5 | 35,3 | 25,6 | 26,5 | 130,5 | 188,6 | 188,3 | 324,1 | 1790,9 |
| 1996 | 274,9 | 331,7 | 293,1 | 41,7 | 46,9 | 35,7 | 10,9 | 43,9 | 211,9 | 97,0 | 364,8 | 512,1 | 2264,6 |
| 1997 | 511,4 | 195,7 | 173,1 | 96,2 | 113,8 | 31,2 | 11,3 | 58,3 | 62,5 | 200,8 | 242,6 | 225,9 | 1922,8 |
| 1998 | 417,1 | 489,5 | 236,8 | 123,9 | 123,8 | 34,6 | 12,0 | 80,6 | 132,0 | 226,8 | 255,5 | 303,5 | 2436,1 |
| 1999 | 326,6 | 159,0 | 344,2 | 159,8 | 47,8 | 67,5 | 28,9 | 41,0 | 75,0 | 116,0 | 257,0 | 318,7 | 1941,5 |
| 2000 | 447,6 | 232,7 | 230,8 | 117,7 | 49,7 | 10,5 | 73,4 | 102,1 | 129,7 | 141,8 | 218,4 | 315,8 | 2070,2 |
| 2001 | 321,1 | 72,0 | 12,5 | 16,7 | 107,0 | 13,8 | 20,8 | 8,1 | 73,4 | 106,7 | 265,3 | 391,2 | 1408,6 |
| 2002 | 407,1 | 218,8 | 349,5 | 51,8 | 162,6 | 70,1 | 50,8 | 49,6 | 124,8 | 79,1 | 222,9 | 545,6 | 2332,7 |
| 2003 | 419,3 | 58,5 | 256,7 | 44,1 | 31,9 | 37,0 | 23,9 | 53,5 | 101,4 | 162,1 | 353,2 | 312,2 | 1853,8 |
| 2004 | 452,2 | 347,2 | 178,3 | 193,0 | 50,2 | 41,2 | 211,8 | 52,3 | 14,2 | 140,7 | 446,9 | 329,8 | 2457,8 |
| 2005 | 409,5 | 390,2 | 308,5 | 124,2 | 71,9 | 64,1 | 81,3 | 53,1 | 78,0 | 75,8 | 346,4 | 486,4 | 2489,4 |
| 2006 | 187,8 | 238,2 | 166,7 | 217,6 | 61,9 | 48,0 | 33,9 | 33,2 | 88,8 | 143,1 | 413,8 | 347,8 | 1980,8 |
| 2007 | 741,8 | 108,6 | 163,8 | 114,2 | 107,6 | 28,4 | 76,8 | 11,0 | 49,3 | 38,0 | 210,4 | 158,2 | 1808,1 |
| 2008 | 297,4 | 193,6 | 418,2 | 155,6 | 57,0 | 30,3 | 8,1 | 40,0 | 91,3 | 96,2 | 361,9 | 277,6 | 2027,2 |
| 2009 | 596,0 | 249,0 | 224,4 | 124,0 | 95,0 | 39,3 | 44,5 | 37,8 | 100,5 | 304,8 | 410,5 | 511,2 | 2737,0 |
| 2010 | 99,4 | 177,6 | 444,5 | 140,6 | 67,7 | 70,1 | 81,6 | 19,4 | 35,9 | 151,4 | 322,4 | 506,7 | 2117,3 |
| 2011 | 305,9 | 154,8 | 388,3 | 104,1 | 79,7 | 50,9 | 19,8 | 34,0 | 30,0 | 161,6 | 317,1 | 393,8 | 2040,0 |
| 2012 | 564,0 | 156,6 | 157,5 | 134,6 | 106,5 | 63,8 | 48,1 | 48,6 | 78,2 | 63,1 | 307,6 | 217,3 | 1945,9 |

PCH MACAÉ

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 2013 | 339,8 | 191,3 | 420,6 | 72,4 | 119,3 | 44,3 | 98,8 | 49,5 | 88,2 | 167,7 | 233,5 | 278,0 | 2103,4 |
| 2014 | 121,3 | 129,6 | 138,4 | 303,6 | 104,2 | 71,4 | 81,7 | 46,6 | 36,5 | 93,1 | 175,7 | 186,8 | 1488,9 |
| 2015 | 191,2 | 356,8 | 311,0 | 168,3 | 99,0 | 106,3 | 25,7 | 9,4 | 96,8 | 74,3 | 241,1 | 245,4 | 1925,3 |
| 2016 | 405,5 | 381,5 | 319,9 | 40,9 | 43,8 | 86,9 | 5,9 | 37,7 | 132,7 | 149,7 | 538,5 | 346,1 | 2489,1 |
| 2017 | 325,9 | 123,6 | 550,5 | 143,7 | 85,9 | | | | | | | | |
| Média | 371,7 | 247,4 | 259,6 | 153,7 | 88,3 | 55,6 | 60,0 | 51,4 | 88,0 | 137,4 | 280,0 | 351,0 | 2144,1 |

Tabela 4.14 - Precipitações Totais Médias Mensais - Posto Maria Mendonça

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1950 | | | | | | | | | 42,0 | 166,6 | 218,9 | 249,0 | |
| 1951 | 333,2 | 269,9 | 322,9 | 87,7 | 50,6 | 44,3 | 48,3 | 31,7 | 13,1 | 94,8 | 107,7 | 331,5 | 1740,8 |
| 1952 | 330,0 | 362,8 | 130,1 | 152,8 | 46,0 | 64,4 | 131,3 | 85,1 | 152,5 | 178,1 | 239,7 | 329,2 | 2204,2 |
| 1953 | 162,3 | 215,4 | 93,8 | 148,4 | 108,8 | 23,0 | 14,3 | 55,0 | 82,0 | 157,0 | 397,6 | 294,0 | 1753,1 |
| 1954 | 76,2 | 49,6 | 100,5 | 139,7 | 137,7 | 47,4 | 71,6 | 166,1 | 28,5 | 120,2 | 94,1 | 235,3 | 1268,6 |
| 1955 | 382,5 | 48,5 | 61,9 | 163,4 | 102,7 | 60,8 | 8,7 | 14,1 | 53,0 | 128,1 | 317,5 | 352,8 | 1694,9 |
| 1956 | 71,6 | 121,5 | 159,1 | 163,0 | 97,5 | 54,4 | 37,3 | 70,6 | 43,3 | 108,4 | 242,7 | 279,8 | 1451,7 |
| 1957 | 139,6 | 217,1 | 157,6 | 207,1 | 71,9 | 60,3 | 62,7 | 15,9 | 158,3 | 139,6 | 188,7 | 524,9 | 1946,1 |
| 1958 | 120,1 | 117,8 | 140,6 | 135,4 | 97,0 | 68,0 | 50,8 | 22,0 | 133,2 | 168,2 | 297,5 | 189,2 | 1541,8 |
| 1959 | 157,1 | 107,9 | 292,2 | 50,7 | 57,1 | 29,0 | 19,8 | 110,5 | 21,4 | 72,2 | 267,8 | 261,6 | 1452,0 |
| 1960 | 173,2 | 182,3 | 230,3 | 34,2 | 36,6 | 32,1 | 116,6 | 121,5 | 43,1 | 144,9 | 212,9 | 328,9 | 1660,2 |
| 1961 | 505,7 | 193,6 | 214,8 | 75,8 | 67,1 | 41,0 | 75,2 | 3,6 | 31,5 | 16,7 | 174,6 | 261,2 | 1664,2 |
| 1962 | 375,1 | 420,8 | 107,2 | 89,9 | 107,7 | 35,6 | 45,7 | 14,6 | 64,0 | 192,4 | 200,4 | 336,7 | 1991,8 |
| 1963 | 175,7 | 145,2 | 67,9 | 68,1 | 46,7 | 32,3 | 14,0 | 27,9 | 2,1 | 74,9 | 266,6 | 150,5 | 1073,0 |
| 1964 | 337,1 | 229,0 | 172,9 | 98,2 | 63,2 | 51,2 | 93,1 | 42,7 | 46,4 | 170,1 | 189,5 | 542,3 | 2038,5 |
| 1965 | 337,8 | 279,4 | 99,5 | 136,9 | 82,9 | 28,9 | 40,9 | 38,7 | 74,2 | 199,9 | 245,4 | 103,9 | 1669,9 |
| 1966 | 384,6 | 29,6 | 156,8 | 194,2 | 59,4 | 2,4 | 69,8 | 14,6 | 41,2 | 194,8 | 441,8 | 252,8 | 1842,0 |
| 1967 | 473,6 | 242,8 | 333,0 | 163,6 | 115,0 | 54,0 | 132,5 | 16,1 | 11,0 | 43,0 | 184,7 | 234,4 | 2003,7 |
| 1968 | 194,6 | 183,9 | 181,2 | 50,8 | 17,2 | 25,2 | 84,0 | 87,4 | 42,0 | 158,6 | 50,0 | 140,6 | 1215,5 |
| 1969 | 191,4 | 147,2 | 192,8 | 145,4 | 64,4 | 171,8 | 127,6 | 90,8 | 95,0 | 226,6 | 248,0 | 226,2 | 1927,2 |
| 1970 | 158,0 | 123,0 | 125,0 | 168,8 | 41,0 | 56,6 | 150,8 | 120,8 | 129,0 | 162,6 | 290,4 | 218,2 | 1744,2 |
| 1971 | 95,5 | 189,2 | 159,0 | 122,8 | 87,2 | 101,8 | 37,0 | 224,2 | 121,8 | 216,4 | 383,7 | 303,7 | 2042,3 |
| 1972 | 141,6 | 243,7 | 147,7 | 175,0 | 54,6 | 35,9 | 61,8 | 53,7 | 162,8 | 91,2 | 215,7 | 341,2 | 1724,9 |
| 1973 | 284,0 | 224,4 | 128,0 | 101,4 | 58,8 | 35,5 | 26,7 | 34,8 | 36,7 | 142,7 | 201,5 | 233,8 | 1508,3 |
| 1974 | 221,3 | 141,1 | 149,7 | 136,4 | 61,4 | 56,8 | 12,4 | 1,2 | 14,8 | 176,9 | 82,3 | 310,1 | 1364,4 |
| 1975 | 344,7 | 237,0 | 27,0 | 51,9 | 102,7 | 39,0 | 24,6 | 7,6 | 59,4 | 191,0 | 197,5 | 89,1 | 1371,5 |
| 1976 | 78,0 | 59,1 | 95,2 | 80,3 | 78,4 | 34,0 | 93,7 | 79,5 | 193,1 | 163,3 | 141,7 | 291,8 | 1388,1 |
| 1977 | 187,7 | 26,2 | 79,3 | 255,7 | 48,0 | 55,2 | 12,0 | 36,4 | 184,3 | 150,9 | 438,1 | 310,4 | 1784,2 |
| 1978 | 133,9 | 191,6 | 88,9 | 136,0 | 132,0 | 49,8 | 60,4 | 58,2 | 41,5 | 136,6 | 290,3 | 147,1 | 1466,3 |
| 1979 | 295,2 | 433,8 | 136,1 | 96,6 | 63,0 | 76,2 | 38,9 | 45,6 | 62,9 | 149,8 | 318,9 | 201,0 | 1918,0 |
| 1980 | 425,7 | 106,8 | 52,2 | 186,6 | 60,5 | 35,0 | 26,2 | 30,0 | 34,5 | 234,4 | 243,5 | 421,8 | 1857,2 |
| 1981 | 169,3 | 168,8 | 160,0 | 185,1 | 46,7 | 21,4 | 78,8 | 16,4 | 35,2 | 172,4 | 327,6 | 330,2 | 1711,9 |
| 1982 | 328,4 | 143,4 | 361,6 | 132,6 | 47,8 | 19,2 | 15,7 | 53,4 | 42,3 | 192,5 | 104,9 | 349,8 | 1791,6 |
| 1983 | 325,5 | 120,1 | 180,6 | 277,2 | 101,8 | 159,0 | 30,6 | 2,0 | 325,4 | 209,4 | 201,1 | 207,6 | 2140,3 |
| 1984 | 167,4 | 74,8 | 243,8 | 112,8 | 22,2 | 5,0 | 37,0 | 115,8 | 91,4 | 74,6 | 168,9 | 276,0 | 1389,7 |
| 1985 | 433,2 | 232,6 | 157,0 | 32,4 | 39,3 | 15,0 | 29,4 | 39,2 | 95,3 | 118,6 | 178,8 | 266,1 | 1636,9 |
| 1986 | 225,8 | 243,4 | 118,8 | 132,5 | 27,6 | 32,2 | 55,8 | 24,2 | 80,8 | 18,2 | 145,0 | 347,7 | 1452,0 |
| 1987 | 270,5 | 60,2 | 277,4 | 132,0 | 105,9 | 42,2 | 13,2 | 3,2 | 100,2 | 79,6 | 301,0 | 407,2 | 1792,6 |

PCH MACAÉ

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1988 | 168,4 | 333,2 | 120,7 | 101,2 | 137,7 | 29,6 | 34,4 | 3,0 | 11,0 | 146,2 | 224,8 | 252,2 | 1562,4 |
| 1989 | 250,0 | 142,6 | 230,7 | 109,3 | 83,6 | 89,4 | 91,6 | 10,0 | 151,6 | 170,6 | 207,3 | 285,3 | 1822,0 |
| 1990 | 172,1 | 233,4 | 144,6 | 132,6 | 66,0 | 20,2 | 41,8 | 64,8 | 91,4 | 105,8 | 120,4 | 174,0 | 1367,1 |
| 1991 | 449,3 | 178,3 | 222,7 | 61,6 | 41,4 | 45,2 | 23,0 | 38,7 | 125,0 | 94,2 | 179,0 | 267,0 | 1725,4 |
| 1992 | 281,5 | 87,0 | 71,6 | 81,0 | 94,4 | 11,0 | 46,8 | 17,2 | 199,7 | 98,8 | 413,4 | 252,2 | 1654,6 |
| 1993 | 266,7 | 122,7 | 130,6 | 99,7 | 67,4 | 48,0 | 26,8 | 25,0 | 129,4 | 140,0 | 109,0 | 243,8 | 1409,1 |
| 1994 | 267,3 | 54,4 | 295,3 | 137,3 | 138,6 | 52,4 | 37,0 | 7,0 | 13,2 | 43,5 | 158,3 | 293,5 | 1497,8 |
| 1995 | 251,6 | 162,0 | 168,5 | 147,8 | 70,0 | 33,2 | 59,9 | 23,9 | 102,5 | 234,8 | 237,5 | 163,9 | 1655,6 |
| 1996 | 190,2 | 94,9 | 205,5 | 74,9 | 55,7 | 37,6 | 12,0 | 51,2 | 197,5 | 178,3 | 407,4 | 415,5 | 1920,7 |
| 1997 | 366,6 | 53,9 | 140,2 | 71,0 | 34,4 | 40,2 | 3,0 | 15,4 | 64,8 | 147,4 | 202,3 | 301,7 | 1440,9 |
| 1998 | 182,3 | 338,4 | 100,4 | 97,2 | 85,0 | 22,0 | 4,0 | 52,2 | 64,9 | 262,0 | 230,9 | 279,8 | 1719,1 |
| 1999 | 349,6 | 133,2 | 130,5 | 90,8 | 28,4 | 55,3 | 43,2 | 34,0 | 63,8 | 119,0 | 193,2 | 368,4 | 1609,4 |
| 2000 | 294,9 | 259,7 | 160,5 | 58,4 | 31,2 | 9,2 | 67,7 | 46,2 | 105,9 | 59,6 | 244,3 | 247,9 | 1585,5 |
| 2001 | 131,1 | 144,0 | 101,1 | 25,7 | 69,2 | 12,4 | 4,4 | 18,5 | 80,9 | 188,4 | 287,4 | 401,3 | 1464,4 |
| 2002 | 192,2 | 183,4 | 91,5 | 48,6 | 38,1 | 13,4 | 37,8 | 35,7 | 88,1 | 77,5 | 196,7 | 392,9 | 1395,9 |
| 2003 | 480,0 | 64,5 | 143,8 | 68,9 | 70,0 | 3,2 | 41,7 | 90,4 | 26,5 | 159,7 | 124,4 | 331,2 | 1604,3 |
| 2004 | 220,1 | 177,0 | 189,9 | 106,7 | 70,0 | 24,0 | 106,4 | 100,9 | 54,0 | 143,4 | 251,5 | 397,7 | 1841,6 |
| 2005 | 280,5 | 342,7 | 268,2 | 68,1 | 60,4 | 59,6 | 64,7 | 49,8 | 82,7 | 79,2 | 243,3 | 287,3 | 1886,5 |
| 2006 | 155,2 | 171,1 | 103,2 | 76,6 | 19,5 | 24,9 | 32,7 | 29,1 | 52,4 | 165,1 | 400,0 | 438,3 | 1668,1 |
| 2007 | 611,7 | 82,1 | 97,0 | 100,7 | 84,4 | 21,0 | 20,6 | 11,7 | 51,5 | 121,9 | 151,7 | 295,2 | 1649,5 |
| 2008 | 297,5 | 262,8 | 224,5 | 132,0 | 19,2 | 27,6 | 13,5 | 31,5 | 74,9 | 147,1 | 405,7 | 360,3 | 1996,6 |
| 2009 | 431,4 | 151,8 | 185,2 | 115,7 | 28,0 | 107,2 | 33,2 | 29,7 | 124,0 | 196,7 | 217,5 | 449,3 | 2069,7 |
| 2010 | 89,3 | 107,9 | 312,9 | 139,2 | 67,2 | 18,7 | 103,3 | 18,3 | 27,9 | 124,2 | 244,0 | 373,7 | 1626,6 |
| 2011 | 272,3 | 129,7 | 335,4 | 67,2 | 90,9 | 29,9 | 29,6 | 52,0 | 15,4 | 202,7 | 225,1 | 325,7 | 1775,9 |
| 2012 | 556,3 | 91,3 | 159,1 | 60,9 | 112,7 | 80,9 | 25,3 | 85,9 | 52,5 | 50,7 | 382,8 | 159,5 | 1817,9 |
| 2013 | 238,6 | 153,1 | 294,2 | 45,4 | 57,1 | 34,2 | 86,1 | 96,6 | 73,3 | 101,4 | 274,1 | 301,1 | 1755,2 |
| 2014 | 36,3 | 38,5 | 81,6 | 155,7 | 55,9 | 46,3 | 53,5 | 49,8 | 40,3 | 66,1 | 156,8 | 148,1 | 928,9 |
| 2015 | 67,4 | 125,7 | 261,3 | 166,9 | 85,4 | 62,2 | 22,4 | 17,4 | 71,5 | 114,0 | 324,0 | 226,0 | 1544,2 |
| 2016 | 489,5 | 72,9 | 148,1 | 54,8 | 82,6 | 72,9 | 17,4 | 23,3 | 91,1 | 140,2 | 346,9 | 310,2 | 1849,9 |
| 2017 | 127,7 | 90,9 | 309,2 | 62,1 | 67,5 | | | | | | | | |
| Média | 257,8 | 169,3 | 167,9 | 114,8 | 68,8 | 43,9 | 49,5 | 47,4 | 79,2 | 139,0 | 236,8 | 289,6 | 1669,9 |

Para obter-se a chuva média na bacia hidrográfica da PCH Macaé, utilizou-se o Método de Thiessen, no qual é considerada a interpolação ponderada pela área de contribuição de cada posto pluviométrico. A Figura 4.4 ilustra os Polígonos de Thiessen, assim como a área de contribuição dos postos selecionados.

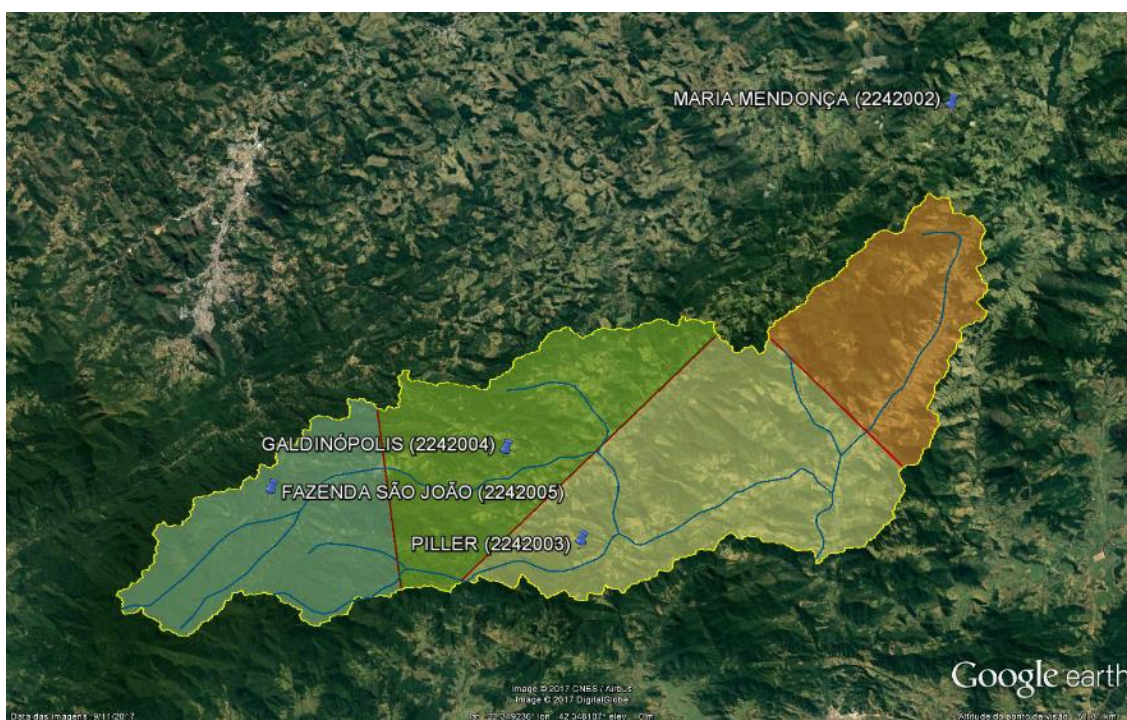


Figura 4.4 - Polígonos de Thiessen - Bacia da PCH Macaé

O cálculo dos totais mensais na Bacia Hidrográfica de interesse é feito pela seguinte fórmula:

$$P_{BH} = \frac{1}{AD} \sum_{i=1}^n (P_i \times AC_i)$$

Onde:

PBH – Precipitação Total Mensal na Bacia Hidrográfica (mm);

AD – Área de Drenagem da Bacia Hidrográfica (km²);

Pi – Precipitação Total Mensal no posto i (mm);

ACi – Área de contribuição do posto i (km²).

As áreas de contribuição de cada posto pluviométrico estão apresentadas na Tabela 4.15.

Tabela 4.15 - Áreas de Contribuição das Estações Pluviométricas

| Código | Estação | Área de Contribuição |
|---------|------------------|----------------------|
| 2242003 | Piller | 169,3 |
| 2242004 | Galdinópolis | 123,9 |
| 2242005 | Fazenda São João | 103,3 |
| 2242002 | Maria Mendonça | 89,2 |

PCH MACAÉ

A Tabela 4.16 apresenta a série de precipitações totais médias mensais, transferida para o local do empreendimento, abrangendo o período de setembro de 1950 a março de 2017. É possível observar que a precipitação média anual próxima ao local de implantação da PCH Macaé é em torno de 2.073 mm.

Tabela 4.16 – Precipitação Total Média Mensal – PCH Macaé

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1950 | | | | | | | | | 49,5 | 171,7 | 246,7 | 293,8 | |
| 1951 | 413,7 | 368,5 | 476,3 | 128,1 | 67,8 | 57,8 | 62,4 | 38,5 | 16,4 | 98,5 | 123,5 | 387,6 | 2239,2 |
| 1952 | 405,1 | 498,0 | 187,0 | 220,4 | 62,3 | 78,2 | 168,8 | 105,7 | 173,4 | 186,2 | 268,6 | 386,5 | 2740,2 |
| 1953 | 206,6 | 296,5 | 136,4 | 213,6 | 145,2 | 30,1 | 19,8 | 67,4 | 95,2 | 159,0 | 448,2 | 345,6 | 2163,6 |
| 1954 | 96,3 | 69,6 | 142,7 | 205,6 | 187,8 | 63,4 | 92,2 | 203,4 | 32,9 | 122,0 | 108,0 | 273,8 | 1597,7 |
| 1955 | 473,4 | 68,3 | 90,1 | 238,5 | 131,8 | 78,2 | 12,2 | 17,7 | 62,2 | 133,6 | 360,9 | 407,8 | 2074,8 |
| 1956 | 93,8 | 163,6 | 230,6 | 232,8 | 129,0 | 65,0 | 47,0 | 85,9 | 49,1 | 110,0 | 273,9 | 324,8 | 1805,3 |
| 1957 | 172,1 | 297,3 | 230,3 | 292,5 | 93,5 | 78,0 | 80,1 | 19,5 | 179,6 | 140,1 | 213,7 | 614,7 | 2411,3 |
| 1958 | 146,7 | 160,9 | 207,8 | 192,7 | 127,9 | 84,7 | 64,3 | 25,7 | 145,8 | 176,8 | 330,2 | 221,2 | 1884,6 |
| 1959 | 196,3 | 144,3 | 417,9 | 71,4 | 79,9 | 38,8 | 26,0 | 139,3 | 27,5 | 77,2 | 305,4 | 311,6 | 1835,5 |
| 1960 | 214,3 | 246,6 | 328,6 | 50,0 | 54,3 | 41,1 | 135,4 | 160,8 | 51,0 | 150,0 | 235,8 | 387,7 | 2055,6 |
| 1961 | 624,4 | 262,6 | 308,7 | 111,3 | 89,3 | 51,5 | 102,4 | 4,2 | 37,3 | 16,9 | 192,0 | 308,2 | 2108,9 |
| 1962 | 463,2 | 582,6 | 158,5 | 133,6 | 140,9 | 45,1 | 62,0 | 18,7 | 75,6 | 196,5 | 225,7 | 393,8 | 2496,2 |
| 1963 | 222,5 | 200,5 | 100,9 | 95,2 | 64,0 | 39,5 | 19,3 | 33,6 | 2,5 | 77,4 | 297,3 | 177,7 | 1330,5 |
| 1964 | 419,8 | 311,9 | 253,3 | 143,0 | 84,1 | 66,9 | 112,9 | 54,6 | 54,2 | 174,8 | 217,3 | 641,3 | 2534,3 |
| 1965 | 423,0 | 374,4 | 142,8 | 201,3 | 110,0 | 36,2 | 52,9 | 46,1 | 89,3 | 207,5 | 277,3 | 241,7 | 2202,5 |
| 1966 | 557,4 | 57,5 | 291,0 | 308,3 | 96,1 | 7,9 | 105,1 | 63,4 | 61,9 | 209,6 | 494,4 | 242,9 | 2495,8 |
| 1967 | 728,3 | 322,1 | 405,1 | 221,3 | 110,0 | 71,1 | 150,1 | 15,5 | 65,0 | 68,1 | 185,5 | 411,0 | 2753,2 |
| 1968 | 248,9 | 369,0 | 290,4 | 111,3 | 52,2 | 54,5 | 115,7 | 87,7 | 94,8 | 114,7 | 135,6 | 269,4 | 1944,1 |
| 1969 | 356,0 | 144,7 | 368,4 | 154,6 | 29,3 | 125,3 | 83,0 | 73,5 | 36,7 | 170,8 | 292,7 | 308,0 | 2143,1 |
| 1970 | 199,7 | 67,6 | 137,0 | 134,1 | 33,7 | 64,5 | 109,9 | 87,8 | 104,0 | 166,5 | 249,5 | 168,9 | 1523,4 |
| 1971 | 109,3 | 309,7 | 235,3 | 166,9 | 120,9 | 98,5 | 16,1 | 256,0 | 157,0 | 207,1 | 414,5 | 408,9 | 2500,2 |
| 1972 | 195,9 | 316,5 | 270,4 | 176,0 | 90,6 | 44,8 | 67,4 | 56,7 | 154,1 | 186,5 | 251,6 | 313,6 | 2124,3 |
| 1973 | 262,1 | 297,0 | 231,3 | 126,3 | 142,0 | 35,3 | 71,9 | 56,5 | 94,3 | 161,7 | 384,9 | 352,2 | 2215,5 |
| 1974 | 325,1 | 131,7 | 218,4 | 183,1 | 49,2 | 85,5 | 4,8 | 15,1 | 41,4 | 202,0 | 130,2 | 392,2 | 1778,7 |
| 1975 | 443,5 | 189,5 | 126,3 | 155,7 | 182,5 | 69,8 | 42,1 | 8,6 | 111,0 | 224,3 | 261,8 | 200,1 | 2015,3 |
| 1976 | 185,3 | 191,7 | 192,6 | 64,5 | 122,9 | 34,8 | 86,5 | 115,5 | 158,6 | 210,4 | 201,8 | 554,9 | 2119,5 |
| 1977 | 275,0 | 15,9 | 149,0 | 275,5 | 70,9 | 25,2 | 38,9 | 62,4 | 152,9 | 127,9 | 435,1 | 351,7 | 1980,2 |
| 1978 | 340,7 | 222,0 | 112,4 | 205,0 | 133,2 | 52,3 | 39,0 | 62,4 | 22,3 | 114,0 | 360,3 | 216,9 | 1880,5 |
| 1979 | 483,2 | 407,4 | 282,5 | 146,5 | 88,8 | 70,9 | 95,9 | 53,4 | 117,9 | 117,2 | 322,8 | 284,7 | 2471,2 |
| 1980 | 522,1 | 187,9 | 53,4 | 219,2 | 48,5 | 58,1 | 43,7 | 112,3 | 73,1 | 216,7 | 262,3 | 447,6 | 2244,9 |
| 1981 | 370,3 | 180,5 | 292,3 | 221,0 | 22,6 | 53,6 | 100,2 | 38,5 | 33,3 | 120,0 | 276,4 | 430,8 | 2139,5 |
| 1982 | 285,4 | 191,5 | 460,7 | 169,8 | 29,6 | 57,8 | 54,3 | 131,6 | 103,4 | 171,0 | 187,9 | 308,6 | 2151,5 |
| 1983 | 393,5 | 168,4 | 307,4 | 196,8 | 141,9 | 188,5 | 47,2 | 16,7 | 383,1 | 201,8 | 239,5 | 356,2 | 2640,8 |
| 1984 | 274,4 | 98,3 | 313,5 | 128,2 | 67,3 | 7,4 | 32,5 | 90,2 | 48,1 | 87,5 | 235,6 | 297,7 | 1680,6 |
| 1985 | 569,7 | 322,7 | 278,4 | 132,1 | 126,0 | 20,4 | 33,2 | 57,4 | 100,5 | 99,7 | 317,7 | 295,3 | 2353,2 |
| 1986 | 329,3 | 338,3 | 198,4 | 209,5 | 43,1 | 29,2 | 93,7 | 35,0 | 102,9 | 58,1 | 162,1 | 390,4 | 1989,9 |
| 1987 | 371,2 | 150,1 | 304,5 | 150,1 | 85,8 | 62,0 | 14,2 | 32,9 | 90,1 | 81,2 | 206,2 | 323,9 | 1872,3 |
| 1988 | 211,0 | 434,4 | 118,7 | 159,6 | 114,3 | 49,6 | 48,2 | 13,1 | 43,3 | 200,8 | 288,2 | 310,1 | 1991,2 |
| 1989 | 295,9 | 279,8 | 262,9 | 222,1 | 88,1 | 94,3 | 81,2 | 16,6 | 123,7 | 111,1 | 177,6 | 313,2 | 2066,4 |

PCH MACAÉ

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| 1990 | 139,4 | 198,6 | 255,8 | 197,9 | 101,8 | 53,6 | 77,8 | 71,3 | 116,9 | 147,1 | 217,4 | 192,0 | 1769,4 |
| 1991 | 554,9 | 228,9 | 236,2 | 126,9 | 114,6 | 66,7 | 25,9 | 34,0 | 160,9 | 110,8 | 143,6 | 385,3 | 2188,7 |
| 1992 | 387,0 | 99,8 | 42,5 | 189,0 | 94,4 | 39,4 | 85,5 | 37,7 | 266,6 | 182,1 | 398,4 | 300,5 | 2122,8 |
| 1993 | 283,5 | 134,4 | 272,2 | 109,4 | 88,8 | 61,3 | 20,9 | 23,1 | 153,9 | 165,5 | 145,8 | 285,4 | 1744,3 |
| 1994 | 383,9 | 45,1 | 572,9 | 303,0 | 124,9 | 71,4 | 32,0 | 27,7 | 52,5 | 128,9 | 231,4 | 301,5 | 2275,1 |
| 1995 | 300,9 | 291,0 | 118,1 | 118,4 | 124,5 | 52,7 | 43,6 | 38,6 | 199,7 | 173,3 | 199,4 | 342,9 | 2003,2 |
| 1996 | 194,1 | 219,4 | 276,1 | 118,6 | 66,4 | 59,7 | 23,4 | 48,6 | 219,8 | 113,2 | 367,8 | 381,3 | 2088,4 |
| 1997 | 468,2 | 132,8 | 227,6 | 99,7 | 84,8 | 26,8 | 9,6 | 38,3 | 62,5 | 129,1 | 214,9 | 215,8 | 1710,0 |
| 1998 | 337,9 | 366,7 | 178,0 | 137,1 | 95,2 | 50,5 | 12,7 | 68,3 | 105,6 | 220,0 | 254,3 | 250,8 | 2077,0 |
| 1999 | 267,7 | 151,7 | 272,6 | 124,3 | 45,8 | 54,1 | 45,8 | 46,0 | 85,8 | 124,9 | 244,8 | 320,9 | 1784,4 |
| 2000 | 356,5 | 189,2 | 203,6 | 116,2 | 39,6 | 7,7 | 82,8 | 96,6 | 146,7 | 105,4 | 210,9 | 360,7 | 1915,7 |
| 2001 | 227,0 | 188,9 | 164,8 | 94,0 | 85,7 | 23,8 | 33,5 | 17,2 | 95,8 | 111,0 | 244,7 | 345,5 | 1632,0 |
| 2002 | 303,1 | 209,1 | 189,5 | 98,6 | 122,5 | 37,0 | 40,2 | 25,4 | 130,1 | 98,5 | 280,0 | 549,8 | 2083,8 |
| 2003 | 368,1 | 55,7 | 223,8 | 80,0 | 60,6 | 18,8 | 54,1 | 101,1 | 78,5 | 185,1 | 283,0 | 386,9 | 1895,7 |
| 2004 | 376,3 | 290,4 | 247,1 | 208,3 | 64,3 | 37,1 | 188,2 | 68,6 | 26,4 | 152,5 | 330,7 | 332,0 | 2321,8 |
| 2005 | 363,8 | 411,8 | 355,3 | 152,9 | 68,7 | 75,5 | 104,2 | 34,5 | 123,3 | 107,2 | 379,5 | 477,1 | 2653,7 |
| 2006 | 179,2 | 246,5 | 235,4 | 236,7 | 66,0 | 52,3 | 41,2 | 39,0 | 72,7 | 176,1 | 398,7 | 391,2 | 2134,9 |
| 2007 | 608,6 | 101,1 | 135,9 | 146,6 | 120,8 | 25,1 | 70,5 | 10,5 | 49,9 | 76,6 | 247,7 | 279,7 | 1873,1 |
| 2008 | 386,8 | 340,0 | 356,9 | 197,9 | 50,1 | 68,0 | 12,2 | 47,3 | 110,4 | 164,5 | 377,5 | 307,7 | 2419,5 |
| 2009 | 647,3 | 266,7 | 284,3 | 163,0 | 82,3 | 52,0 | 43,0 | 33,7 | 119,8 | 317,8 | 346,3 | 456,6 | 2812,8 |
| 2010 | 87,1 | 179,2 | 400,3 | 175,5 | 106,8 | 51,4 | 84,2 | 39,8 | 35,8 | 140,9 | 331,3 | 439,4 | 2071,8 |
| 2011 | 225,1 | 124,2 | 373,7 | 100,2 | 78,2 | 45,7 | 37,9 | 46,8 | 45,9 | 171,8 | 264,8 | 397,1 | 1911,4 |
| 2012 | 452,8 | 66,5 | 151,7 | 142,4 | 109,4 | 75,6 | 47,8 | 44,6 | 72,0 | 63,8 | 298,8 | 133,7 | 1659,0 |
| 2013 | 389,1 | 135,6 | 439,5 | 67,4 | 100,0 | 47,3 | 95,7 | 61,6 | 75,3 | 127,3 | 235,5 | 274,6 | 2049,0 |
| 2014 | 60,5 | 92,1 | 129,9 | 303,3 | 88,4 | 63,2 | 85,1 | 43,0 | 41,8 | 89,0 | 177,7 | 124,8 | 1298,9 |
| 2015 | 124,9 | 172,9 | 295,1 | 147,3 | 87,4 | 92,7 | 37,6 | 10,2 | 98,1 | 130,4 | 273,6 | 197,2 | 1667,1 |
| 2016 | 356,7 | 205,0 | 189,2 | 33,2 | 58,9 | 77,8 | 9,7 | 27,6 | 105,9 | 123,1 | 430,0 | 275,2 | 1892,3 |
| 2017 | 188,4 | 101,3 | 368,5 | | | | | | | | | | |
| Média | 327,2 | 219,2 | 246,4 | 163,0 | 90,7 | 56,1 | 61,8 | 57,0 | 96,5 | 144,2 | 270,6 | 333,9 | 2072,6 |

A Figura 4.5 abaixo apresenta o histograma médio mensal obtido para o local de implantação da PCH Macaé. Observa-se, ainda, que o local apresenta períodos secos e úmidos bem definidos.

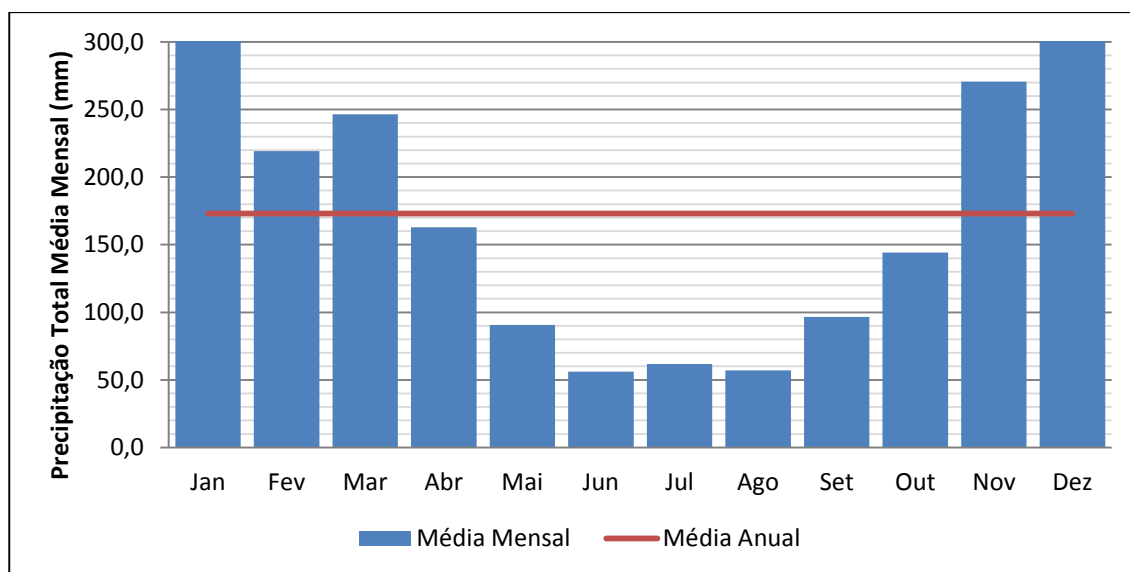


Figura 4.5 - Precipitações Mensal Média e Anual Média – PCH Macaé

Quanto ao número de dias de chuva, a Figura 4.6 apresenta o número de dias de chuvas médio mensal para o posto mais próximo ao empreendimento.

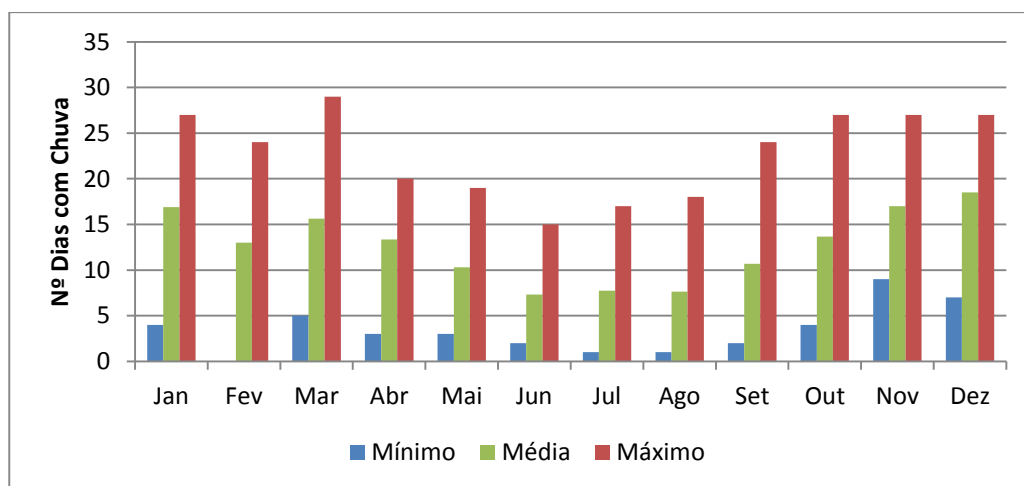


Figura 4.6 - Números Mínimo, Médio e Máximo de Dias com Chuva na Estação Pluviométrica Piller (02449007)

Observa-se, ainda, que chove em média na região 152 dias ao longo do ano, o que corresponde a 41,5% do total de dias do ano.

4.2.2.2. Temperatura

Na estação Nova Friburgo (83745), a temperatura média anual é de 18°C. A média anual das temperaturas máximas chegou a 24,3°C e a média das mínimas a 13,8°C. O mês mais com média máxima mais quente registrada na

PCH MACAÉ

estação é fevereiro, com média máxima de 27,6°C e o mês mais frio é julho com média mínima de 9,5°C.

As temperaturas médias compensadas, médias máximas e mínimas estão representadas na Tabela 4.17 e na Figura 4.7 a seguir.

Tabela 4.17 - Temperaturas Características na Estação Nova Friburgo (83745), em °C

| MÊS | JAN | FEV | MAR | ABRI | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Máximas | 27,0 | 27,6 | 26,9 | 24,8 | 22,9 | 21,6 | 21,1 | 22,5 | 22,9 | 23,9 | 24,8 | 25,5 |
| Médias | 21,2 | 21,2 | 20,8 | 18,5 | 16,0 | 14,6 | 14,1 | 15,3 | 16,6 | 18,2 | 19,3 | 20,3 |
| Mínimas | 17,1 | 17,1 | 16,8 | 14,8 | 11,9 | 10,1 | 9,5 | 10,3 | 12,3 | 14,3 | 15,5 | 16,3 |

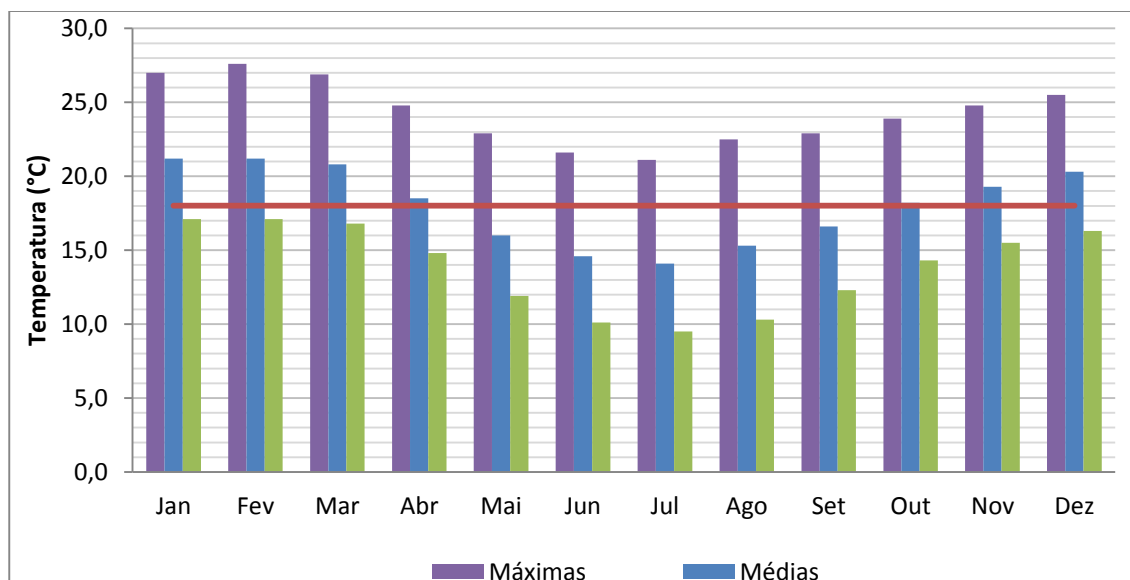


Figura 4.7 - Temperaturas Característica na Estação Nova Friburgo (83745)

4.2.2.3. Umidade Relativa

Na estação Nova Friburgo (83745), a umidade relativa média anual é relativamente alta, acima de 80%, variando de 77% em janeiro à 83% nos meses de junho e julho.

Na Tabela 4.18 e na Figura 4.8 apresentam-se os valores médios da umidade relativa na estação Nova Friburgo, situada próxima à região do aproveitamento.

Tabela 4.18 - Umidade Relativa do Ar na Estação Nova Friburgo (83745), em %

| MÊS | JAN | FEV | MAR | ABRI | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | ANO |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| Média | 77,0 | 78,0 | 78,0 | 82,0 | 82,0 | 83,0 | 83,0 | 81,0 | 80,0 | 81,0 | 80,0 | 80,0 | 80,5 |

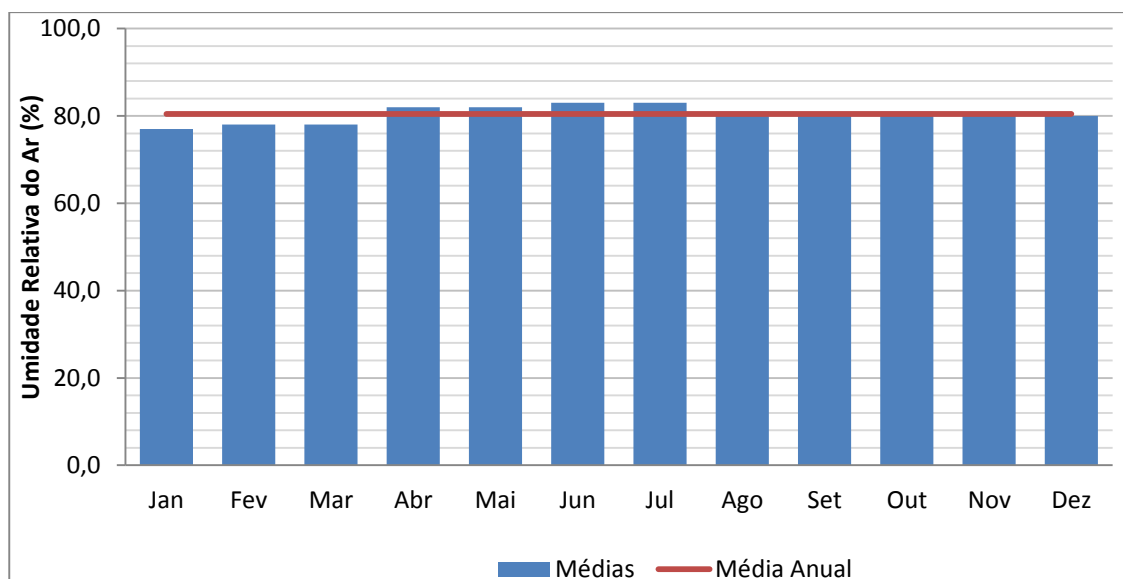


Figura 4.8 - Umidade Relativa do Ar na Estação Nova Friburgo (83745)

4.2.2.4. Evaporação

Os dados disponibilizados referentes à estação meteorológica Nova Friburgo dispõem dos registros de leituras no Tanque Evaporimétrico.

A Tabela 4.19 e a Figura 4.9 apresentam os valores de evaporação total média, em mm, para a estação Nova Friburgo, onde se verifica que o total anual de evaporação se apresenta em torno de 19 mm, com máximo no mês de janeiro e mínimo no mês de junho, apresentando um comportamento parecido com a pluviometria e temperatura da região.

Tabela 4.19 - Evaporação Média Mensal na Estação Nova Friburgo (83745), em mm

| MÊS | JAN | FEV | MAR | ABRI | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | ANO |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| Média | 105,3 | 98,3 | 96,7 | 67,2 | 89,2 | 79,7 | 89,3 | 99,1 | 90,7 | 83,8 | 95,6 | 90,1 | 88,7 |

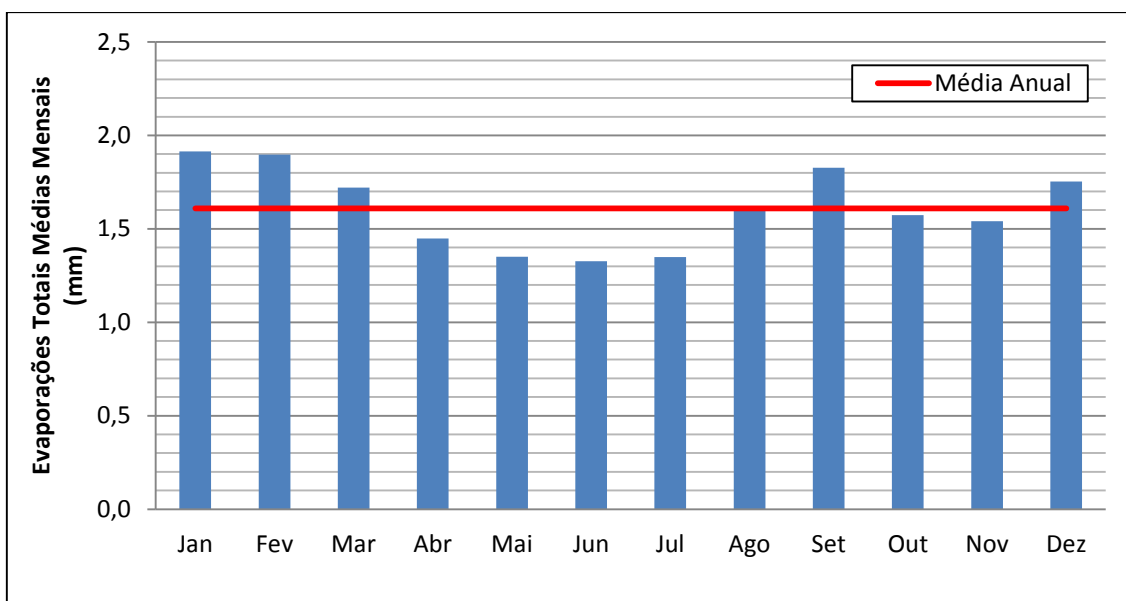


Figura 4.9 - Evaporação na Estação Nova Friburgo (02449013)

4.2.2.5. Classificação

A partir dos valores apresentados, pode-se classificar a climatologia da bacia hidrográfica da PCH Macaé segundo as metodologias de Köppen e Thornthwaite.

O método de Köppen correlaciona as temperaturas, as precipitações e as características sazonais de ambas. Para a região da bacia hidrográfica da PCH Macaé, o clima é classificado por Cwb, isto é, clima temperado chuvoso, com chuva de verão e verão moderadamente quente, cuja temperatura média do mês mais moderadamente quente supera 10°C e é inferior a 22°C, enquanto o mês mais frio tem uma temperatura média entre 3 e 18°C.

Na classificação de Thornthwaite, os limites são estabelecidos quantitativamente, considerando a evapotranspiração potencial, a precipitação e a localização da região em estudo. Para esta metodologia, a classificação resultante é AE'a'r, ou seja, tipo perúmido de umidade climática, com eficiência térmica de geada com baixa concentração no verão e pouco déficit hídrico.

4.2.3. CARACTERIZAÇÃO DO REGIME FLUVIAL

Os itens a seguir objetivam apresentar os estudos referentes à caracterização do regime fluvial no local do barramento do aproveitamento, no rio Macaé, sob os aspectos de escolha de postos fluviométricos, consistência de dados, determinação das séries de médias mensais, distribuição de vazões máximas e distribuição de mínimas.

4.2.3.1. Análise das Estações Fluviométricas

Os postos fluviométricos apresentados na Tabela 4.20 foram analisados para o estudo de caracterização do regime fluvial do rio Macaé no local de

PCH MACAÉ

implantação do empreendimento. A Figura 4.10 apresenta a localização dos postos fluviométricos.

Tabela 4.20 - Postos Fluviométricos Selecionados

| Código | Nome da Estação | Curso d'água | Latitude (S) | Longitude (O) | Área (km ²) | Período de Dados |
|----------|---------------------|--------------------|--------------|---------------|-------------------------|------------------|
| 59125000 | Galdinópolis | Rio Macaé | 22°22"08' | 42°22"45' | 104 | 1950-2017 |
| 59135000 | Piller | Rio Bonito | 22°24"33' | 42°20"10' | 71 | 1950-2017 |
| 59120000 | Macaé de Cima | Rio Macaé de Cima | 22°22"20' | 42°27"44' | 67 | 1967-2017 |
| 58651980 | UHE Ilha dos Pombos | Rio Paraíba do Sul | 21°51"00' | 42°36"00' | 34300 | 1931-2015 |



Figura 4.10 - Localização das Estações Fluviométricas Selecionadas

Dentre os postos apresentados, foi escolhida a estação Galdinópolis como posto base para a definição e transferência das vazões médias mensais adimensionalizadas para o local do empreendimento.

A escolha deste posto justifica-se pela localização no mesmo curso de água que o empreendimento e por apresentar uma série hidrológica extensa e passível de consistência a partir das medições de descarga.

Para cada posto fluviométrico, foi realizada a análise das curvas de descarga utilizadas para a geração das vazões através da plotagem dos pares Cota X Vazão das séries diárias fornecidas pela ANA a partir do portal HidroWeb. Nos itens a seguir serão apresentadas as análises de consistência de cada

posto, apresentando a curva-chave para cada estação e determinando a série de vazões médias mensais conforme os dados disponíveis.

4.2.3.2. Posto Fluviométrico Piller (59135000)

O posto fluviométrico Piller apresenta séries de cotas e vazões médias diárias entre os meses de setembro de 1950 a fevereiro de 2017, com dados consistidos até dezembro de 2009.

As medições de descarga líquida, entretanto, compreendem o período de janeiro de 1953 a fevereiro de 2017, num total de 202 amostras, sendo que os dados consistidos variam de janeiro de 1953 a novembro de 2010.

A análise de consistência das medições de descarga resultou na determinação de uma equação de curva-chave diferente das representadas pelos pares cota-vazão fornecidos pela ANA, em que buscou-se adequar o traçado considerando as medições de descarga líquida com as maiores vazões. O ajuste é apresentado na Figura 4.11 e a equação determinada é a seguinte:

$$Q = 0,004 * (H + 6,722)^{1,645}$$

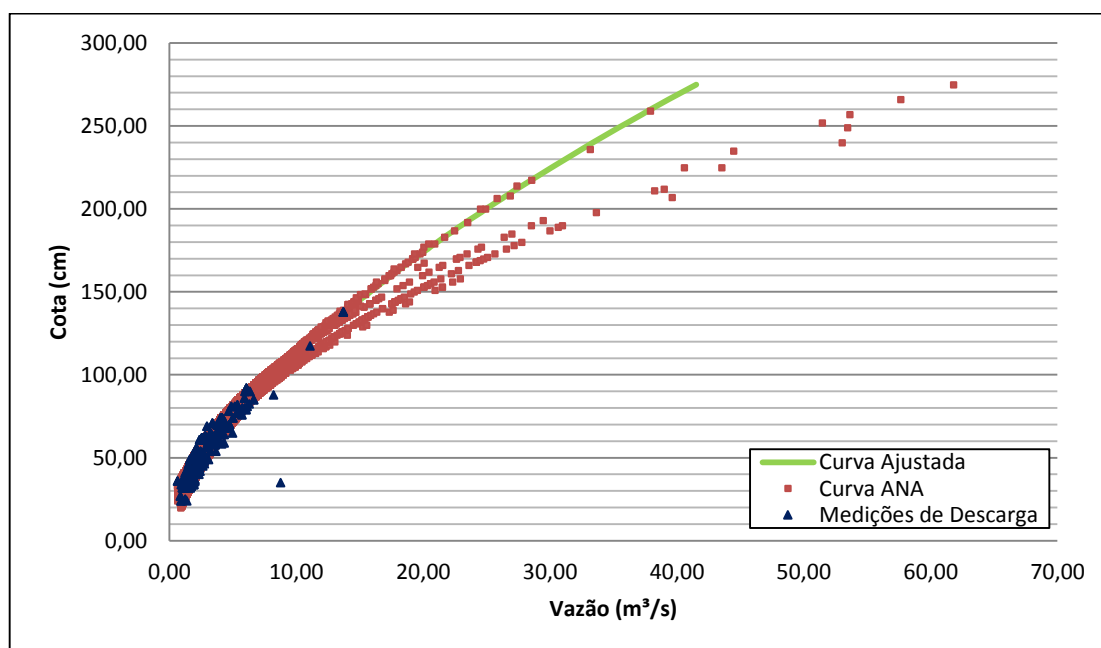


Figura 4.11 - Curva de Descarga - Posto Fluviométrico Piller (59135000)

As Figura 4.12 e Figura 4.13 apresentam as relações Vazão X Área Molhada e Vazão X Velocidade resultantes das medições de descarga líquida realizadas ao longo da operação da estação, apresentadas no banco de dados da ANA.

PCH MACAÉ

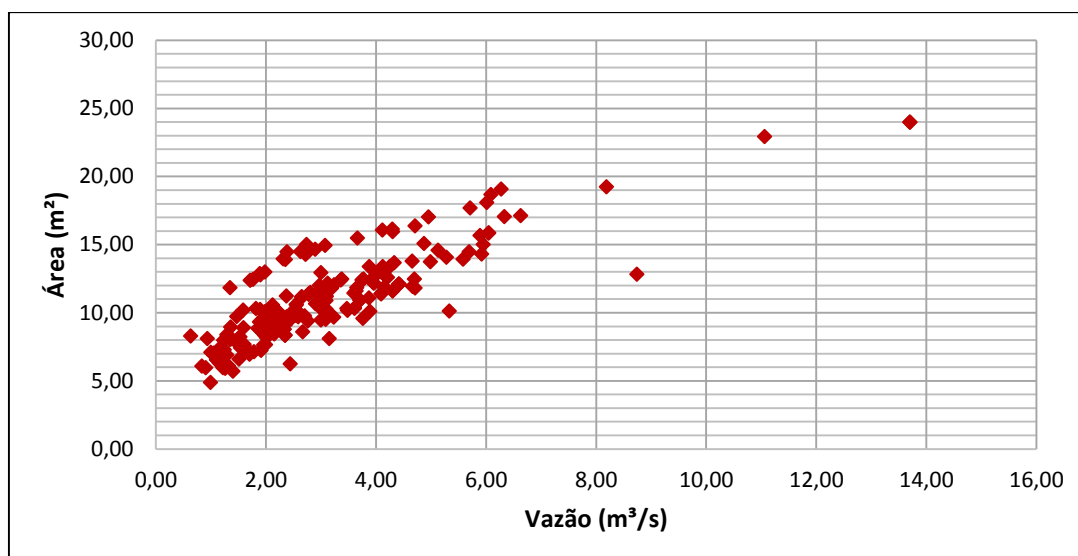


Figura 4.12 - Curva Vazão X Área Molhada - Posto Fluviométrico Piller (59135000)

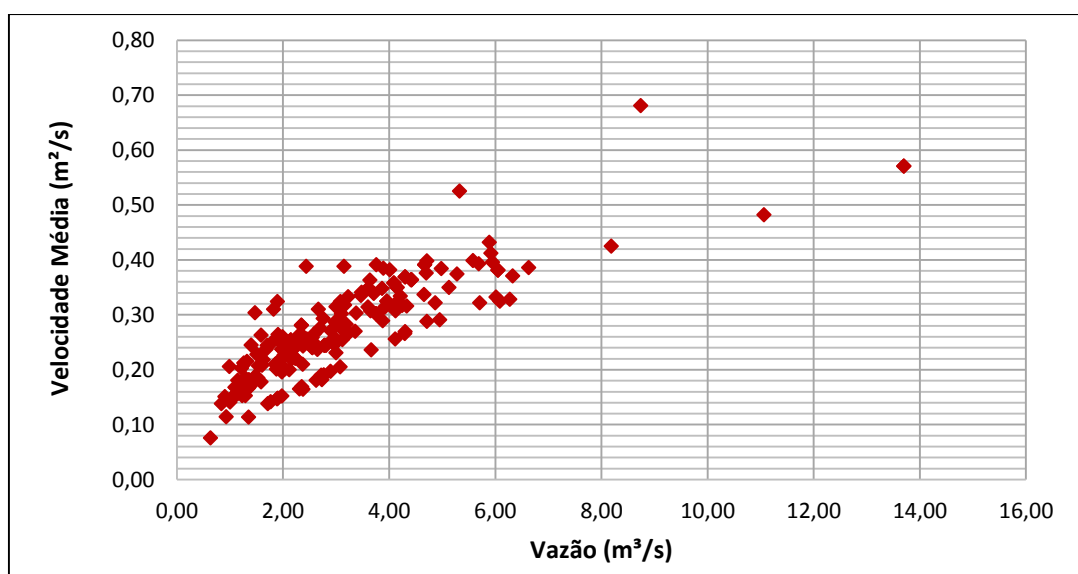


Figura 4.13 - Curva Vazão X Velocidade Média - Posto Fluviométrico Piller (59135000)

A série de vazões médias mensais foi então determinada aplicando-se as medições de cotas ao ajuste de curva-chave, obtendo-se uma série de vazões de setembro de 1950 a abril de 2017, conforme apresenta a Tabela 4.21.

Tabela 4.21 - Série de Vazões Médias Mensais (m³/s) no Posto Fluviométrico Piller (59135000)

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | Média |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1950 | | | | | | | | | 1,7 | 2,1 | 3,1 | 4,5 | |
| 1951 | 5,2 | 5,4 | 8,0 | 5,9 | 3,9 | 2,9 | 2,5 | 2,0 | 1,6 | 1,8 | 1,8 | 5,4 | 3,9 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| 1952 | 6,3 | 11,2 | 6,9 | 5,1 | 3,8 | 3,0 | 3,5 | 3,2 | 3,5 | 3,3 | 4,9 | 6,4 | 5,1 |
| 1953 | 4,5 | 6,3 | 4,3 | 4,5 | 4,9 | 3,4 | 2,5 | 2,1 | 2,1 | 1,8 | 4,9 | 6,1 | 3,9 |
| 1954 | 3,8 | 2,8 | 2,4 | 3,0 | 3,7 | 2,9 | 2,6 | 2,8 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 3,4 | 3,0 |
| 1955 | 6,0 | 4,0 | 3,1 | 3,8 | 3,3 | 3,2 | 2,2 | 1,9 | 1,6 | 2,2 | 5,2 | 5,1 | 3,5 |
| 1956 | 4,7 | 3,0 | 3,6 | 3,9 | 3,7 | 3,1 | 2,4 | 2,7 | 2,0 | 2,0 | 3,7 | 5,0 | 3,3 |
| 1957 | 4,7 | 4,7 | 5,5 | 7,0 | 4,2 | 3,2 | 3,1 | 2,1 | 2,4 | 2,6 | 3,8 | 7,6 | 4,2 |
| 1958 | 4,4 | 4,6 | 4,0 | 4,4 | 4,1 | 3,4 | 2,7 | 2,1 | 2,0 | 2,2 | 4,1 | 4,9 | 3,6 |
| 1959 | 5,2 | 3,6 | 6,0 | 4,6 | 3,9 | 3,1 | 2,3 | 2,7 | 2,1 | 2,2 | 5,1 | 5,0 | 3,8 |
| 1960 | 5,7 | 6,2 | 6,8 | 4,6 | 3,3 | 2,7 | 2,8 | 3,4 | 2,7 | 2,6 | 4,2 | 6,5 | 4,3 |
| 1961 | 10,0 | 9,7 | 7,6 | 6,4 | 5,5 | 4,0 | 3,6 | 2,8 | 2,3 | 1,8 | 2,1 | 3,8 | 5,0 |
| 1962 | 6,5 | 9,4 | 7,5 | 5,3 | 4,3 | 3,5 | 2,9 | 2,3 | 2,3 | 2,9 | 4,1 | 6,2 | 4,8 |
| 1963 | 5,2 | 5,0 | 4,0 | 3,7 | 2,9 | 2,5 | 2,0 | 1,6 | 1,3 | 1,5 | 2,5 | 2,9 | 2,9 |
| 1964 | 6,2 | 6,8 | 6,3 | 7,2 | 4,8 | 3,7 | 3,6 | 3,1 | 2,7 | 3,5 | 4,6 | 11,1 | 5,3 |
| 1965 | 10,2 | 8,9 | 6,1 | 5,4 | 5,2 | 3,7 | 3,1 | 2,6 | 2,3 | 4,4 | 5,0 | 6,0 | 5,2 |
| 1966 | 9,4 | 4,7 | 5,3 | 8,2 | 4,9 | 3,6 | 3,7 | 3,2 | 2,9 | 3,8 | 8,7 | 6,8 | 5,4 |
| 1967 | 12,1 | 9,7 | 7,8 | 7,5 | 5,5 | 4,4 | 4,5 | 3,1 | 3,1 | 2,3 | 3,3 | 7,4 | 5,9 |
| 1968 | 7,1 | 7,4 | 9,6 | 5,7 | 3,9 | 3,1 | 2,8 | 2,6 | 2,8 | 2,9 | 3,4 | 4,4 | 4,6 |
| 1969 | 4,5 | 3,8 | 6,4 | 5,2 | 3,5 | 3,2 | 2,7 | 2,6 | 2,0 | 2,7 | 4,6 | 6,1 | 4,0 |
| 1970 | 6,1 | 3,9 | 3,2 | 2,9 | 2,2 | 2,0 | 2,3 | 1,8 | 2,1 | 2,9 | 4,9 | 3,6 | 3,2 |
| 1971 | 2,7 | 3,5 | | | | | | 3,4 | 4,9 | 4,4 | 7,8 | 9,7 | |
| 1972 | 6,1 | 5,6 | 6,4 | 5,3 | 4,1 | 3,2 | 2,5 | 2,3 | 2,6 | 4,4 | 4,9 | 5,5 | 4,4 |
| 1973 | 5,5 | 7,5 | 5,7 | 4,7 | 4,6 | 3,3 | 2,8 | 2,4 | 2,7 | 3,8 | 6,6 | 6,3 | 4,6 |
| 1974 | 7,1 | 4,7 | 4,1 | 5,0 | 3,7 | 3,1 | 2,4 | 2,0 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 5,6 | 3,7 |
| 1975 | 7,1 | 5,6 | 4,4 | 4,9 | 4,6 | 3,7 | 2,9 | 2,3 | 2,4 | 4,3 | 4,9 | 4,5 | 4,3 |
| 1976 | 4,0 | 4,6 | 4,1 | 3,5 | 3,3 | 2,5 | 2,6 | 2,3 | 2,6 | 4,0 | 4,2 | 8,1 | 3,8 |
| 1977 | 6,1 | 4,0 | 3,4 | 4,9 | 3,4 | 2,6 | 2,1 | 2,0 | 2,1 | 2,3 | 5,6 | 7,7 | 3,9 |
| 1978 | 8,2 | 6,1 | 4,1 | 4,8 | 4,1 | 3,3 | 2,8 | 2,3 | 1,7 | 1,7 | 3,4 | 3,9 | 3,9 |
| 1979 | 7,9 | 8,0 | 7,3 | 5,1 | 3,9 | 3,3 | 3,6 | 2,6 | 2,9 | 2,5 | 4,7 | 5,4 | 4,8 |
| 1980 | 9,8 | 7,3 | 3,9 | 3,8 | 2,7 | 2,3 | 2,1 | 2,4 | 2,0 | 3,8 | 4,2 | 6,1 | 4,2 |
| 1981 | 6,9 | 5,5 | 5,9 | 5,3 | 3,9 | 3,0 | 2,9 | 2,3 | 1,8 | 2,1 | 3,8 | 7,8 | 4,3 |
| 1982 | 6,2 | 4,6 | 7,6 | 6,0 | 4,0 | 3,0 | 2,3 | 3,1 | 3,0 | 3,2 | 2,6 | 4,2 | 4,2 |
| 1983 | 6,8 | 4,5 | 5,2 | 4,9 | 4,8 | 4,5 | 3,0 | 2,3 | 4,4 | 4,3 | 4,8 | 5,8 | 4,6 |
| 1984 | 5,1 | 3,7 | 5,0 | 5,4 | 3,8 | 2,6 | 2,2 | 2,0 | 1,6 | 1,6 | 3,1 | 4,1 | 3,4 |
| 1985 | 8,1 | 7,9 | 7,9 | 6,8 | 4,7 | 2,7 | 2,2 | 1,9 | 2,5 | 1,8 | 4,3 | 4,8 | 4,6 |
| 1986 | 6,1 | 5,3 | 5,0 | 4,7 | 3,5 | 2,6 | 3,9 | 2,5 | 2,7 | 2,3 | 3,2 | 5,8 | 4,0 |
| 1987 | 7,0 | 5,5 | 4,8 | 4,5 | 3,2 | 3,0 | 2,3 | 1,8 | 2,1 | 2,0 | 2,7 | 3,5 | 3,5 |
| 1988 | 3,1 | 6,6 | 4,5 | 4,1 | 4,0 | 3,3 | 2,4 | 2,1 | 2,1 | 3,0 | 6,6 | 5,2 | 3,9 |
| 1989 | 6,4 | 4,7 | 5,5 | 5,7 | 4,5 | 4,5 | 3,8 | 2,4 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 4,2 | 4,1 |
| 1990 | 2,6 | 2,4 | 3,6 | 4,3 | 3,9 | 2,7 | 2,5 | 2,5 | 2,9 | 3,0 | 4,4 | 3,2 | 3,2 |
| 1991 | 6,9 | 6,0 | 5,4 | 5,6 | 4,5 | 3,6 | 2,7 | 2,2 | 2,8 | 3,1 | 3,3 | 4,0 | 4,2 |
| 1992 | 6,4 | 3,9 | 2,7 | 2,6 | 2,3 | 1,9 | 2,1 | 1,8 | 3,7 | 4,3 | 6,4 | 7,7 | 3,8 |
| 1993 | 5,7 | 3,8 | 4,2 | 4,0 | 3,5 | 3,4 | 2,2 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 2,4 | 4,1 | 3,3 |
| 1994 | 6,4 | 4,3 | 8,5 | 8,8 | 5,1 | 3,9 | 2,7 | 2,2 | 2,6 | 2,4 | 3,6 | 4,3 | 4,6 |
| 1995 | 3,7 | 4,9 | 3,3 | 2,7 | 3,1 | 2,4 | 2,0 | 1,6 | 2,9 | 3,2 | 3,8 | 6,1 | 3,3 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1996 | 5,3 | 3,9 | 4,9 | 4,9 | 3,6 | 3,0 | 2,3 | 2,0 | 3,3 | 2,9 | 4,9 | 5,3 | 3,9 |
| 1997 | 8,7 | 5,0 | 5,4 | 4,0 | 3,5 | 2,7 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,9 | 2,3 | 3,6 | 3,5 |
| 1998 | 5,2 | 6,9 | 5,4 | 5,2 | 3,1 | 2,5 | 1,8 | 1,8 | 2,1 | 3,4 | 4,5 | 5,2 | 3,9 |
| 1999 | 5,2 | 4,0 | 4,4 | 5,3 | 3,7 | 2,8 | 2,3 | 1,9 | 2,5 | 3,3 | 4,7 | 4,9 | 3,7 |
| 2000 | 6,2 | 5,1 | 4,7 | 4,5 | 2,8 | 1,9 | 2,0 | 1,8 | 3,2 | 2,1 | 2,9 | 5,3 | 3,5 |
| 2001 | 5,4 | 3,6 | 3,0 | 3,9 | 2,6 | 1,9 | 1,6 | 1,3 | 1,5 | 1,5 | 2,3 | 3,0 | 2,6 |
| 2002 | 3,8 | 4,8 | 3,4 | 2,7 | 2,5 | 1,9 | 1,5 | 1,2 | 1,6 | 1,4 | 3,5 | 6,7 | 2,9 |
| 2003 | 6,5 | 4,0 | 3,6 | 3,2 | 2,4 | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,5 | 3,9 | 6,6 | 3,3 |
| 2004 | 9,2 | 5,7 | 4,5 | 4,8 | 3,6 | 2,8 | 3,4 | 2,5 | 1,9 | 2,5 | 4,8 | 5,7 | 4,3 |
| 2005 | 7,0 | 9,8 | 8,3 | 5,6 | 4,3 | 3,1 | 3,3 | 2,2 | 2,4 | 2,2 | 5,7 | 8,2 | 5,2 |
| 2006 | 5,0 | 3,9 | 4,8 | 7,0 | 4,8 | 3,3 | 2,3 | 2,0 | 2,0 | 3,2 | 5,6 | 6,7 | 4,2 |
| 2007 | 8,4 | 6,4 | 3,7 | 3,4 | 3,3 | 2,4 | 1,9 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 3,0 | 5,2 | 3,5 |
| 2008 | 5,7 | 7,5 | 6,2 | 6,5 | 4,2 | 3,0 | 2,2 | 1,8 | 2,0 | 3,6 | 4,4 | 5,2 | 4,4 |
| 2009 | 7,7 | 7,2 | 5,2 | 6,1 | 4,2 | 2,9 | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 3,9 | 5,5 | 6,7 | 4,6 |
| 2010 | 4,2 | 3,0 | 6,6 | 5,1 | 3,7 | 3,3 | 2,5 | 2,1 | 1,6 | 2,0 | 4,8 | 7,0 | 3,8 |
| 2011 | 5,5 | 3,4 | 6,4 | 5,1 | 3,6 | 2,6 | 2,5 | 2,2 | 1,6 | 2,2 | 3,2 | 5,0 | 3,6 |
| 2012 | 6,3 | 4,5 | 3,1 | 2,9 | 2,6 | 2,4 | 1,9 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 2,8 | 2,5 | 2,8 |
| 2013 | 4,1 | 4,3 | 7,2 | 5,3 | 3,7 | 3,2 | 3,5 | 2,3 | 2,5 | 1,9 | 2,9 | 5,8 | 3,9 |
| 2014 | 3,8 | 2,4 | 2,5 | 5,5 | 4,4 | 3,2 | 3,5 | 2,6 | 3,3 | 2,0 | 4,1 | 3,1 | 3,4 |
| 2015 | 2,4 | 2,3 | 3,1 | 3,3 | 2,5 | 3,3 | 2,3 | 1,7 | 2,4 | 1,6 | 3,0 | 3,5 | 2,6 |
| 2016 | 5,2 | 4,2 | 4,0 | 2,6 | 2,1 | 2,0 | 1,3 | 1,6 | 1,9 | 1,9 | 5,7 | 6,6 | 3,2 |
| 2017 | 4,0 | 3,1 | 5,7 | 4,9 | | | | | | | | | |
| Média | 6,0 | 5,3 | 5,2 | 4,9 | 3,8 | 3,0 | 2,6 | 2,2 | 2,4 | 2,7 | 4,1 | 5,5 | 4,0 |

4.2.3.3. Posto Fluviométrico Galdinópolis (59125000)

O posto fluviométrico Galdinópolis apresenta séries de cotas e vazões médias diárias entre os meses de setembro de 1950 a fevereiro de 2017, com dados consistidos até dezembro de 2009.

As medições de descarga líquida, entretanto, compreendem o período de janeiro de 1953 a fevereiro de 2017, num total de 296 amostras, sendo que os dados consistidos variam de janeiro de 1953 a novembro de 2010.

A análise de consistência das medições de descarga resultou na determinação de uma equação de curva-chave semelhante à curva representada pelos pares cota-vazão fornecidos pela ANA, buscando-se adequar o traçado considerando as medições de descarga líquida com as maiores vazões. O ajuste é apresentado na Figura 4.14 e a equação determinada é a seguinte:

$$Q = 0,0002 * (H + 16,232)^{2,250}$$

A Figura 4.14 apresenta as medições de descarga líquida realizadas na estação e também os pares Cota X Vazão resultantes do ajuste de curva-chave definido pela ANA.

PCH MACAÉ

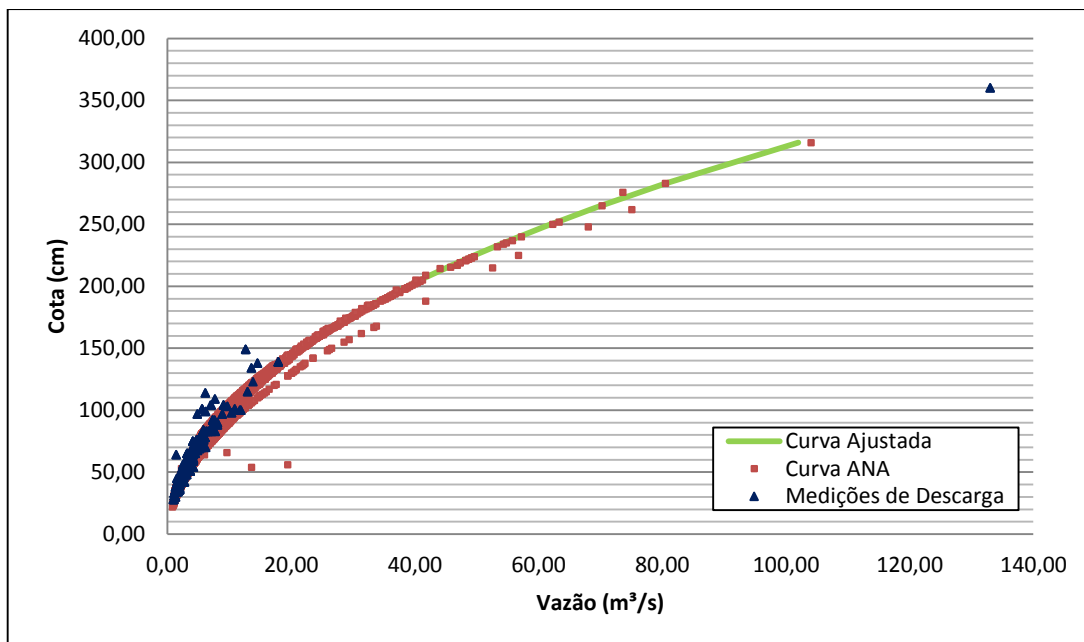


Figura 4.14 - Curva de Descarga - Posto Fluviométrico Galdinópolis (59125000)

As Figura 4.15 e Figura 4.16 apresentam as relações Vazão X Área Molhada e Vazão X Velocidade resultantes das medições de descarga líquida realizadas ao longo da operação da estação, apresentadas no banco de dados da ANA.

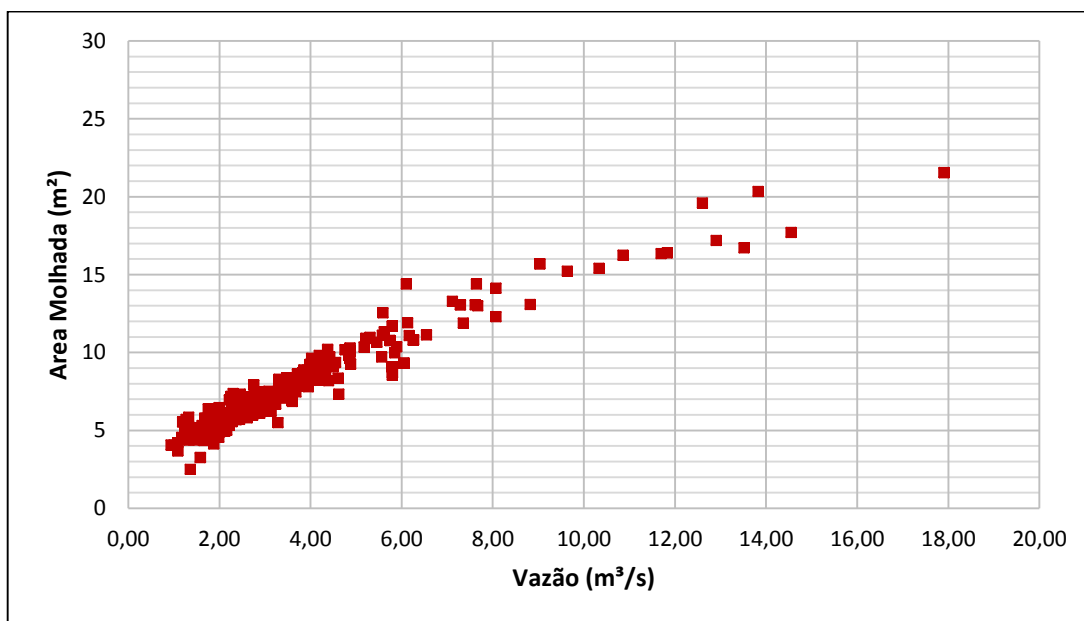


Figura 4.15 - Curva Vazão X Área Molhada - Posto Fluviométrico Galdinópolis (59125000)

PCH MACAÉ

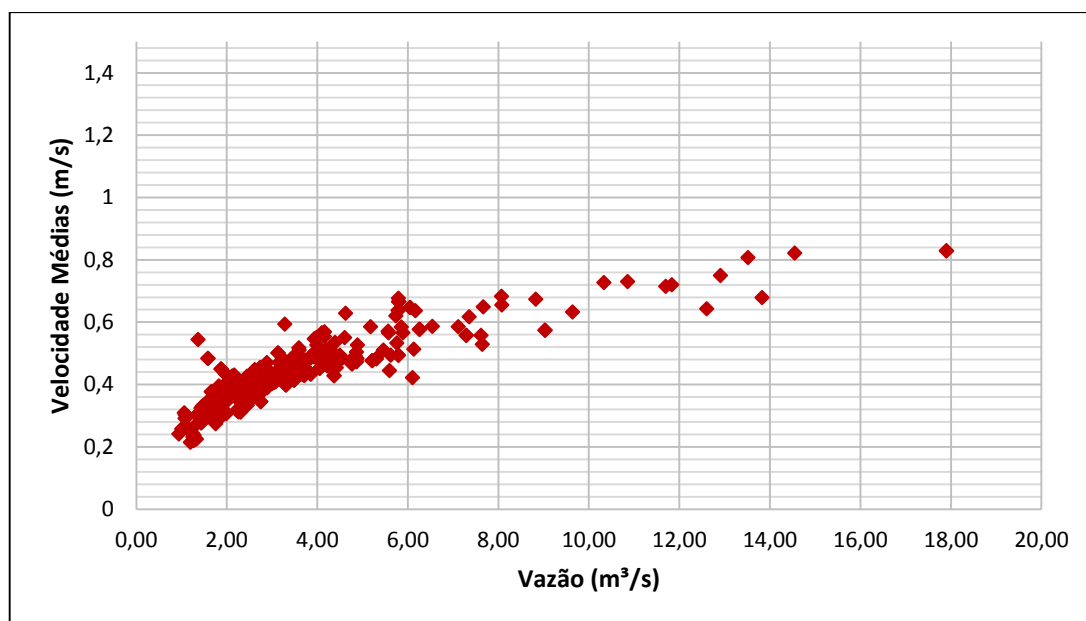


Figura 4.16 - Curva Vazão X Velocidade Média - Posto Fluviométrico Galdinópolis (59125000)

A série de vazões médias mensais obtidas a partir da aplicação da curva ajustada às medições de cota disponibilizadas pela ANA, obtendo-se uma série que varia de setembro de 1950 a fevereiro de 2017, apresentada na Tabela 4.22.

Tabela 4.22 - Série de Vazões Médias Mensais (m³/s) no Posto Fluviométrico Galdinópolis (59125000)

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | Média |
|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| 1950 | | | | | | | | | 1,3 | 1,5 | 2,1 | 3,6 | |
| 1951 | 4,8 | 5,2 | 8,5 | 5,4 | 3,5 | 2,7 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 3,8 | 3,5 |
| 1952 | 6,7 | 21,8 | 8,7 | 5,1 | 3,3 | 2,7 | 2,5 | 2,3 | 2,3 | 2,1 | 4,9 | 6,2 | 5,7 |
| 1953 | 3,5 | 4,4 | 3,1 | 3,5 | 3,7 | 2,4 | 1,9 | 1,6 | 1,7 | 1,4 | 4,5 | 4,3 | 3,0 |
| 1954 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 3,0 | 3,1 | 2,2 | 2,0 | 1,9 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 2,3 | 2,1 |
| 1955 | 5,7 | 2,5 | 2,2 | 3,0 | 2,2 | 2,2 | 1,5 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 3,9 | 4,9 | 2,6 |
| 1956 | 4,8 | 2,4 | 3,5 | 2,8 | 2,9 | 2,3 | 2,1 | 2,0 | 1,4 | 1,6 | 2,8 | 4,8 | 2,8 |
| 1957 | 3,5 | 3,8 | 5,3 | 7,8 | 3,6 | 2,7 | 2,2 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 3,0 | 8,9 | 3,8 |
| 1958 | 3,9 | 3,4 | 3,8 | 3,9 | 4,1 | 3,0 | 2,2 | 1,7 | 1,9 | 1,9 | 5,6 | 4,2 | 3,3 |
| 1959 | 5,0 | 3,0 | 5,4 | 3,7 | 3,0 | 2,5 | 1,8 | 2,8 | 1,5 | 1,4 | 3,6 | 4,0 | 3,1 |
| 1960 | 5,2 | 7,3 | 9,2 | 5,3 | 3,1 | 2,3 | 2,3 | 3,2 | 2,0 | 2,0 | 3,1 | 4,8 | 4,2 |
| 1961 | 14,0 | 13,6 | 9,4 | 6,4 | 4,4 | 3,1 | 2,7 | 1,9 | 1,5 | 1,3 | 1,8 | 4,3 | 5,4 |
| 1962 | 7,2 | 13,2 | 6,6 | 4,7 | 3,5 | 2,4 | 2,0 | 1,6 | 1,5 | 2,3 | 4,3 | 6,3 | 4,6 |
| 1963 | 4,9 | 6,2 | 3,8 | 3,1 | 2,2 | 2,1 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 1,7 | 1,8 | 2,6 |
| 1964 | 4,9 | 8,2 | 5,9 | 5,3 | 3,5 | 2,8 | 3,2 | 2,1 | 1,9 | 2,4 | 4,2 | 10,8 | 4,6 |
| 1965 | 11,5 | 12,9 | 6,2 | 4,7 | 4,0 | 2,9 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 2,8 | 4,0 | 5,9 | 5,1 |
| 1966 | 16,7 | 4,4 | 5,7 | 9,4 | 4,4 | 2,8 | 2,6 | 2,0 | 1,8 | 2,4 | 6,0 | 5,4 | 5,3 |
| 1967 | 14,6 | 14,7 | 10,0 | 6,3 | 4,2 | 3,1 | 3,8 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 2,4 | 9,1 | 6,2 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| 1968 | 14,7 | 8,9 | 14,4 | 6,7 | 3,6 | 2,5 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,1 | 2,4 | 4,2 | 5,5 |
| 1969 | 5,9 | 5,0 | 6,5 | 5,2 | 3,3 | 2,8 | 2,5 | 2,0 | 1,6 | 2,3 | 4,1 | 5,7 | 3,9 |
| 1970 | 6,4 | 3,3 | 2,8 | 2,5 | 1,9 | 1,7 | 1,8 | 1,5 | 1,7 | 2,2 | 4,2 | 3,2 | 2,8 |
| 1971 | 2,6 | 4,6 | 6,7 | | | | | 2,3 | 3,7 | 3,4 | 8,1 | 12,5 | |
| 1972 | 6,1 | 5,8 | 8,3 | 5,3 | 3,5 | 2,7 | 2,2 | 2,0 | 2,2 | 3,3 | 3,7 | 5,3 | 4,2 |
| 1973 | 6,6 | 11,8 | 5,6 | 4,3 | 4,7 | 2,9 | 2,6 | 2,2 | 2,3 | 3,1 | 6,7 | 5,4 | 4,8 |
| 1974 | 7,6 | 4,9 | 4,9 | 5,4 | 3,6 | 3,2 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 2,3 | 2,2 | 4,8 | 3,7 |
| 1975 | 8,4 | 5,7 | 4,5 | 4,9 | 4,1 | 3,2 | 2,6 | 2,0 | 1,9 | 3,1 | 3,5 | 4,1 | 4,0 |
| 1976 | 4,1 | 5,4 | 4,4 | 3,6 | 3,3 | 2,4 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 3,3 | 4,3 | 9,0 | 3,9 |
| 1977 | 7,8 | 4,7 | 3,5 | 5,5 | 3,5 | 2,5 | 2,1 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 5,4 | 10,6 | 4,3 |
| 1978 | 20,1 | 8,5 | 5,0 | 5,0 | 3,9 | 2,9 | 2,4 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 3,4 | 3,7 | 5,0 |
| 1979 | 10,0 | 22,0 | 15,2 | 9,2 | 4,5 | 3,0 | 3,2 | 2,4 | 2,8 | 2,4 | 4,8 | 7,4 | 7,2 |
| 1980 | 16,2 | 12,3 | 4,2 | 4,3 | 2,8 | 2,3 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 3,5 | 5,6 | 12,4 | 5,8 |
| 1981 | 14,3 | 10,4 | 9,7 | 10,8 | 5,4 | 3,4 | 3,1 | 2,2 | 1,9 | 2,0 | 3,6 | 14,3 | 6,8 |
| 1982 | 12,8 | 8,1 | 16,1 | 13,9 | 6,2 | 4,0 | 2,9 | 3,7 | 2,7 | 4,0 | 3,0 | 5,8 | 6,9 |
| 1983 | 10,9 | 6,0 | 6,9 | 6,1 | 5,1 | 6,0 | 3,5 | 2,6 | 5,2 | 5,0 | 6,3 | 7,6 | 5,9 |
| 1984 | 6,0 | 4,3 | 4,8 | 6,3 | 4,1 | 2,8 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 1,9 | 3,2 | 4,4 | 3,7 |
| 1985 | 11,8 | 11,1 | 11,1 | 6,7 | 4,6 | 3,2 | 2,5 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 3,7 | 4,5 | 5,4 |
| 1986 | 6,4 | 6,1 | 5,3 | 4,8 | 3,5 | 2,6 | 2,5 | 2,0 | 2,1 | 1,7 | 2,6 | 4,5 | 3,7 |
| 1987 | 7,9 | 6,3 | 6,2 | 5,1 | 3,8 | 3,4 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 1,7 | 2,6 | 5,0 | 4,0 |
| 1988 | 3,9 | 8,9 | 5,3 | 4,6 | 4,3 | 3,7 | 2,9 | 2,2 | 1,8 | 2,6 | 4,8 | 4,5 | 4,1 |
| 1989 | 8,4 | 5,2 | 6,5 | 6,9 | 4,9 | 4,0 | 3,2 | 2,4 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 5,8 | 4,6 |
| 1990 | 3,2 | 2,8 | 3,9 | 5,6 | 4,2 | 2,9 | 2,6 | 2,3 | 2,6 | 2,8 | 3,8 | 3,2 | 3,3 |
| 1991 | 12,2 | 8,3 | 6,3 | 6,2 | 4,4 | 3,5 | 2,7 | 2,2 | 2,8 | 3,0 | 2,6 | 3,9 | 4,9 |
| 1992 | 8,3 | 4,8 | 3,3 | 2,9 | 2,8 | 1,9 | 1,9 | 1,6 | 3,0 | 3,7 | 4,9 | 10,2 | 4,1 |
| 1993 | 5,4 | 3,8 | 4,4 | 4,4 | 3,5 | 3,0 | 2,2 | 1,8 | 2,1 | 2,3 | 2,0 | 2,7 | 3,1 |
| 1994 | 7,9 | 4,3 | 10,3 | 11,2 | 5,0 | 3,6 | 2,8 | 2,2 | 1,8 | 2,0 | 2,9 | 8,4 | 5,2 |
| 1995 | 4,4 | 6,5 | 3,8 | 3,1 | 3,0 | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 2,2 | 2,5 | 3,4 | 4,5 | 3,3 |
| 1996 | 5,5 | 4,8 | 5,1 | 4,5 | 3,4 | 2,8 | 2,2 | 2,0 | 3,0 | 2,3 | 5,7 | 5,6 | 3,9 |
| 1997 | 14,1 | 5,5 | 6,2 | 4,5 | 3,6 | 3,1 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 2,0 | 3,2 | 3,8 | 4,3 |
| 1998 | 6,8 | 10,8 | 5,9 | 5,5 | 3,6 | 2,9 | 2,5 | 2,1 | 2,0 | 3,4 | 4,9 | 5,0 | 4,6 |
| 1999 | 5,8 | 4,4 | 5,9 | 5,6 | 3,6 | 3,2 | 2,4 | 2,2 | 1,6 | 2,2 | 3,7 | 5,0 | 3,8 |
| 2000 | 9,1 | 6,2 | 7,3 | 5,7 | 3,4 | 2,4 | 2,3 | 2,8 | 3,3 | 2,2 | 3,6 | 5,8 | 4,5 |
| 2001 | 6,1 | 4,5 | 3,9 | 3,6 | 2,9 | 2,1 | 1,9 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2,5 | 3,8 | 3,0 |
| 2002 | 5,1 | 7,4 | 5,0 | 3,6 | 3,3 | 2,4 | 2,0 | 1,6 | 2,4 | 1,7 | 4,0 | 10,5 | 4,1 |
| 2003 | 9,2 | 5,3 | 4,8 | 3,6 | 2,9 | 2,2 | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 2,3 | 4,0 | 9,3 | 4,1 |
| 2004 | 13,2 | 8,7 | 5,9 | 6,5 | 4,6 | 3,5 | 3,8 | 3,0 | 2,2 | 2,7 | 4,6 | 7,9 | 5,5 |
| 2005 | 9,0 | 14,9 | 12,8 | 6,4 | 5,0 | 3,5 | 3,2 | 2,3 | 2,4 | 2,0 | 4,6 | 8,9 | 6,2 |
| 2006 | 5,1 | 4,5 | 4,6 | 6,8 | 4,4 | 3,3 | 2,4 | 2,1 | 1,9 | 2,5 | 5,4 | 7,1 | 4,2 |
| 2007 | 18,4 | 8,6 | 4,8 | 4,4 | 4,0 | 3,1 | 2,5 | 1,9 | 1,5 | 1,6 | 2,6 | 5,8 | 4,9 |
| 2008 | 6,9 | 9,5 | 8,6 | 7,8 | 4,7 | 3,3 | 2,5 | 2,1 | 2,1 | 2,3 | 4,3 | 5,8 | 5,0 |
| 2009 | 13,5 | 10,6 | 6,4 | 6,6 | 4,3 | 3,4 | 2,8 | 2,3 | 2,4 | 4,2 | 8,1 | 10,8 | 6,3 |
| 2010 | 5,7 | 4,3 | 8,4 | 7,0 | 4,0 | 3,6 | 3,0 | 2,3 | 1,8 | 2,1 | 4,2 | 7,0 | 4,5 |
| 2011 | 8,2 | 4,3 | 7,6 | 6,1 | 3,8 | 3,1 | 2,5 | 2,1 | 1,8 | 2,1 | 2,8 | 5,6 | 4,2 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| 2012 | 9,6 | 7,1 | 4,3 | 3,8 | 3,5 | 2,8 | 2,3 | 1,9 | 1,9 | 1,6 | 3,1 | 2,8 | 3,7 |
| 2013 | 4,6 | 4,9 | 8,0 | 5,3 | 3,8 | 2,9 | 3,0 | 2,2 | 2,0 | 2,2 | 3,7 | 7,1 | 4,1 |
| 2014 | 3,7 | 2,9 | 2,7 | 5,7 | 3,7 | 3,3 | 2,9 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 2,4 | 2,7 | 3,1 |
| 2015 | 2,4 | 3,5 | 4,4 | 4,3 | 3,3 | 3,7 | 2,6 | 1,9 | 1,8 | 1,5 | 3,1 | 3,8 | 3,0 |
| 2016 | 6,4 | 6,5 | 7,6 | 3,6 | 2,8 | 2,6 | 1,8 | 1,7 | 2,7 | 1,8 | 7,0 | 8,3 | 4,4 |
| 2017 | 7,2 | 4,2 | | | | | | | | | | | |
| Média | 8,0 | 7,1 | 6,4 | 5,5 | 3,8 | 2,9 | 2,4 | 2,1 | 2,1 | 2,3 | 3,9 | 6,0 | 4,4 |

4.2.3.4. Posto Fluiométrico Macaé de Cima (59120000)

O posto fluiométrico Macaé de Cima apresenta dados de cotas e vazões médias diárias disponibilizadas de maio de 1967 a fevereiro de 2017, sendo que os dados estão consistidos pela ANA até dezembro de 2009.

A estação ainda abrange uma amostra contendo um total de 215 medições de descarga, compreendidas entre os meses de maio de 1967 e fevereiro de 2017. Sendo que os dados foram consistidos até a 195ª medição, em novembro de 2010.

A análise de consistência das medições de descarga resultou na determinação de uma equação de curva-chave diferente da curva representada pelos pares cota-vazão fornecidos pela ANA, buscando-se adequar o traçado considerando as medições de descarga líquida com as maiores vazões. O ajuste é apresentado na Figura 4.17 e a equação determinada é a seguinte:

$$Q = 0,001 * (H + 18,158)^{2,100}$$

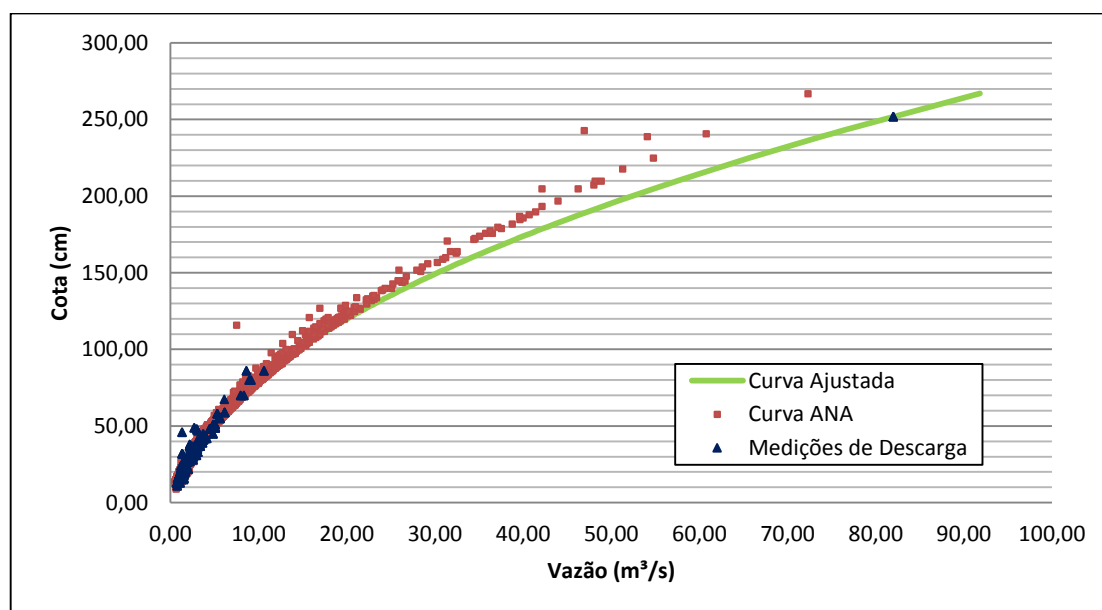


Figura 4.17 - Curva de Descarga - Posto Fluiométrico Macaé de Cima (59120000)

PCH MACAÉ

As Figura 4.18 e Figura 4.19 apresentam as relações Vazão X Área Molhada e Vazão X Velocidade resultantes das medições de descarga líquida realizadas ao longo da operação da estação, apresentadas no banco de dados da ANA.

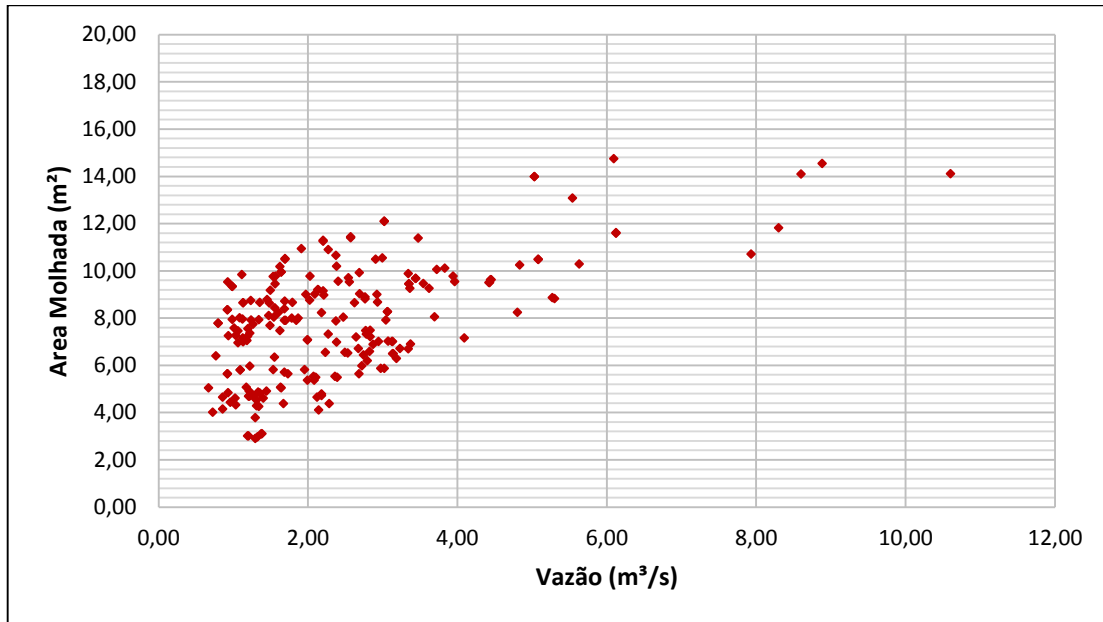


Figura 4.18 - Curva Vazão X Área Molhada - Posto Fluviométrico Macaé de Cima (59120000)

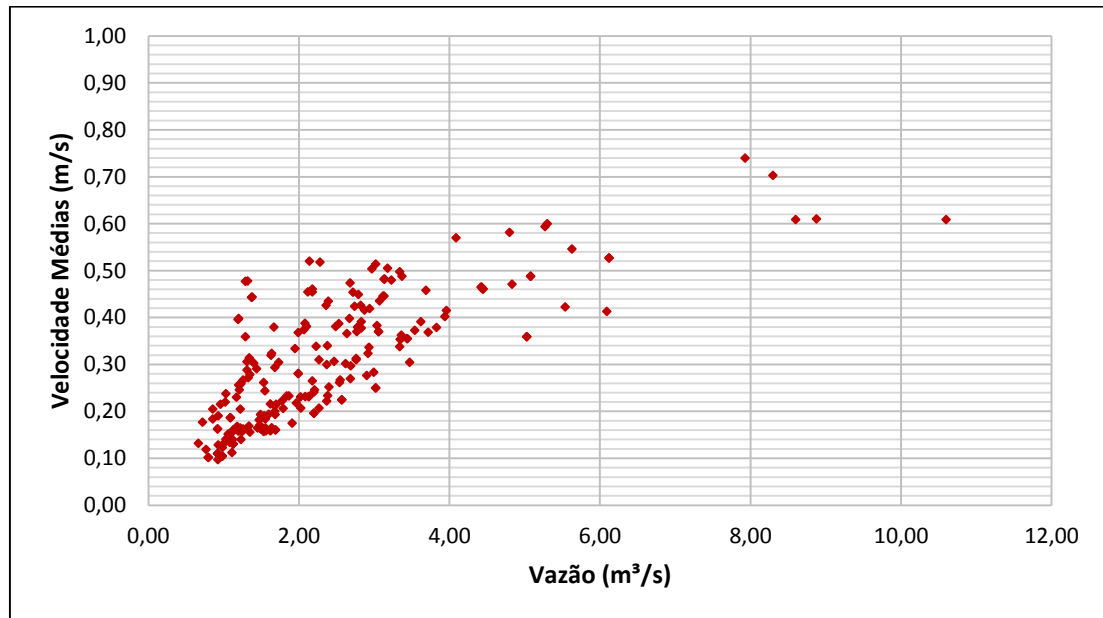


Figura 4.19- Curva Vazão X Velocidade Média - Posto Fluviométrico Macaé de Cima (59120000)

PCH MACAÉ

A partir da aplicação da curva ajustada às medições de cota disponibilizadas pela ANA, foi possível obter uma série de vazões médias mensais que varia de junho de 1967 a abril de 2017, apresentada na Tabela 4.23.

Tabela 4.23 - Série de Vazões Médias Mensais (m³/s) no Posto Fluviométrico Macaé de Cima (59120000)

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | Média |
|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1967 | | | | | | 3,3 | 3,8 | 2,5 | 1,9 | 1,6 | 2,5 | 8,8 | |
| 1968 | 6,0 | 5,9 | 9,3 | 3,9 | 2,7 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 2,5 | 4,1 | 3,7 |
| 1969 | 5,4 | 3,8 | 6,2 | 4,8 | 2,3 | 2,0 | 1,6 | 1,5 | 1,1 | 1,6 | 4,7 | 5,5 | 3,4 |
| 1970 | 6,6 | 2,2 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 2,3 | 2,2 | 2,1 |
| 1971 | | | | | | | | | 2,7 | 2,6 | 6,6 | 9,4 | |
| 1972 | 4,6 | 4,2 | 5,7 | 3,4 | 2,6 | 1,6 | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 2,5 | 2,5 | 3,6 | 3,0 |
| 1973 | 4,4 | 7,1 | 3,2 | 2,5 | 2,7 | 1,6 | 1,5 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 4,0 | 3,7 | 2,9 |
| 1974 | 4,6 | 2,6 | 4,1 | 3,1 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 1,0 | 1,5 | 1,1 | 2,6 | 2,2 |
| 1975 | 5,9 | 3,9 | 2,4 | 3,3 | 2,6 | 1,9 | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 2,0 | 2,4 | 3,4 | 2,6 |
| 1976 | 3,1 | 5,2 | 2,9 | 2,1 | 1,8 | 1,5 | 1,4 | 1,6 | 1,6 | 1,9 | 3,6 | 4,7 | 2,6 |
| 1977 | 4,0 | 2,8 | 1,8 | 2,9 | 2,3 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 4,3 | 8,5 | 2,7 |
| 1978 | 8,5 | 5,2 | 3,2 | 2,6 | 2,4 | 1,7 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 4,0 | 4,1 | 3,1 |
| 1979 | 6,2 | 7,5 | 6,7 | 3,9 | 2,3 | 1,8 | 4,1 | 1,6 | 1,8 | 1,5 | 2,9 | 3,8 | 3,7 |
| 1980 | 5,5 | 4,6 | 2,3 | 2,6 | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 1,4 | 2,5 | 3,4 | 6,6 | 2,9 |
| 1981 | 7,4 | 5,5 | 4,5 | 4,9 | 2,4 | 1,6 | 1,8 | 1,3 | 1,0 | 1,3 | 2,1 | 8,0 | 3,5 |
| 1982 | 4,4 | 4,9 | 6,5 | 5,7 | 2,6 | 1,8 | 1,5 | 2,0 | 1,5 | 2,1 | 1,9 | 3,6 | 3,2 |
| 1983 | 5,6 | 3,5 | 3,4 | 2,9 | 3,0 | 2,7 | 1,8 | 1,4 | 2,9 | 2,6 | 3,2 | 4,1 | 3,1 |
| 1984 | 2,8 | 2,1 | 3,0 | 3,5 | 2,3 | 1,6 | 1,4 | 1,5 | 1,1 | 1,0 | 1,9 | 2,7 | 2,1 |
| 1985 | 6,2 | 5,3 | 6,6 | 3,3 | 2,5 | 1,7 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 3,2 | 2,3 | 3,0 |
| 1986 | 3,3 | 2,7 | 2,7 | 2,9 | 2,0 | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 2,9 | 2,0 |
| 1987 | 3,3 | 4,0 | 3,3 | 2,5 | 2,1 | 2,2 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,9 | 2,6 | 2,2 |
| 1988 | 2,0 | 6,8 | 3,2 | 2,3 | 2,6 | 2,1 | 1,7 | 1,4 | 1,1 | 1,5 | 3,3 | 3,0 | 2,6 |
| 1989 | 6,2 | 3,0 | 4,6 | 3,9 | 3,0 | 2,3 | 2,1 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,8 | 3,3 | 2,9 |
| 1990 | 1,8 | 1,7 | 3,6 | 4,7 | 2,5 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,8 | 1,5 | 1,7 | 2,9 | 2,2 |
| 1991 | 10,4 | 11,8 | | | 2,7 | 2,4 | 2,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,5 | 2,0 | |
| 1992 | 5,9 | 2,5 | 1,9 | 1,8 | 1,4 | 1,1 | 1,3 | 1,2 | 3,3 | 2,3 | 4,7 | 8,0 | 3,0 |
| 1993 | 3,9 | 2,7 | 3,2 | 3,1 | 2,5 | 2,2 | 1,5 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,6 | 2,9 | 2,3 |
| 1994 | 3,8 | 2,7 | 5,9 | 6,3 | 3,3 | 2,4 | 1,9 | 1,6 | 1,3 | 1,8 | 2,6 | 4,2 | 3,2 |
| 1995 | 3,5 | 4,4 | 2,7 | 2,1 | 2,1 | 1,7 | 1,4 | 1,2 | 1,8 | 1,9 | 2,2 | 2,5 | 2,3 |
| 1996 | 3,2 | 2,7 | 3,1 | 2,9 | 2,2 | 1,7 | 1,3 | 1,2 | 2,0 | 1,4 | 2,8 | 3,3 | 2,3 |
| 1997 | 7,2 | 3,3 | 3,0 | 2,1 | 2,3 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 2,4 |
| 1998 | 3,9 | 5,4 | 3,6 | 3,6 | 2,2 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 2,5 | 4,0 | 3,5 | 2,9 |
| 1999 | 3,9 | 3,0 | 3,5 | 3,3 | 2,1 | 1,9 | 1,3 | 1,5 | 1,4 | 1,6 | 2,5 | 3,9 | 2,5 |
| 2000 | 4,4 | 3,8 | 4,3 | 3,9 | 2,0 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 2,4 | 1,4 | 2,2 | 4,0 | 2,7 |
| 2001 | 3,4 | 2,7 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 1,3 | 1,0 | 0,9 | 1,1 | 1,0 | 1,7 | 2,2 | 1,8 |
| 2002 | 3,1 | 4,6 | 2,6 | 2,0 | 2,1 | 1,5 | 1,2 | 1,1 | 1,6 | 1,1 | 2,4 | 5,9 | 2,4 |
| 2003 | 5,4 | 3,3 | 2,8 | 2,3 | 1,9 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 2,7 | 6,4 | 2,6 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2004 | 9,4 | 5,1 | 3,5 | 4,1 | 2,5 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,3 | 1,6 | 3,8 | 5,2 | 3,5 |
| 2005 | 5,9 | 8,8 | 7,5 | 4,0 | 3,1 | 2,1 | 2,0 | 1,4 | 1,6 | 1,2 | 2,9 | 8,0 | 4,0 |
| 2006 | 3,0 | 2,6 | 2,7 | 5,0 | 2,7 | 1,9 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 4,2 | 4,6 | 2,7 |
| 2007 | 10,6 | 5,1 | 2,7 | 2,3 | 2,8 | 1,8 | 1,6 | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 1,7 | 4,0 | 3,0 |
| 2008 | 4,7 | 6,4 | 5,5 | 5,0 | 2,9 | 2,0 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 3,3 | 3,8 | 3,2 |
| 2009 | 9,2 | 6,4 | 3,3 | 3,8 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 3,0 | 5,5 | 6,9 | 3,9 |
| 2010 | 3,5 | 2,5 | 7,1 | 4,4 | 2,3 | 2,5 | 1,8 | 1,4 | 1,4 | 1,8 | 2,5 | 3,8 | 2,9 |
| 2011 | 3,6 | 2,3 | 5,5 | 3,7 | 2,6 | 1,9 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 2,1 | 3,9 | 2,6 |
| 2012 | 6,7 | 3,3 | 2,3 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 1,1 | 1,9 | 1,7 | 2,2 |
| 2013 | 2,4 | 2,7 | 5,6 | 3,2 | 2,0 | 1,6 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,7 | 4,3 | 2,4 |
| 2014 | 2,0 | 1,5 | 1,5 | 3,5 | 2,6 | 2,2 | 2,7 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 1,6 | 2,1 | 2,0 |
| 2015 | 1,5 | 2,3 | 2,5 | 2,9 | 1,9 | 2,9 | 1,7 | 1,2 | 1,3 | 1,1 | 2,1 | 1,7 | 1,9 |
| 2016 | 4,0 | 3,3 | 4,6 | 2,2 | 1,6 | 1,5 | 1,2 | 1,0 | 1,4 | 1,2 | 4,1 | 4,8 | 2,6 |
| 2017 | 4,4 | 2,8 | 5,7 | 3,4 | | | | | | | | | |
| Média | 4,9 | 4,1 | 4,0 | 3,3 | 2,3 | 1,8 | 1,7 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 2,8 | 4,2 | 2,8 |

4.2.3.5. UHE Ilha dos Pombos (130)

A série de vazões médias mensais da UHE Ilha dos Pombos foi obtida a partir dos dados de operação disponibilizados pela ONS, com informações de 1931 ao ano de 2015, conforme apresenta a Tabela 4.24.

Tabela 4.24 - Série de Vazões Médias Mensais na UHE Ilha dos Pombos (130)

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | Média |
|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1931 | 1044,3 | 2153,4 | 1630,1 | 1053,9 | 671,2 | 522,7 | 438,7 | 367,6 | 380,9 | 510,4 | 534,2 | 889,9 | 849,8 |
| 1932 | 1394,7 | 1227,1 | 1087,6 | 648,9 | 608,7 | 561,5 | 390,1 | 365,8 | 349,8 | 461,8 | 539,8 | 1149,5 | 732,1 |
| 1933 | 1312,2 | 773,3 | 708,0 | 495,1 | 445,0 | 366,2 | 306,7 | 259,2 | 291,5 | 433,7 | 490,3 | 922,2 | 566,9 |
| 1934 | 1333,9 | 675,9 | 724,4 | 525,1 | 375,2 | 300,6 | 256,4 | 218,5 | 240,9 | 262,2 | 255,6 | 864,0 | 502,7 |
| 1935 | 907,1 | 1823,4 | 1057,5 | 724,0 | 511,9 | 414,6 | 330,3 | 292,0 | 305,9 | 506,0 | 388,5 | 390,2 | 637,6 |
| 1936 | 390,8 | 584,2 | 1470,6 | 885,8 | 492,4 | 358,8 | 301,1 | 278,6 | 340,2 | 299,3 | 345,5 | 738,3 | 540,5 |
| 1937 | 1278,1 | 1324,0 | 732,3 | 643,3 | 613,0 | 422,4 | 312,4 | 250,6 | 220,6 | 429,2 | 600,7 | 1430,0 | 688,1 |
| 1938 | 1283,6 | 1156,3 | 1039,0 | 780,4 | 576,7 | 471,6 | 375,7 | 417,2 | 366,8 | 508,8 | 624,6 | 885,3 | 707,2 |
| 1939 | 1081,6 | 1027,8 | 697,7 | 761,3 | 491,6 | 374,0 | 309,6 | 262,5 | 245,1 | 276,8 | 374,0 | 635,1 | 544,7 |
| 1940 | 1130,0 | 1449,1 | 1208,3 | 650,8 | 471,9 | 388,0 | 287,3 | 242,3 | 249,0 | 365,8 | 676,4 | 782,1 | 658,4 |
| 1941 | 890,5 | 636,6 | 774,0 | 632,2 | 407,2 | 341,4 | 337,8 | 224,9 | 472,3 | 540,1 | 582,6 | 980,2 | 568,3 |
| 1942 | 945,8 | 857,1 | 1113,2 | 702,7 | 557,7 | 421,4 | 415,5 | 282,7 | 300,9 | 385,9 | 557,4 | 969,8 | 625,8 |
| 1943 | 1798,8 | 1417,6 | 1131,9 | 733,1 | 522,2 | 433,9 | 343,3 | 325,7 | 313,7 | 526,1 | 524,4 | 900,8 | 747,6 |
| 1944 | 890,9 | 1442,2 | 1688,9 | 857,2 | 588,6 | 452,7 | 382,7 | 299,1 | 253,7 | 276,1 | 357,9 | 559,8 | 670,8 |
| 1945 | 911,8 | 1421,3 | 883,6 | 823,9 | 536,0 | 462,1 | 497,5 | 297,9 | 271,0 | 250,1 | 448,1 | 844,6 | 637,3 |
| 1946 | 1672,7 | 875,2 | 939,8 | 763,4 | 503,7 | 408,1 | 336,1 | 268,4 | 218,6 | 365,8 | 485,8 | 524,2 | 613,5 |
| 1947 | 1456,0 | 1599,3 | 2579,3 | 1170,5 | 775,9 | 555,8 | 637,0 | 511,9 | 559,2 | 603,4 | 720,4 | 1214,1 | 1031,9 |
| 1948 | 1140,9 | 1474,2 | 1617,0 | 1011,5 | 667,8 | 545,4 | 429,0 | 410,0 | 335,6 | 408,1 | 547,3 | 936,5 | 793,6 |
| 1949 | 1222,5 | 1533,4 | 999,0 | 719,5 | 530,1 | 468,4 | 373,1 | 296,5 | 270,6 | 361,8 | 456,4 | 730,0 | 663,4 |
| 1950 | 1427,1 | 1761,4 | 1300,3 | 1037,5 | 744,8 | 561,3 | 431,1 | 333,5 | 288,4 | 418,5 | 693,1 | 1063,3 | 838,3 |
| 1951 | 1149,5 | 1328,7 | 1544,4 | 1084,3 | 609,5 | 504,1 | 462,5 | 362,7 | 317,5 | 337,0 | 358,9 | 640,9 | 725,0 |
| 1952 | 1151,3 | 1451,5 | 1736,7 | 960,0 | 538,5 | 647,4 | 461,3 | 410,9 | 449,1 | 430,0 | 627,3 | 804,2 | 805,7 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 1953 | 538,3 | 706,2 | 604,3 | 641,5 | 474,6 | 335,0 | 338,3 | 297,3 | 266,1 | 356,6 | 575,7 | 684,4 | 484,9 |
| 1954 | 477,3 | 633,3 | 532,6 | 526,5 | 486,5 | 382,2 | 273,5 | 219,6 | 195,5 | 254,7 | 301,5 | 371,0 | 387,8 |
| 1955 | 848,0 | 474,7 | 502,0 | 451,4 | 317,1 | 277,8 | 208,5 | 174,4 | 178,8 | 195,0 | 334,9 | 630,8 | 382,8 |
| 1956 | 615,8 | 474,4 | 793,3 | 505,0 | 416,8 | 412,9 | 295,5 | 355,8 | 264,0 | 290,6 | 371,4 | 688,5 | 457,0 |
| 1957 | 794,3 | 841,5 | 1191,5 | 1119,7 | 575,3 | 424,9 | 361,4 | 297,6 | 402,0 | 298,8 | 530,8 | 694,0 | 627,7 |
| 1958 | 523,8 | 874,3 | 790,4 | 649,2 | 639,1 | 553,0 | 408,3 | 304,3 | 358,7 | 412,7 | 612,3 | 774,5 | 575,1 |
| 1959 | 1218,7 | 726,8 | 974,7 | 843,0 | 471,5 | 356,7 | 290,9 | 297,7 | 236,2 | 254,1 | 538,9 | 531,9 | 561,7 |
| 1960 | 764,7 | 1047,9 | 1571,7 | 740,8 | 548,4 | 436,5 | 369,5 | 336,9 | 282,6 | 305,6 | 442,7 | 789,7 | 636,4 |
| 1961 | 1710,0 | 1794,3 | 1830,6 | 1020,5 | 745,9 | 537,3 | 418,9 | 352,7 | 289,5 | 268,9 | 358,1 | 553,6 | 823,4 |
| 1962 | 875,5 | 1739,6 | 1102,9 | 677,7 | 504,2 | 394,8 | 324,7 | 303,0 | 347,3 | 460,4 | 676,1 | 927,4 | 694,5 |
| 1963 | 969,9 | 1041,4 | 752,5 | 486,0 | 344,8 | 293,2 | 257,5 | 228,5 | 184,9 | 217,2 | 370,0 | 273,2 | 451,6 |
| 1964 | 584,1 | 1230,2 | 679,3 | 480,6 | 392,8 | 295,3 | 312,0 | 239,3 | 213,3 | 351,2 | 392,1 | 646,0 | 484,7 |
| 1965 | 1245,2 | 1598,2 | 1228,4 | 704,3 | 728,3 | 509,0 | 442,5 | 357,3 | 288,4 | 517,5 | 654,2 | 838,1 | 759,3 |
| 1966 | 2016,4 | 851,6 | 1260,4 | 860,5 | 619,1 | 448,3 | 377,9 | 348,5 | 325,0 | 429,0 | 1015,9 | 1097,9 | 804,2 |
| 1967 | 2054,1 | 2270,8 | 2022,0 | 1159,1 | 729,8 | 605,7 | 501,9 | 391,7 | 364,3 | 386,8 | 664,5 | 899,3 | 1004,2 |
| 1968 | 1029,0 | 712,0 | 813,7 | 589,0 | 414,3 | 341,1 | 308,2 | 305,2 | 297,3 | 293,8 | 260,8 | 585,2 | 495,8 |
| 1969 | 820,1 | 727,7 | 756,9 | 586,6 | 355,6 | 337,3 | 274,0 | 273,2 | 236,7 | 333,7 | 648,6 | 871,5 | 518,5 |
| 1970 | 841,4 | 821,8 | 866,9 | 535,8 | 389,9 | 318,7 | 329,8 | 285,1 | 439,4 | 420,2 | 486,5 | 507,1 | 520,2 |
| 1971 | 524,5 | 305,7 | 630,1 | 440,8 | 336,5 | 359,6 | 285,1 | 237,9 | 317,0 | 448,8 | 587,0 | 944,3 | 451,4 |
| 1972 | 844,2 | 1095,9 | 1196,9 | 701,5 | 457,9 | 363,0 | 352,4 | 347,1 | 352,7 | 510,5 | 672,9 | 742,7 | 636,5 |
| 1973 | 1109,3 | 1230,0 | 766,1 | 807,2 | 580,3 | 416,0 | 380,4 | 332,7 | 304,0 | 412,5 | 669,6 | 884,7 | 657,7 |
| 1974 | 1155,0 | 799,3 | 961,1 | 821,3 | 492,8 | 446,4 | 385,9 | 294,9 | 258,3 | 311,9 | 311,6 | 719,2 | 579,8 |
| 1975 | 1155,2 | 1091,5 | 828,2 | 574,6 | 408,0 | 332,1 | 304,4 | 234,9 | 210,7 | 346,5 | 636,6 | 895,5 | 584,8 |
| 1976 | 814,2 | 868,4 | 866,3 | 727,3 | 560,9 | 577,0 | 591,4 | 474,2 | 543,5 | 606,4 | 693,6 | 933,1 | 688,0 |
| 1977 | 1085,0 | 836,9 | 561,6 | 670,1 | 432,7 | 361,7 | 284,1 | 241,3 | 328,1 | 303,4 | 515,2 | 900,4 | 543,4 |
| 1978 | 1213,1 | 790,8 | 810,2 | 497,7 | 407,2 | 403,0 | 322,7 | 254,8 | 227,1 | 229,4 | 443,0 | 553,2 | 512,7 |
| 1979 | 696,8 | 1280,2 | 871,5 | 554,3 | 464,4 | 361,1 | 336,0 | 333,6 | 408,1 | 326,0 | 664,9 | 755,5 | 587,7 |
| 1980 | 1128,2 | 925,9 | 651,6 | 787,2 | 432,6 | 372,6 | 359,9 | 311,9 | 307,0 | 358,7 | 500,3 | 845,1 | 581,7 |
| 1981 | 1230,5 | 787,9 | 746,0 | 605,4 | 434,4 | 379,6 | 330,2 | 291,8 | 240,0 | 373,3 | 666,2 | 1013,8 | 591,6 |
| 1982 | 1137,0 | 798,3 | 1396,7 | 1037,0 | 586,9 | 503,2 | 436,1 | 402,9 | 317,5 | 435,9 | 505,9 | 1067,6 | 718,8 |
| 1983 | 1636,3 | 1263,5 | 1174,6 | 1053,9 | 773,7 | 1358,2 | 742,6 | 528,8 | 1011,5 | 949,2 | 1032,8 | 1320,5 | 1070,5 |
| 1984 | 1102,6 | 674,8 | 620,3 | 658,2 | 639,1 | 407,0 | 337,1 | 341,9 | 327,1 | 300,8 | 324,2 | 498,6 | 519,3 |
| 1985 | 1414,2 | 1643,8 | 1611,9 | 918,6 | 645,7 | 484,1 | 399,7 | 336,5 | 365,7 | 316,7 | 419,8 | 608,7 | 763,8 |
| 1986 | 847,1 | 957,9 | 1092,1 | 596,6 | 470,1 | 383,7 | 344,9 | 385,0 | 307,2 | 272,7 | 322,6 | 951,1 | 577,6 |
| 1987 | 986,8 | 1041,7 | 710,1 | 926,9 | 674,3 | 591,9 | 413,5 | 318,5 | 385,0 | 349,9 | 352,9 | 709,3 | 621,7 |
| 1988 | 865,7 | 1738,9 | 1213,1 | 780,4 | 696,1 | 621,9 | 428,0 | 387,7 | 353,5 | 410,7 | 544,3 | 562,8 | 716,9 |
| 1989 | 1085,3 | 1199,2 | 1190,2 | 803,7 | 549,3 | 520,7 | 420,4 | 444,4 | 392,7 | 356,5 | 417,2 | 618,7 | 666,5 |
| 1990 | 658,7 | 373,6 | 640,9 | 566,3 | 417,5 | 341,4 | 354,5 | 331,0 | 381,0 | 401,1 | 391,1 | 373,0 | 435,8 |
| 1991 | 1003,1 | 1098,7 | 1017,9 | 1190,4 | 672,5 | 444,4 | 431,4 | 353,3 | 329,2 | 529,9 | 375,3 | 464,0 | 659,2 |
| 1992 | 1219,2 | 727,1 | 646,5 | 493,9 | 463,4 | 352,1 | 358,0 | 305,7 | 449,4 | 504,1 | 751,6 | 795,4 | 588,9 |
| 1993 | 626,6 | 890,2 | 962,2 | 830,6 | 516,1 | 506,4 | 377,4 | 327,0 | 373,3 | 431,9 | 347,7 | 448,0 | 553,1 |
| 1994 | 814,3 | 579,0 | 898,3 | 762,1 | 649,0 | 417,9 | 322,7 | 270,6 | 222,1 | 227,2 | 365,3 | 693,7 | 518,5 |
| 1995 | 583,2 | 1522,8 | 721,1 | 530,6 | 414,0 | 312,0 | 314,8 | 241,2 | 218,2 | 483,2 | 610,6 | 716,6 | 555,7 |
| 1996 | 1299,6 | 1241,8 | 1527,5 | 877,3 | 589,3 | 455,9 | 380,8 | 343,2 | 593,0 | 430,8 | 946,6 | 914,0 | 800,0 |
| 1997 | 1572,7 | 1002,9 | 913,3 | 598,9 | 463,5 | 477,5 | 358,3 | 312,5 | 280,1 | 376,7 | 520,5 | 651,8 | 627,4 |
| 1998 | 700,0 | 977,1 | 719,5 | 526,9 | 437,4 | 335,2 | 284,4 | 262,5 | 280,4 | 502,7 | 503,7 | 574,6 | 508,7 |
| 1999 | 1196,3 | 1086,4 | 972,9 | 593,5 | 405,2 | 400,1 | 355,6 | 284,5 | 270,1 | 266,2 | 331,8 | 635,4 | 566,5 |
| 2000 | 1267,5 | 921,2 | 770,4 | 678,7 | 385,0 | 317,2 | 315,6 | 293,9 | 397,7 | 271,8 | 416,8 | 716,3 | 562,7 |
| 2001 | 751,2 | 821,7 | 598,2 | 525,9 | 350,6 | 275,4 | 242,0 | 223,8 | 242,3 | 317,4 | 368,2 | 573,3 | 440,8 |
| 2002 | 946,1 | 1180,8 | 706,0 | 461,7 | 386,8 | 287,1 | 272,5 | 244,8 | 262,0 | 195,1 | 444,0 | 808,1 | 516,3 |
| 2003 | 1141,5 | 827,4 | 714,4 | 485,8 | 361,9 | 295,3 | 265,8 | 245,3 | 248,0 | 352,0 | 490,8 | 626,9 | 504,6 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 2004 | 892,4 | 1070,1 | 1017,6 | 928,0 | 624,4 | 582,5 | 506,4 | 371,7 | 287,0 | 382,5 | 473,3 | 892,8 | 669,1 |
| 2005 | 1211,3 | 1268,8 | 938,6 | 792,8 | 594,6 | 502,2 | 429,4 | 339,3 | 349,3 | 341,6 | 521,7 | 856,4 | 678,8 |
| 2006 | 685,0 | 1128,0 | 758,0 | 553,0 | 408,0 | 333,0 | 301,0 | 269,0 | 279,0 | 427,0 | 638,0 | 978,0 | 563,1 |
| 2007 | 1643,5 | 952,8 | 563,1 | 469,6 | 399,1 | 335,2 | 316,2 | 273,3 | 197,9 | 272,1 | 536,3 | 552,0 | 542,6 |
| 2008 | 674,6 | 1352,1 | 1187,7 | 1019,8 | 611,1 | 489,7 | 363,7 | 353,4 | 304,1 | 419,8 | 723,0 | 1126,6 | 718,8 |
| 2009 | 1347,3 | 1721,2 | 1063,1 | 823,0 | 562,2 | 486,0 | 454,7 | 431,6 | 433,4 | 694,9 | 825,6 | 1442,5 | 857,1 |
| 2010 | 1688,0 | 941,8 | 1257,3 | 1018,8 | 612,7 | 471,6 | 470,3 | 341,4 | 307,4 | 388,3 | 669,6 | 1385,6 | 796,1 |
| 2011 | 1721,0 | 776,3 | 1407,8 | 956,9 | 595,5 | 487,9 | 399,7 | 343,8 | 284,0 | 384,1 | 477,6 | 951,2 | 732,1 |
| 2012 | 1411,9 | 817,7 | 606,5 | 549,9 | 540,4 | 506,7 | 390,1 | 291,6 | 245,6 | 255,8 | 412,0 | 534,3 | 546,9 |
| 2013 | 1282,0 | 1123,0 | 1012,0 | 702,0 | 448,0 | 415,0 | 403,0 | 291,0 | 272,0 | 341,0 | 443,0 | 856,0 | 632,3 |
| 2014 | 494,3 | 286,9 | 384,0 | 416,8 | 263,5 | 245,3 | 221,7 | 209,1 | 186,4 | 167,9 | 263,0 | 312,5 | 287,6 |
| 2015 | 266,5 | 494,3 | 488,7 | 376,1 | 269,8 | 236,8 | 197,1 | 145,5 | 241,6 | 182,3 | 384,7 | 746,0 | 335,8 |
| Média | 1069,1 | 1071,5 | 1003,9 | 728,6 | 516,2 | 432,9 | 365,3 | 312,3 | 318,9 | 378,5 | 516,9 | 780,8 | 624,6 |

4.2.3.6. Vazões Médias Mensais

A partir da análise das estações fluviométricas optou-se pela utilização da estação Galdinópolis como referência para a transferência de vazões para o local do empreendimento.

Tendo em vista que a estação apresentou falhas nos meses de abril a julho de 1971 e que nem o posto Piller ou o posto Macaé de Cima conseguem completar tais falhas, optou-se pelo preenchimento com base na correlação linear entre o posto Galdinópolis e a UHE Ilha dos Pombos.

Apesar da correlação apresentar R^2 inferior a 0,8, apresentou melhor aderência e, também, verificou-se que a extensão da série não implicou em alterações significativas nas médias mensais totais e na vazão média de longo termo. A Figura 4.20 abaixo ilustra a correlação utilizada.

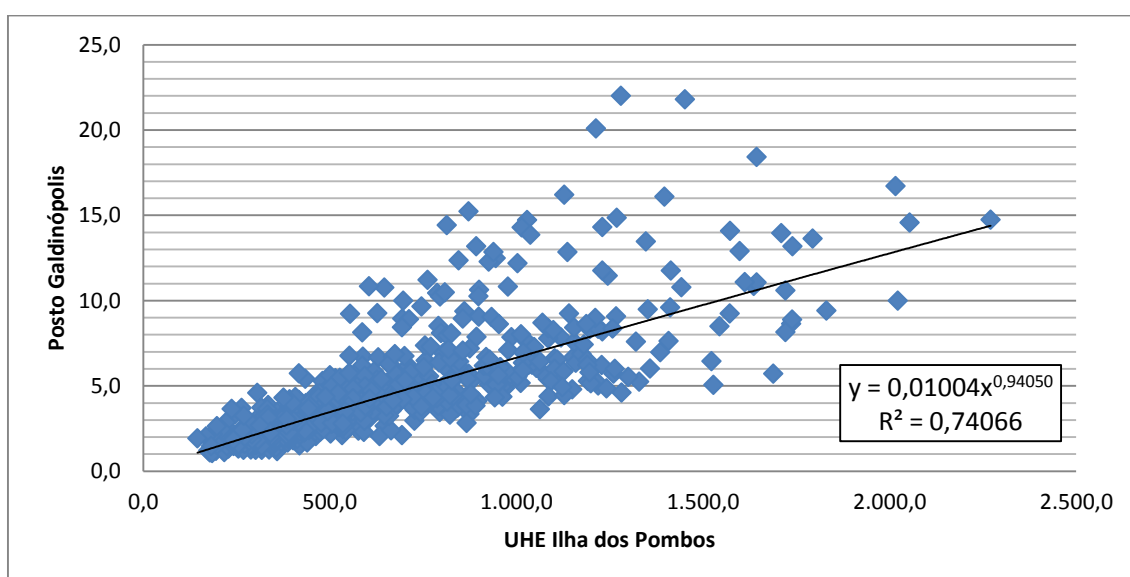


Figura 4.20 - Correlação Linear entre as Vazões do Posto Galdinópolis e a UHE Ilha dos Pombos

PCH MACAÉ

A série de vazões médias mensais, completa, para o posto fluviométrico Galdinópolis encontra-se apresentada na Tabela 4.25 a seguir.

Tabela 4.25 - Série de Vazões Médias Mensais - Posto Fluviométrico Galdinópolis

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | Média |
|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| 1931 | 6,9 | 13,7 | 10,5 | 7,0 | 4,6 | 3,6 | 3,1 | 2,6 | 2,7 | 3,5 | 3,7 | 6,0 | 5,7 |
| 1932 | 9,1 | 8,1 | 7,2 | 4,4 | 4,2 | 3,9 | 2,7 | 2,6 | 2,5 | 3,2 | 3,7 | 7,6 | 4,9 |
| 1933 | 8,6 | 5,2 | 4,8 | 3,4 | 3,1 | 2,6 | 2,2 | 1,9 | 2,1 | 3,0 | 3,4 | 6,2 | 3,9 |
| 1934 | 8,7 | 4,6 | 4,9 | 3,6 | 2,6 | 2,1 | 1,9 | 1,6 | 1,7 | 1,9 | 1,8 | 5,8 | 3,5 |
| 1935 | 6,1 | 11,7 | 7,0 | 4,9 | 3,5 | 2,9 | 2,3 | 2,1 | 2,2 | 3,5 | 2,7 | 2,7 | 4,3 |
| 1936 | 2,8 | 4,0 | 9,6 | 5,9 | 3,4 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 2,4 | 2,1 | 2,4 | 5,0 | 3,7 |
| 1937 | 8,4 | 8,7 | 5,0 | 4,4 | 4,2 | 3,0 | 2,2 | 1,8 | 1,6 | 3,0 | 4,1 | 9,3 | 4,6 |
| 1938 | 8,4 | 7,6 | 6,9 | 5,3 | 4,0 | 3,3 | 2,7 | 2,9 | 2,6 | 3,5 | 4,3 | 5,9 | 4,8 |
| 1939 | 7,2 | 6,8 | 4,7 | 5,2 | 3,4 | 2,6 | 2,2 | 1,9 | 1,8 | 2,0 | 2,6 | 4,3 | 3,7 |
| 1940 | 7,5 | 9,4 | 8,0 | 4,4 | 3,3 | 2,7 | 2,1 | 1,8 | 1,8 | 2,6 | 4,6 | 5,3 | 4,5 |
| 1941 | 6,0 | 4,4 | 5,2 | 4,3 | 2,9 | 2,4 | 2,4 | 1,6 | 3,3 | 3,7 | 4,0 | 6,5 | 3,9 |
| 1942 | 6,3 | 5,8 | 7,4 | 4,8 | 3,8 | 3,0 | 2,9 | 2,0 | 2,2 | 2,7 | 3,8 | 6,5 | 4,3 |
| 1943 | 11,6 | 9,2 | 7,5 | 5,0 | 3,6 | 3,0 | 2,4 | 2,3 | 2,2 | 3,6 | 3,6 | 6,0 | 5,0 |
| 1944 | 6,0 | 9,4 | 10,9 | 5,8 | 4,0 | 3,2 | 2,7 | 2,1 | 1,8 | 2,0 | 2,5 | 3,9 | 4,5 |
| 1945 | 6,1 | 9,3 | 5,9 | 5,5 | 3,7 | 3,2 | 3,5 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 3,1 | 5,7 | 4,3 |
| 1946 | 10,8 | 5,9 | 6,3 | 5,2 | 3,5 | 2,9 | 2,4 | 1,9 | 1,6 | 2,6 | 3,4 | 3,6 | 4,2 |
| 1947 | 9,5 | 10,4 | 16,2 | 7,7 | 5,2 | 3,8 | 4,4 | 3,5 | 3,9 | 4,1 | 4,9 | 8,0 | 6,8 |
| 1948 | 7,5 | 9,6 | 10,5 | 6,7 | 4,6 | 3,8 | 3,0 | 2,9 | 2,4 | 2,9 | 3,8 | 6,3 | 5,3 |
| 1949 | 8,0 | 10,0 | 6,6 | 4,9 | 3,7 | 3,3 | 2,6 | 2,1 | 1,9 | 2,6 | 3,2 | 5,0 | 4,5 |
| 1950 | 9,3 | 11,3 | 8,5 | 6,9 | 5,0 | 3,9 | 3,0 | 2,4 | 1,3 | 1,5 | 2,1 | 3,6 | 4,9 |
| 1951 | 4,8 | 5,2 | 8,5 | 5,4 | 3,5 | 2,7 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 3,8 | 3,5 |
| 1952 | 6,7 | 21,8 | 8,7 | 5,1 | 3,3 | 2,7 | 2,5 | 2,3 | 2,3 | 2,1 | 4,9 | 6,2 | 5,7 |
| 1953 | 3,5 | 4,4 | 3,1 | 3,5 | 3,7 | 2,4 | 1,9 | 1,6 | 1,7 | 1,4 | 4,5 | 4,3 | 3,0 |
| 1954 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 3,0 | 3,1 | 2,2 | 2,0 | 1,9 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 2,3 | 2,1 |
| 1955 | 5,7 | 2,5 | 2,2 | 3,0 | 2,2 | 2,2 | 1,5 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 3,9 | 4,9 | 2,6 |
| 1956 | 4,8 | 2,4 | 3,5 | 2,8 | 2,9 | 2,3 | 2,1 | 2,0 | 1,4 | 1,6 | 2,8 | 4,8 | 2,8 |
| 1957 | 3,5 | 3,8 | 5,3 | 7,8 | 3,6 | 2,7 | 2,2 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 3,0 | 8,9 | 3,8 |
| 1958 | 3,9 | 3,4 | 3,8 | 3,9 | 4,1 | 3,0 | 2,2 | 1,7 | 1,9 | 1,9 | 5,6 | 4,2 | 3,3 |
| 1959 | 5,0 | 3,0 | 5,4 | 3,7 | 3,0 | 2,5 | 1,8 | 2,8 | 1,5 | 1,4 | 3,6 | 4,0 | 3,1 |
| 1960 | 5,2 | 7,3 | 9,2 | 5,3 | 3,1 | 2,3 | 2,3 | 3,2 | 2,0 | 2,0 | 3,1 | 4,8 | 4,2 |
| 1961 | 14,0 | 13,6 | 9,4 | 6,4 | 4,4 | 3,1 | 2,7 | 1,9 | 1,5 | 1,3 | 1,8 | 4,3 | 5,4 |
| 1962 | 7,2 | 13,2 | 6,6 | 4,7 | 3,5 | 2,4 | 2,0 | 1,6 | 1,5 | 2,3 | 4,3 | 6,3 | 4,6 |
| 1963 | 4,9 | 6,2 | 3,8 | 3,1 | 2,2 | 2,1 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 1,7 | 1,8 | 2,6 |
| 1964 | 4,9 | 8,2 | 5,9 | 5,3 | 3,5 | 2,8 | 3,2 | 2,1 | 1,9 | 2,4 | 4,2 | 10,8 | 4,6 |
| 1965 | 11,5 | 12,9 | 6,2 | 4,7 | 4,0 | 2,9 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 2,8 | 4,0 | 5,9 | 5,1 |
| 1966 | 16,7 | 4,4 | 5,7 | 9,4 | 4,4 | 2,8 | 2,6 | 2,0 | 1,8 | 2,4 | 6,0 | 5,4 | 5,3 |
| 1967 | 14,6 | 14,7 | 10,0 | 6,3 | 4,2 | 3,1 | 3,8 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 2,4 | 9,1 | 6,2 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| 1968 | 14,7 | 8,9 | 14,4 | 6,7 | 3,6 | 2,5 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,1 | 2,4 | 4,2 | 5,5 |
| 1969 | 5,9 | 5,0 | 6,5 | 5,2 | 3,3 | 2,8 | 2,5 | 2,0 | 1,6 | 2,3 | 4,1 | 5,7 | 3,9 |
| 1970 | 6,4 | 3,3 | 2,8 | 2,5 | 1,9 | 1,7 | 1,8 | 1,5 | 1,7 | 2,2 | 4,2 | 3,2 | 2,8 |
| 1971 | 2,6 | 4,6 | 6,7 | 3,1 | 2,4 | 2,5 | 2,0 | 2,3 | 3,7 | 3,4 | 8,1 | 12,5 | 4,5 |
| 1972 | 6,1 | 5,8 | 8,3 | 5,3 | 3,5 | 2,7 | 2,2 | 2,0 | 2,2 | 3,3 | 3,7 | 5,3 | 4,2 |
| 1973 | 6,6 | 11,8 | 5,6 | 4,3 | 4,7 | 2,9 | 2,6 | 2,2 | 2,3 | 3,1 | 6,7 | 5,4 | 4,8 |
| 1974 | 7,6 | 4,9 | 4,9 | 5,4 | 3,6 | 3,2 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 2,3 | 2,2 | 4,8 | 3,7 |
| 1975 | 8,4 | 5,7 | 4,5 | 4,9 | 4,1 | 3,2 | 2,6 | 2,0 | 1,9 | 3,1 | 3,5 | 4,1 | 4,0 |
| 1976 | 4,1 | 5,4 | 4,4 | 3,6 | 3,3 | 2,4 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 3,3 | 4,3 | 9,0 | 3,9 |
| 1977 | 7,8 | 4,7 | 3,5 | 5,5 | 3,5 | 2,5 | 2,1 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 5,4 | 10,6 | 4,3 |
| 1978 | 20,1 | 8,5 | 5,0 | 5,0 | 3,9 | 2,9 | 2,4 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 3,4 | 3,7 | 5,0 |
| 1979 | 10,0 | 22,0 | 15,2 | 9,2 | 4,5 | 3,0 | 3,2 | 2,4 | 2,8 | 2,4 | 4,8 | 7,4 | 7,2 |
| 1980 | 16,2 | 12,3 | 4,2 | 4,3 | 2,8 | 2,3 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 3,5 | 5,6 | 12,4 | 5,8 |
| 1981 | 14,3 | 10,4 | 9,7 | 10,8 | 5,4 | 3,4 | 3,1 | 2,2 | 1,9 | 2,0 | 3,6 | 14,3 | 6,8 |
| 1982 | 12,8 | 8,1 | 16,1 | 13,9 | 6,2 | 4,0 | 2,9 | 3,7 | 2,7 | 4,0 | 3,0 | 5,8 | 6,9 |
| 1983 | 10,9 | 6,0 | 6,9 | 6,1 | 5,1 | 6,0 | 3,5 | 2,6 | 5,2 | 5,0 | 6,3 | 7,6 | 5,9 |
| 1984 | 6,0 | 4,3 | 4,8 | 6,3 | 4,1 | 2,8 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 1,9 | 3,2 | 4,4 | 3,7 |
| 1985 | 11,8 | 11,1 | 11,1 | 6,7 | 4,6 | 3,2 | 2,5 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 3,7 | 4,5 | 5,4 |
| 1986 | 6,4 | 6,1 | 5,3 | 4,8 | 3,5 | 2,6 | 2,5 | 2,0 | 2,1 | 1,7 | 2,6 | 4,5 | 3,7 |
| 1987 | 7,9 | 6,3 | 6,2 | 5,1 | 3,8 | 3,4 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 1,7 | 2,6 | 5,0 | 4,0 |
| 1988 | 3,9 | 8,9 | 5,3 | 4,6 | 4,3 | 3,7 | 2,9 | 2,2 | 1,8 | 2,6 | 4,8 | 4,5 | 4,1 |
| 1989 | 8,4 | 5,2 | 6,5 | 6,9 | 4,9 | 4,0 | 3,2 | 2,4 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 5,8 | 4,6 |
| 1990 | 3,2 | 2,8 | 3,9 | 5,6 | 4,2 | 2,9 | 2,6 | 2,3 | 2,6 | 2,8 | 3,8 | 3,2 | 3,3 |
| 1991 | 12,2 | 8,3 | 6,3 | 6,2 | 4,4 | 3,5 | 2,7 | 2,2 | 2,8 | 3,0 | 2,6 | 3,9 | 4,9 |
| 1992 | 8,3 | 4,8 | 3,3 | 2,9 | 2,8 | 1,9 | 1,9 | 1,6 | 3,0 | 3,7 | 4,9 | 10,2 | 4,1 |
| 1993 | 5,4 | 3,8 | 4,4 | 4,4 | 3,5 | 3,0 | 2,2 | 1,8 | 2,1 | 2,3 | 2,0 | 2,7 | 3,1 |
| 1994 | 7,9 | 4,3 | 10,3 | 11,2 | 5,0 | 3,6 | 2,8 | 2,2 | 1,8 | 2,0 | 2,9 | 8,4 | 5,2 |
| 1995 | 4,4 | 6,5 | 3,8 | 3,1 | 3,0 | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 2,2 | 2,5 | 3,4 | 4,5 | 3,3 |
| 1996 | 5,5 | 4,8 | 5,1 | 4,5 | 3,4 | 2,8 | 2,2 | 2,0 | 3,0 | 2,3 | 5,7 | 5,6 | 3,9 |
| 1997 | 14,1 | 5,5 | 6,2 | 4,5 | 3,6 | 3,1 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 2,0 | 3,2 | 3,8 | 4,3 |
| 1998 | 6,8 | 10,8 | 5,9 | 5,5 | 3,6 | 2,9 | 2,5 | 2,1 | 2,0 | 3,4 | 4,9 | 5,0 | 4,6 |
| 1999 | 5,8 | 4,4 | 5,9 | 5,6 | 3,6 | 3,2 | 2,4 | 2,2 | 1,6 | 2,2 | 3,7 | 5,0 | 3,8 |
| 2000 | 9,1 | 6,2 | 7,3 | 5,7 | 3,4 | 2,4 | 2,3 | 2,8 | 3,3 | 2,2 | 3,6 | 5,8 | 4,5 |
| 2001 | 6,1 | 4,5 | 3,9 | 3,6 | 2,9 | 2,1 | 1,9 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2,5 | 3,8 | 3,0 |
| 2002 | 5,1 | 7,4 | 5,0 | 3,6 | 3,3 | 2,4 | 2,0 | 1,6 | 2,4 | 1,7 | 4,0 | 10,5 | 4,1 |
| 2003 | 9,2 | 5,3 | 4,8 | 3,6 | 2,9 | 2,2 | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 2,3 | 4,0 | 9,3 | 4,1 |
| 2004 | 13,2 | 8,7 | 5,9 | 6,5 | 4,6 | 3,5 | 3,8 | 3,0 | 2,2 | 2,7 | 4,6 | 7,9 | 5,5 |
| 2005 | 9,0 | 14,9 | 12,8 | 6,4 | 5,0 | 3,5 | 3,2 | 2,3 | 2,4 | 2,0 | 4,6 | 8,9 | 6,2 |
| 2006 | 5,1 | 4,5 | 4,6 | 6,8 | 4,4 | 3,3 | 2,4 | 2,1 | 1,9 | 2,5 | 5,4 | 7,1 | 4,2 |
| 2007 | 18,4 | 8,6 | 4,8 | 4,4 | 4,0 | 3,1 | 2,5 | 1,9 | 1,5 | 1,6 | 2,6 | 5,8 | 4,9 |
| 2008 | 6,9 | 9,5 | 8,6 | 7,8 | 4,7 | 3,3 | 2,5 | 2,1 | 2,1 | 2,3 | 4,3 | 5,8 | 5,0 |
| 2009 | 13,5 | 10,6 | 6,4 | 6,6 | 4,3 | 3,4 | 2,8 | 2,3 | 2,4 | 4,2 | 8,1 | 10,8 | 6,3 |
| 2010 | 5,7 | 4,3 | 8,4 | 7,0 | 4,0 | 3,6 | 3,0 | 2,3 | 1,8 | 2,1 | 4,2 | 7,0 | 4,5 |
| 2011 | 8,2 | 4,3 | 7,6 | 6,1 | 3,8 | 3,1 | 2,5 | 2,1 | 1,8 | 2,1 | 2,8 | 5,6 | 4,2 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 2012 | 9,6 | 7,1 | 4,3 | 3,8 | 3,5 | 2,8 | 2,3 | 1,9 | 1,9 | 1,6 | 3,1 | 2,8 | 3,7 |
| 2013 | 4,6 | 4,9 | 8,0 | 5,3 | 3,8 | 2,9 | 3,0 | 2,2 | 2,0 | 2,2 | 3,7 | 7,1 | 4,1 |
| 2014 | 3,7 | 2,9 | 2,7 | 5,7 | 3,7 | 3,3 | 2,9 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 2,4 | 2,7 | 3,1 |
| 2015 | 2,4 | 3,5 | 4,4 | 4,3 | 3,3 | 3,7 | 2,6 | 1,9 | 1,8 | 1,5 | 3,1 | 3,8 | 3,0 |
| 2016 | 6,4 | 6,5 | 7,6 | 3,6 | 2,8 | 2,6 | 1,8 | 1,7 | 2,7 | 1,8 | 7,0 | 8,3 | 3,0 |
| 2017 | 7,2 | 4,2 | | | | | | | | | | | |
| Máxima | 20,1 | 22,0 | 16,2 | 13,9 | 6,2 | 6,0 | 4,4 | 3,7 | 5,2 | 5,0 | 8,1 | 14,3 | 10,1 |
| Mínima | 2,4 | 2,1 | 2,1 | 2,5 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,8 | 1,9 |
| Média | 8,0 | 7,4 | 6,7 | 5,4 | 3,8 | 3,0 | 2,5 | 2,1 | 2,1 | 2,4 | 3,7 | 6,0 | 4,4 |

A série no eixo da PCH Macaé foi obtida a partir da transferência por relação direta entre áreas de drenagem, considerando, ainda, a área de drenagem do Rio Macaé no eixo do barramento do empreendimento com 485,78 km². A série de vazões médias mensais encontra-se apresentada na Tabela 4.26.

Tabela 4.26 - Vazões Médias Mensais no Eixo da PCH Macaé

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | Média |
|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1931 | 32,38 | 63,96 | 49,22 | 32,66 | 21,37 | 16,89 | 14,32 | 12,13 | 12,54 | 16,51 | 17,24 | 27,86 | 26,42 |
| 1932 | 42,51 | 37,68 | 33,64 | 20,70 | 19,49 | 18,06 | 12,82 | 12,07 | 11,58 | 15,03 | 17,41 | 35,44 | 23,04 |
| 1933 | 40,14 | 24,41 | 22,47 | 16,05 | 14,52 | 12,08 | 10,23 | 8,73 | 9,75 | 14,17 | 15,90 | 28,81 | 18,10 |
| 1934 | 40,76 | 21,51 | 22,95 | 16,96 | 12,37 | 10,04 | 8,64 | 7,44 | 8,15 | 8,83 | 8,62 | 27,09 | 16,11 |
| 1935 | 28,36 | 54,69 | 32,76 | 22,94 | 16,56 | 13,58 | 10,97 | 9,77 | 10,20 | 16,38 | 12,77 | 12,83 | 20,15 |
| 1936 | 12,85 | 18,75 | 44,68 | 27,74 | 15,96 | 11,86 | 10,05 | 9,34 | 11,28 | 10,00 | 11,44 | 23,37 | 17,28 |
| 1937 | 39,16 | 40,48 | 23,19 | 20,53 | 19,62 | 13,82 | 10,41 | 8,46 | 7,50 | 14,03 | 19,25 | 43,52 | 21,66 |
| 1938 | 39,31 | 35,64 | 32,23 | 24,62 | 18,53 | 15,33 | 12,38 | 13,66 | 12,10 | 16,46 | 19,97 | 27,72 | 22,33 |
| 1939 | 33,47 | 31,90 | 22,16 | 24,05 | 15,94 | 12,33 | 10,32 | 8,83 | 8,28 | 9,29 | 12,33 | 20,28 | 17,43 |
| 1940 | 34,87 | 44,06 | 37,14 | 20,76 | 15,34 | 12,76 | 9,62 | 8,20 | 8,41 | 12,07 | 21,52 | 24,67 | 20,78 |
| 1941 | 27,88 | 20,33 | 24,43 | 20,20 | 13,35 | 11,31 | 11,20 | 7,64 | 15,35 | 17,42 | 18,70 | 30,51 | 18,19 |
| 1942 | 29,50 | 26,89 | 34,38 | 22,31 | 17,95 | 13,79 | 13,61 | 9,47 | 10,05 | 12,69 | 17,94 | 30,20 | 19,90 |
| 1943 | 54,00 | 43,16 | 34,93 | 23,22 | 16,87 | 14,18 | 11,37 | 10,82 | 10,45 | 16,99 | 16,94 | 28,18 | 23,43 |
| 1944 | 27,89 | 43,87 | 50,89 | 26,89 | 18,88 | 14,75 | 12,60 | 9,99 | 8,56 | 9,27 | 11,83 | 18,01 | 21,12 |
| 1945 | 28,50 | 43,27 | 27,67 | 25,91 | 17,29 | 15,04 | 16,12 | 9,95 | 9,10 | 8,44 | 14,61 | 26,52 | 20,20 |
| 1946 | 50,43 | 27,42 | 29,32 | 24,12 | 16,31 | 13,38 | 11,15 | 9,02 | 7,44 | 12,07 | 15,77 | 16,93 | 19,45 |
| 1947 | 44,26 | 48,35 | 75,79 | 36,05 | 24,49 | 17,89 | 20,34 | 16,56 | 18,00 | 19,33 | 22,84 | 37,31 | 31,77 |
| 1948 | 35,19 | 44,78 | 48,85 | 31,42 | 21,26 | 17,58 | 14,02 | 13,44 | 11,13 | 13,38 | 17,63 | 29,23 | 24,83 |
| 1949 | 37,55 | 46,47 | 31,06 | 22,81 | 17,11 | 15,23 | 12,30 | 9,91 | 9,09 | 11,95 | 14,86 | 23,12 | 20,96 |
| 1950 | 43,43 | 52,94 | 39,79 | 32,18 | 23,56 | 18,06 | 14,09 | 11,07 | 5,97 | 7,06 | 9,84 | 16,98 | 22,92 |
| 1951 | 22,40 | 24,50 | 39,68 | 25,23 | 16,24 | 12,65 | 9,59 | 7,95 | 5,89 | 5,89 | 5,54 | 17,96 | 16,13 |
| 1952 | 31,06 | 101,81 | 40,42 | 23,97 | 15,43 | 12,43 | 11,50 | 10,73 | 10,90 | 9,77 | 22,85 | 28,95 | 26,65 |
| 1953 | 16,41 | 20,65 | 14,57 | 16,28 | 17,07 | 11,30 | 8,93 | 7,64 | 7,83 | 6,46 | 20,93 | 19,98 | 14,00 |
| 1954 | 12,99 | 9,61 | 9,84 | 13,91 | 14,43 | 10,14 | 9,41 | 8,75 | 6,72 | 6,17 | 5,87 | 10,88 | 9,89 |
| 1955 | 26,62 | 11,83 | 10,34 | 14,01 | 10,05 | 10,16 | 6,84 | 5,72 | 5,19 | 5,58 | 18,11 | 22,99 | 12,29 |
| 1956 | 22,44 | 11,33 | 16,55 | 13,05 | 13,43 | 10,70 | 9,81 | 9,50 | 6,65 | 7,46 | 13,04 | 22,36 | 13,03 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1957 | 16,15 | 17,81 | 24,65 | 36,63 | 16,83 | 12,53 | 10,22 | 7,15 | 8,48 | 8,27 | 14,10 | 41,77 | 17,88 |
| 1958 | 18,08 | 15,67 | 17,84 | 18,39 | 19,16 | 13,80 | 10,21 | 7,83 | 8,66 | 8,80 | 25,99 | 19,48 | 15,32 |
| 1959 | 23,44 | 13,81 | 25,37 | 17,46 | 13,86 | 11,55 | 8,31 | 13,01 | 7,23 | 6,49 | 16,69 | 18,54 | 14,65 |
| 1960 | 24,33 | 33,98 | 43,19 | 24,98 | 14,56 | 10,66 | 10,88 | 14,88 | 9,23 | 9,34 | 14,71 | 22,48 | 19,43 |
| 1961 | 65,22 | 63,67 | 43,97 | 29,67 | 20,72 | 14,60 | 12,77 | 8,91 | 7,13 | 5,88 | 8,43 | 20,25 | 25,10 |
| 1962 | 33,67 | 61,55 | 30,89 | 21,81 | 16,20 | 11,24 | 9,47 | 7,28 | 7,14 | 10,86 | 20,10 | 29,34 | 21,63 |
| 1963 | 22,72 | 29,19 | 17,82 | 14,51 | 10,37 | 9,62 | 7,19 | 6,22 | 4,98 | 5,25 | 8,04 | 8,34 | 12,02 |
| 1964 | 22,84 | 38,24 | 27,39 | 24,65 | 16,21 | 13,09 | 15,04 | 10,01 | 8,65 | 11,03 | 19,66 | 50,27 | 21,42 |
| 1965 | 53,56 | 60,28 | 29,06 | 22,14 | 18,81 | 13,42 | 11,12 | 9,80 | 8,19 | 13,20 | 18,53 | 27,78 | 23,82 |
| 1966 | 78,10 | 20,33 | 26,75 | 43,80 | 20,59 | 13,29 | 12,01 | 9,47 | 8,27 | 11,42 | 28,02 | 25,11 | 24,76 |
| 1967 | 68,04 | 68,85 | 46,71 | 29,65 | 19,76 | 14,41 | 17,56 | 10,16 | 9,04 | 7,86 | 11,17 | 42,29 | 28,79 |
| 1968 | 68,81 | 41,60 | 67,38 | 31,33 | 16,84 | 11,72 | 10,26 | 10,51 | 10,70 | 9,90 | 11,09 | 19,72 | 25,82 |
| 1969 | 27,48 | 23,39 | 30,26 | 24,14 | 15,51 | 13,08 | 11,59 | 9,25 | 7,27 | 10,63 | 19,29 | 26,70 | 18,22 |
| 1970 | 29,88 | 15,46 | 13,24 | 11,57 | 8,77 | 7,79 | 8,18 | 7,05 | 7,89 | 10,07 | 19,59 | 14,76 | 12,85 |
| 1971 | 12,03 | 21,45 | 31,18 | 14,39 | 11,16 | 11,88 | 9,55 | 10,57 | 17,42 | 15,68 | 37,99 | 58,31 | 20,97 |
| 1972 | 28,68 | 27,10 | 38,86 | 24,62 | 16,50 | 12,53 | 10,44 | 9,27 | 10,28 | 15,45 | 17,39 | 24,83 | 19,66 |
| 1973 | 30,60 | 54,92 | 26,04 | 19,98 | 21,82 | 13,66 | 12,33 | 10,19 | 10,73 | 14,67 | 31,36 | 25,24 | 22,63 |
| 1974 | 35,36 | 22,99 | 23,08 | 25,01 | 16,77 | 14,79 | 10,36 | 8,74 | 8,02 | 10,80 | 10,38 | 22,31 | 17,38 |
| 1975 | 39,32 | 26,69 | 21,08 | 23,00 | 19,25 | 14,74 | 12,11 | 9,12 | 9,06 | 14,61 | 16,46 | 19,24 | 18,72 |
| 1976 | 19,06 | 25,32 | 20,59 | 16,81 | 15,24 | 11,13 | 10,79 | 10,87 | 11,18 | 15,43 | 20,20 | 42,20 | 18,24 |
| 1977 | 36,33 | 22,16 | 16,35 | 25,90 | 16,22 | 11,89 | 9,90 | 8,54 | 8,97 | 8,94 | 25,44 | 49,67 | 20,03 |
| 1978 | 93,81 | 39,80 | 23,22 | 23,15 | 17,99 | 13,74 | 11,08 | 9,74 | 7,82 | 8,05 | 15,79 | 17,05 | 23,44 |
| 1979 | 46,70 | 102,82 | 71,15 | 43,13 | 21,24 | 14,10 | 15,16 | 11,03 | 12,88 | 11,04 | 22,33 | 34,42 | 33,83 |
| 1980 | 75,69 | 57,34 | 19,55 | 20,07 | 13,01 | 10,56 | 9,16 | 9,60 | 9,61 | 16,22 | 26,29 | 57,76 | 27,07 |
| 1981 | 66,81 | 48,80 | 45,12 | 50,67 | 25,34 | 15,96 | 14,29 | 10,42 | 8,66 | 9,36 | 16,59 | 66,72 | 31,56 |
| 1982 | 59,98 | 37,81 | 75,13 | 64,72 | 28,92 | 18,55 | 13,62 | 17,39 | 12,48 | 18,61 | 14,20 | 27,26 | 32,39 |
| 1983 | 50,75 | 28,06 | 32,12 | 28,31 | 23,83 | 28,08 | 16,19 | 12,32 | 24,20 | 23,53 | 29,20 | 35,47 | 27,67 |
| 1984 | 28,02 | 20,01 | 22,37 | 29,38 | 19,34 | 13,05 | 10,55 | 10,16 | 8,62 | 8,89 | 15,16 | 20,36 | 17,16 |
| 1985 | 54,94 | 51,72 | 51,74 | 31,22 | 21,40 | 15,03 | 11,52 | 9,87 | 9,52 | 9,20 | 17,44 | 20,80 | 25,37 |
| 1986 | 30,05 | 28,42 | 24,59 | 22,45 | 16,43 | 12,09 | 11,69 | 9,19 | 9,82 | 8,06 | 12,13 | 21,10 | 17,17 |
| 1987 | 36,70 | 29,46 | 28,89 | 23,84 | 17,85 | 16,09 | 11,51 | 9,34 | 9,20 | 7,89 | 12,18 | 23,28 | 18,85 |
| 1988 | 18,09 | 41,52 | 24,69 | 21,56 | 20,30 | 17,08 | 13,66 | 10,22 | 8,36 | 12,20 | 22,59 | 21,11 | 19,28 |
| 1989 | 39,19 | 24,10 | 30,39 | 32,36 | 22,73 | 18,50 | 14,96 | 11,29 | 10,79 | 11,57 | 12,63 | 27,28 | 21,32 |
| 1990 | 15,16 | 13,22 | 18,28 | 26,31 | 19,51 | 13,62 | 12,35 | 10,55 | 12,00 | 12,91 | 17,70 | 14,74 | 15,53 |
| 1991 | 56,91 | 38,62 | 29,65 | 29,03 | 20,63 | 16,49 | 12,54 | 10,28 | 12,99 | 14,19 | 12,27 | 18,37 | 22,66 |
| 1992 | 38,97 | 22,44 | 15,32 | 13,40 | 12,89 | 9,04 | 8,88 | 7,63 | 14,13 | 17,47 | 22,65 | 47,80 | 19,22 |
| 1993 | 25,08 | 17,96 | 20,41 | 20,60 | 16,24 | 13,97 | 10,47 | 8,42 | 10,02 | 10,91 | 9,17 | 12,52 | 14,65 |
| 1994 | 37,11 | 20,02 | 47,92 | 52,38 | 23,35 | 16,78 | 12,95 | 10,14 | 8,44 | 9,27 | 13,55 | 39,45 | 24,28 |
| 1995 | 20,47 | 30,13 | 17,66 | 14,31 | 14,04 | 10,85 | 9,52 | 8,02 | 10,15 | 11,55 | 15,99 | 21,04 | 15,31 |
| 1996 | 25,85 | 22,64 | 23,65 | 21,06 | 15,87 | 13,19 | 10,29 | 9,12 | 13,78 | 10,64 | 26,43 | 26,14 | 18,22 |
| 1997 | 65,76 | 25,88 | 28,94 | 20,88 | 16,66 | 14,26 | 10,37 | 10,21 | 8,06 | 9,34 | 14,96 | 17,70 | 20,25 |
| 1998 | 31,57 | 50,53 | 27,57 | 25,54 | 17,00 | 13,62 | 11,50 | 9,84 | 9,37 | 15,68 | 23,12 | 23,34 | 21,56 |
| 1999 | 27,07 | 20,50 | 27,48 | 26,09 | 17,03 | 14,76 | 11,26 | 10,47 | 7,68 | 10,46 | 17,09 | 23,12 | 17,75 |
| 2000 | 42,36 | 28,88 | 34,03 | 26,45 | 15,74 | 11,19 | 10,61 | 12,90 | 15,57 | 10,27 | 16,87 | 27,07 | 21,00 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| 2001 | 28,46 | 20,79 | 18,05 | 16,67 | 13,64 | 9,92 | 8,69 | 6,90 | 6,89 | 6,94 | 11,63 | 17,58 | 13,85 |
| 2002 | 23,76 | 34,70 | 23,20 | 17,04 | 15,33 | 11,41 | 9,50 | 7,58 | 11,33 | 7,82 | 18,69 | 48,95 | 19,11 |
| 2003 | 43,18 | 24,85 | 22,56 | 16,80 | 13,76 | 10,30 | 8,84 | 9,25 | 8,91 | 10,61 | 18,81 | 43,26 | 19,26 |
| 2004 | 61,58 | 40,62 | 27,64 | 30,55 | 21,59 | 16,13 | 17,93 | 14,15 | 10,15 | 12,48 | 21,35 | 36,81 | 25,91 |
| 2005 | 41,95 | 69,38 | 60,00 | 29,74 | 23,16 | 16,38 | 15,12 | 10,79 | 11,11 | 9,37 | 21,32 | 41,74 | 29,17 |
| 2006 | 23,72 | 20,87 | 21,37 | 31,60 | 20,34 | 15,52 | 11,31 | 10,04 | 9,09 | 11,58 | 25,09 | 33,19 | 19,48 |
| 2007 | 86,02 | 40,25 | 22,62 | 20,32 | 18,60 | 14,68 | 11,48 | 8,80 | 7,23 | 7,52 | 12,23 | 26,90 | 23,05 |
| 2008 | 32,09 | 44,31 | 40,28 | 36,39 | 22,02 | 15,54 | 11,46 | 9,64 | 9,90 | 10,92 | 20,28 | 27,28 | 23,34 |
| 2009 | 62,92 | 49,50 | 30,00 | 30,89 | 19,99 | 15,95 | 12,94 | 10,77 | 11,07 | 19,72 | 37,72 | 50,40 | 29,32 |
| 2010 | 26,70 | 20,24 | 39,07 | 32,49 | 18,84 | 16,95 | 14,09 | 10,86 | 8,60 | 9,64 | 19,38 | 32,55 | 20,78 |
| 2011 | 38,07 | 20,10 | 35,68 | 28,42 | 17,88 | 14,43 | 11,73 | 9,61 | 8,30 | 9,97 | 13,28 | 26,26 | 19,48 |
| 2012 | 44,87 | 33,34 | 19,90 | 17,74 | 16,40 | 13,24 | 10,65 | 8,71 | 8,83 | 7,42 | 14,68 | 13,06 | 17,40 |
| 2013 | 21,52 | 23,05 | 37,51 | 24,84 | 17,84 | 13,63 | 13,84 | 10,11 | 9,43 | 10,50 | 17,21 | 33,01 | 19,37 |
| 2014 | 17,15 | 13,40 | 12,61 | 26,80 | 17,29 | 15,61 | 13,38 | 11,50 | 10,11 | 9,50 | 11,16 | 12,53 | 14,25 |
| 2015 | 11,23 | 16,41 | 20,43 | 20,15 | 15,20 | 17,05 | 12,34 | 8,98 | 8,54 | 6,90 | 14,29 | 17,72 | 14,10 |
| 2016 | 29,89 | 30,20 | 35,38 | 16,82 | 13,10 | 12,12 | 8,44 | 7,93 | 12,41 | 8,60 | 32,77 | 38,92 | 20,55 |
| 2017 | 33,49 | 19,73 | | | | | | | | | | | |
| Máxima | 93,81 | 102,82 | 75,79 | 64,72 | 28,92 | 28,08 | 20,34 | 17,39 | 24,2 | 23,53 | 37,99 | 66,72 | 46,86 |
| Mínima | 11,23 | 9,61 | 9,84 | 11,57 | 8,77 | 7,79 | 6,84 | 5,72 | 4,98 | 5,25 | 5,54 | 8,34 | 8,73 |
| Média | 37,03 | 34,22 | 31,13 | 25,15 | 17,57 | 13,79 | 11,61 | 9,88 | 9,80 | 11,21 | 17,61 | 27,96 | 20,61 |

4.2.3.7. Permanência das Vazões Médias Mensais

A partir da série de vazões gerada para o eixo da PCH Macaé, foi possível estabelecer a curva de permanência das vazões médias mensais, referente ao período estudado.

A Figura 4.21 apresenta a curva de permanência enquanto a Tabela 4.27 apresenta seus valores significativos.

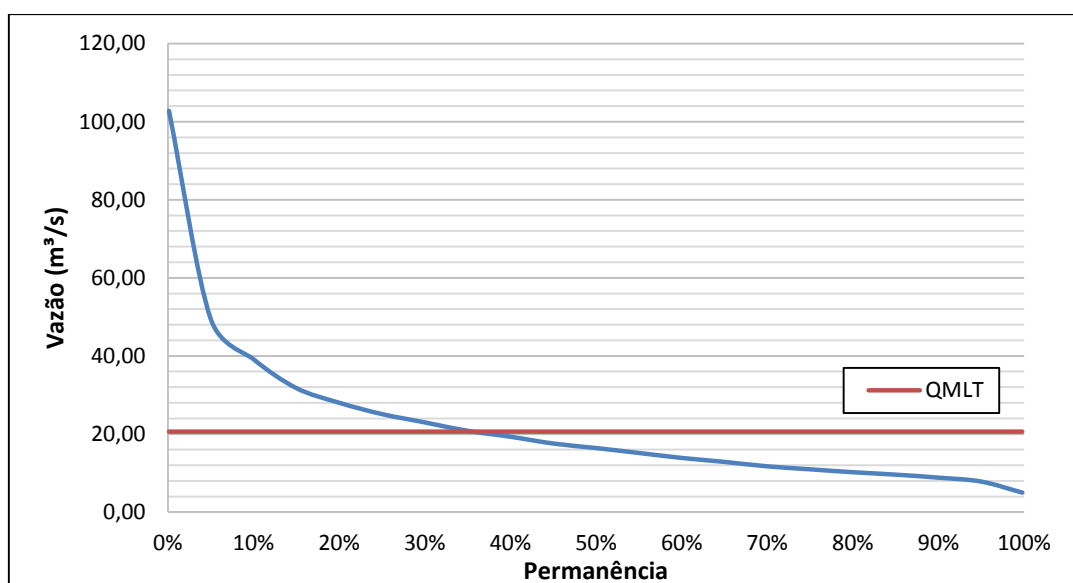


Figura 4.21 - Curva de Permanência das Vazões Médias Mensais - PCH Macaé

Tabela 4.27 - Valores Característicos de Permanência - PCH Macaé

| Permanência (%) | Vazão (m³/s) | Permanência (%) | Vazão (m³/s) |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| 5 | 49,53 | 55 | 15,16 |
| 10 | 39,17 | 60 | 13,88 |
| 15 | 31,78 | 65 | 12,87 |
| 20 | 28,02 | 70 | 11,73 |
| 25 | 25,11 | 75 | 10,97 |
| 30 | 22,99 | 80 | 10,22 |
| 35 | 20,82 | 85 | 9,60 |
| 40 | 19,31 | 90 | 8,83 |
| 45 | 17,57 | 95 | 7,82 |
| 50 | 16,41 | 100 | 4,99 |
| | | QMLT | 20,61 |

4.2.3.8. Vazões Máximas

O estudo de vazões máximas de projeto seguiu a metodologia proposta pela ANA, seguindo padrões estatísticos, analisando os valores pelas distribuições de Gauss, Log-Normal 2P, Log-Normal 3P, Exponencial 2P, Gumbel, Log-Gumbel e Generalizada de Valores Extremos.

Para a determinação das vazões máximas, foram utilizados os dados de descargas médias diárias registradas no posto fluviométrico Galdinópolis, para o ano hidrológico (setembro a agosto), cujo período de observação é de 1950 a 2017.

Sendo assim, totalizou-se uma amostra com 66 observações. A Tabela 4.28 abaixo apresenta as vazões máximas anuais do posto base, enquanto a Tabela 4.29 apresenta os parâmetros estatísticos da amostra.

Tabela 4.28 - Vazões Máximas Anuais (m³/s) - Estação Galdinópolis

| Ano | Q _{MÁX} (m ³ /s) | Ano | Q _{MÁX} (m ³ /s) |
|-------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| 1950 - 1951 | 34,1 | 1983 - 1984 | 20,6 |
| 1951 - 1952 | 102,0 | 1984 - 1985 | 29,8 |
| 1952 - 1953 | 45,1 | 1985 - 1986 | 33,4 |
| 1953 - 1954 | 24,5 | 1986 - 1987 | 25,1 |
| 1954 - 1955 | 53,9 | 1987 - 1988 | 27,4 |
| 1955 - 1956 | 26,4 | 1988 - 1989 | 20,9 |
| 1956 - 1957 | 56,8 | 1989 - 1990 | 36,0 |
| 1957 - 1958 | 40,4 | 1990 - 1991 | 55,4 |
| 1958 - 1959 | 23,9 | 1991 - 1992 | 22,4 |
| 1959 - 1960 | 31,9 | 1992 - 1993 | 47,8 |
| 1960 - 1961 | 34,9 | 1993 - 1994 | 46,0 |
| 1961 - 1962 | 34,9 | 1994 - 1995 | 54,4 |
| 1962 - 1963 | 23,3 | 1995 - 1996 | 10,6 |
| 1963 - 1964 | 36,0 | 1996 - 1997 | 40,0 |
| 1964 - 1965 | 31,9 | 1997 - 1998 | 24,5 |
| 1965 - 1966 | 63,0 | 1998 - 1999 | 15,6 |
| 1966 - 1967 | 48,3 | 1999 - 2000 | 48,7 |
| 1967 - 1968 | 46,9 | 2000 - 2001 | 26,9 |
| 1968 - 1969 | 23,0 | 2001 - 2002 | 18,5 |
| 1969 - 1970 | 47,8 | 2002 - 2003 | 35,6 |
| 1970 - 1971 | 48,3 | 2003 - 2004 | 45,3 |
| 1971 - 1972 | 40,8 | 2004 - 2005 | 39,2 |
| 1972 - 1973 | 29,8 | 2005 - 2006 | 28,4 |
| 1973 - 1974 | 31,2 | 2006 - 2007 | 42,5 |
| 1974 - 1975 | 21,5 | 2007 - 2008 | 26,4 |
| 1975 - 1976 | 14,4 | 2008 - 2009 | 76,4 |
| 1976 - 1977 | 38,8 | 2009 - 2010 | 44,9 |
| 1977 - 1978 | 80,6 | 2010 - 2011 | 36,4 |
| 1978 - 1979 | 48,7 | 2011 - 2012 | 31,2 |
| 1979 - 1980 | 36,4 | 2012 - 2013 | 59,4 |
| 1980 - 1981 | 62,0 | 2013 - 2014 | 27,1 |
| 1981 - 1982 | 49,2 | 2014 - 2015 | 17,6 |
| 1982 - 1983 | 28,4 | 2015 - 2016 | 25,0 |

Tabela 4.29 - Parâmetros Estatísticos da Amostra

| | |
|--------------------------------------|-------|
| Número de Observações | 66 |
| Média Aritmética (m ³ /s) | 37,9 |
| Vazão Mínima (m ³ /s) | 10,6 |
| Vazão Máxima (m ³ /s) | 102,0 |
| Desvio Padrão (m ³ /s) | 16,4 |

PCH MACAÉ

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Curtose | 5,9 |
| Coefficiente de Assimetria | 1,3 |

A série de vazões máximas anuais foi submetida ao estudo estatístico, a qual foi ajustada à distribuição Gumbel, conforme recomendação da ELETROBRÁS, pois o coeficiente de assimetria resultou em 1,3, valor abaixo do limite de 1,5. O ajuste foi testado quanto à aderência da série pelos testes de Komolgorov-Smirnov, Anderson-Darling e Filliben, que indicaram bom ajuste.

O gráfico de ajuste Distribuição Teórica de Gumbel está apresentado na Figura 4.22.

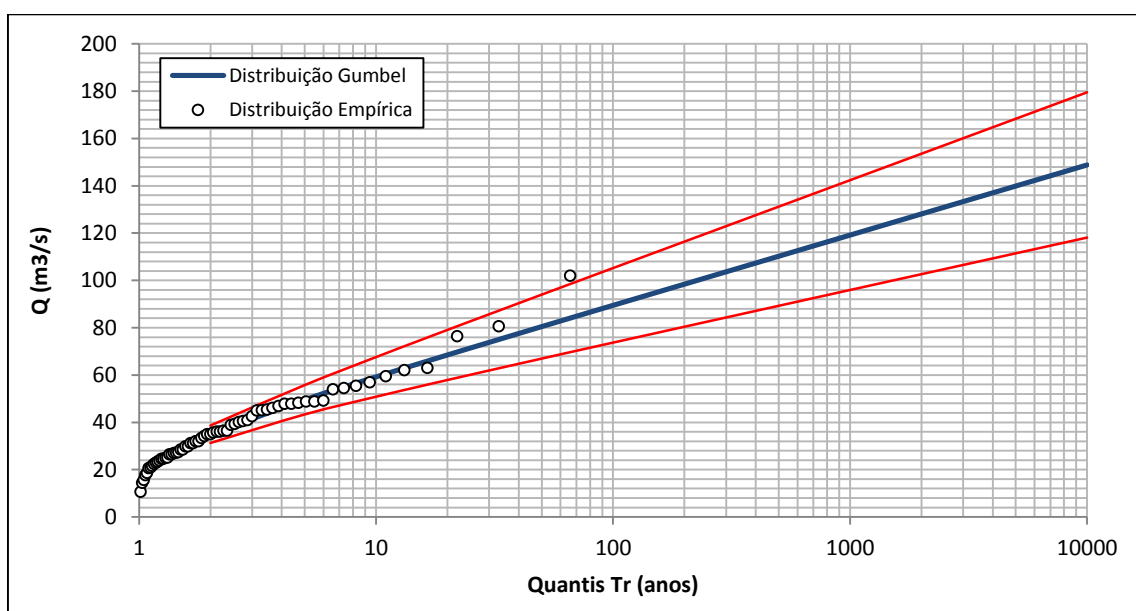


Figura 4.22 - Ajuste das Vazões Máximas - Estação Galdinópolis

A Tabela 4.30 apresenta as vazões de cheia estimadas para a estação Galdinópolis.

Tabela 4.30 - Vazões Máximas (m³/s) - Estação Galdinópolis

| TR (anos) | Q_{MÁX} (m³/s) |
|------------------|-------------------------------|
| 2 | 35 |
| 5 | 50 |
| 10 | 59 |
| 15 | 65 |
| 20 | 69 |
| 25 | 71 |
| 50 | 80 |
| 100 | 89 |

PCH MACAÉ

| TR (anos) | Q _{MÁX} (m ³ /s) |
|-----------|--------------------------------------|
| 1.000 | 119 |
| 10.000 | 148 |

As vazões médias máximas no local do empreendimento foram calculadas através da relação entre as áreas de drenagem da estação Galdinópolis (59125000) e da PCH Macaé, de acordo com a equação abaixo.

$$Q_{PCH} = \frac{AD_{PCH}}{AD_{59125000}} * Q_{59125000}$$

Onde:

QPCH – Vazão média mensal na PCH Macaé (m³/s);

Q59125000 – Vazão média mensal na estação Galdinópolis (59125000) (m³/s);

ADPCH – Área de drenagem da PCH Macaé = 485,8 km²;

AD59125000 – Área de drenagem da estação Galdinópolis (59125000) = 104,0 km².

Por fim, foram estimadas as vazões máximas instantâneas correspondentes a cada tempo de recorrência, utilizando-se o critério de Fuller, cuja equação encontra-se apresentada a seguir.

$$Q_{Máx.Inst.} = Q_{Máx.} * \left[1 + \frac{2,66}{AD_{PCH}^{0,3}} \right]$$

Onde:

QMáx Inst – Vazão Máximas Instantânea na PCH Macaé (m³/s);

QMáx – Vazão Máxima na PCH Macaé (m³/s);

A Tabela 4.31 apresenta as vazões máximas diárias e máximas instantâneas estimadas para o eixo da PCH Macaé.

Tabela 4.31 - Vazões de Cheia - PCH Macaé

| TR (anos) | Q _{MÁX} (m ³ /s) | Q _{MAX INST} (m ³ /s) |
|-----------|--------------------------------------|---|
| 2 | 164 | 232 |
| 5 | 232 | 328 |
| 10 | 277 | 392 |
| 15 | 302 | 428 |
| 20 | 320 | 453 |
| 25 | 334 | 472 |

| TR (anos) | Q _{MÁX} (m ³ /s) | Q _{MAX INST} (m ³ /s) |
|---------------|--------------------------------------|---|
| 50 | 376 | 532 |
| 100 | 417 | 591 |
| 1.000 | 556 | 787 |
| 10.000 | 693 | 982 |

4.2.3.9. Vazões Máximas Sazonais

O estudo de vazões máximas de acordo com o comportamento sazonal do rio Macaé tem como objetivo estimar vazões com possibilidade de ocorrência para determinados tempos de retorno, calculadas em períodos sazonais do ano, flexibilizando o dimensionamento de estruturas temporárias que terão seu período de exposição limitado aos meses menos úmidos do ano.

Foi realizado o estudo considerando o período sazonal de junho a novembro. A Tabela 4.32 apresenta a amostra das vazões máximas para cada o período supracitado, enquanto a Tabela 4.33 apresenta os parâmetros estatísticos da amostra em questão.

Tabela 4.32 - Vazões Máximas Sazonais Anuais - Estação Galdinópolis (59125000)

| Ano | Q _{MÁX} (m ³ /s) | Ano | Q _{MÁX} (m ³ /s) |
|------|--------------------------------------|------|--------------------------------------|
| 1951 | 4,53 | 1985 | 14,41 |
| 1952 | 45,12 | 1986 | 9,05 |
| 1953 | 24,49 | 1987 | 5,16 |
| 1954 | 8,87 | 1988 | 12,19 |
| 1955 | 26,41 | 1989 | 11,15 |
| 1956 | 14,41 | 1990 | 12,19 |
| 1957 | 15,60 | 1991 | 10,55 |
| 1958 | 23,87 | 1992 | 12,83 |
| 1959 | 10,95 | 1993 | 9,42 |
| 1960 | 31,91 | 1994 | 7,03 |
| 1961 | 6,28 | 1995 | 9,05 |
| 1962 | 8,87 | 1996 | 40,02 |
| 1963 | 5,16 | 1997 | 10,55 |
| 1964 | 24,80 | 1998 | 14,64 |
| 1965 | 7,35 | 1999 | 7,84 |
| 1966 | 10,36 | 2000 | 16,34 |
| 1967 | 25,12 | 2001 | 4,29 |
| 1968 | 12,19 | 2002 | 14,64 |
| 1969 | 10,75 | 2003 | 17,10 |
| 1970 | 8,52 | 2004 | 35,65 |
| 1971 | - | 2005 | 22,80 |
| 1972 | 8,87 | 2006 | 24,65 |
| 1973 | 31,19 | 2007 | 8,18 |
| 1974 | 8,01 | 2008 | 9,32 |

PCH MACAÉ

| Ano | Q _{MÁX} (m ³ /s) | Ano | Q _{MÁX} (m ³ /s) |
|------|--------------------------------------|------|--------------------------------------|
| 1975 | 8,52 | 2009 | 23,41 |
| 1976 | 9,05 | 2010 | 18,27 |
| 1977 | 26,08 | 2011 | 6,73 |
| 1978 | 12,61 | 2012 | 13,50 |
| 1979 | 17,36 | 2013 | 11,97 |
| 1980 | 22,35 | 2014 | 6,42 |
| 1981 | 7,51 | 2015 | 12,08 |
| 1982 | 22,65 | 2016 | 21,47 |
| 1983 | 21,18 | 1985 | 14,41 |

Tabela 4.33- Parâmetros Estatísticos da Amostra - Estação Galdinópolis (59125000)

| | |
|--------------------------------------|------|
| Número de Observações | 65 |
| Média Aritmética (m ³ /s) | 15,2 |
| Desvio Padrão (m ³ /s) | 8,9 |
| Coefficiente de Assimetria | 1,3 |

O estudo de vazões máximas sazonais seguiu a mesma metodologia e critérios que o estudo de vazões máximas para o ano completo.

A distribuição com melhor ajuste à amostra e, portanto, selecionada para o estudo, foi a de Gumbel, visto que a mesma também respeita a premissa referente à assimetria amostral proposta pela ELETROBRÁS. A Figura 4.23 apresenta o ajuste da distribuição de Gumbel à amostra e justifica sua utilização.

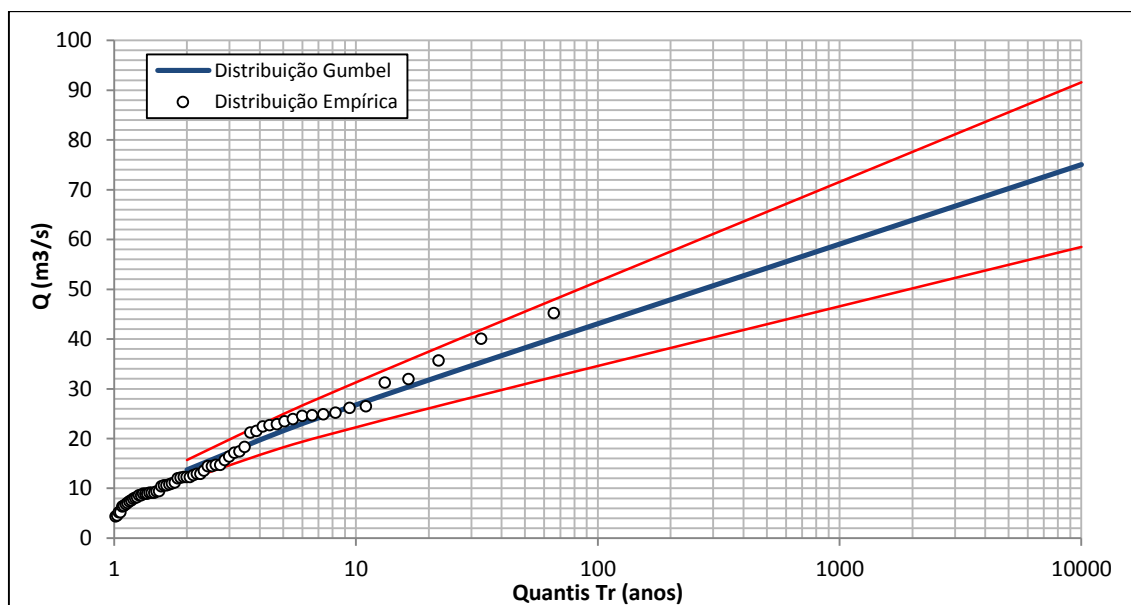


Figura 4.23 - Ajuste das Vazões Máximas Sazonais - Estação Galdinópolis (59125000)

A Tabela 4.34 apresenta as vazões máximas sazonais estimadas para a estação Galdinópolis (59125000).

Tabela 4.34 - Vazões Máximas Sazonais - Estação Galdinópolis (59125000)

| TR (anos) | Q _{MÁX} (m ³ /s) |
|-----------|--------------------------------------|
| 2 | 14 |
| 5 | 22 |
| 10 | 27 |
| 15 | 30 |
| 20 | 32 |
| 25 | 33 |
| 50 | 38 |
| 100 | 43 |
| 1.000 | 59 |
| 10.000 | 75 |

Através, então, da correlação por áreas de drenagem, foram calculadas as respectivas vazões máximas no local da PCH Macaé. Por fim, foram estimadas as correspondentes vazões instantâneas, utilizando-se o critério de Fuller. A Tabela 4.35 a seguir apresenta as vazões máximas sazonais diárias e instantâneas para o eixo da PCH Macaé.

Tabela 4.35 - Vazões Máximas Sazonais - PCH Macaé

| TR (anos) | Q _{MÁX} (m ³ /s) | Q _{MÁX INST.} (m ³ /s) |
|-----------|--------------------------------------|--|
| 2 | 64 | 91 |
| 5 | 101 | 143 |
| 10 | 125 | 177 |
| 15 | 139 | 196 |
| 20 | 148 | 210 |
| 25 | 156 | 221 |
| 50 | 179 | 253 |
| 100 | 201 | 285 |
| 1.000 | 276 | 391 |
| 10.000 | 350 | 496 |

4.2.3.10. Vazões Mínimas

O estudo de vazões mínimas realizou-se com base na determinação da vazão mínima média com 7 dias de duração de 10 anos de recorrência (Q_{7,10}) no local da PCH Macaé, tendo em vista a série de vazões médias diárias da estação Galdinópolis (59125000).

A partir dessa série foi calculada a vazão média a cada 7 dias e encontradas as respectivas mínimas anuais (Q₇), conforme apresenta a Tabela 4.36.

Tabela 4.36 - Vazões Mínimas Anuais - Estação Fluviométrica Galdinópolis (59125000)

| Ano | Q _{MÁX} (m ³ /s) | Ano | Q _{MÁX} (m ³ /s) |
|------|--------------------------------------|------|--------------------------------------|
| 1951 | 0,84 | 1985 | 1,47 |
| 1952 | 1,71 | 1986 | 1,58 |
| 1953 | 1,21 | 1987 | 1,49 |
| 1954 | 1,05 | 1988 | 1,44 |
| 1955 | 0,95 | 1989 | 1,60 |
| 1956 | 1,26 | 1990 | 1,94 |
| 1957 | 1,33 | 1991 | 1,92 |
| 1958 | 1,44 | 1992 | 1,95 |
| 1959 | 1,24 | 1993 | 1,49 |
| 1960 | 1,45 | 1994 | 1,51 |
| 1961 | 1,12 | 1995 | 1,56 |
| 1962 | 1,34 | 1996 | 1,39 |
| 1963 | 0,93 | 1997 | 1,78 |
| 1964 | 1,53 | 1998 | 1,43 |
| 1965 | 1,52 | 1999 | 1,82 |
| 1966 | 1,45 | 2000 | 1,48 |
| 1967 | 1,46 | 2001 | 1,78 |
| 1968 | 1,52 | 2002 | 1,21 |
| 1969 | 1,44 | 2003 | 1,26 |
| 1970 | 1,27 | 2004 | 1,55 |
| 1971 | - | 2005 | 1,91 |
| 1972 | 1,56 | 2006 | 1,73 |
| 1973 | 1,83 | 2007 | 1,73 |
| 1974 | 1,41 | 2008 | 1,26 |
| 1975 | 1,62 | 2009 | 1,76 |
| 1976 | 1,83 | 2010 | 2,01 |
| 1977 | 1,52 | 2011 | 1,71 |
| 1978 | 1,44 | 2012 | 1,61 |
| 1979 | 1,95 | 2013 | 1,38 |
| 1980 | 1,62 | 2014 | 1,45 |
| 1981 | 1,75 | 2015 | 1,52 |
| 1982 | 2,30 | 2016 | 1,21 |
| 1983 | 2,27 | 1985 | 1,39 |

A série de vazões mínimas de 7 dias de duração anuais foi submetida à distribuição estatística de Weibull e de Gumbel para mínimos, ajustando-se, então, à distribuição de Gumbel, visto que está apresentou uma correlação maior, de 99,0%, indicando um melhor ajuste.

PCH MACAÉ

A Tabela 4.37 apresenta as vazões mínimas de 7 dias de duração para diversos tempos de recorrência, para o local da estação Galdinópolis (59125000). A Figura 4.24 apresenta o ajuste da distribuição de Weibull.

Tabela 4.37 - Vazões Mínimas - Estação Fluviométrica Galdinópolis (59125000)

| TR (anos) | Q ₇ (m ³ /s) |
|-----------|------------------------------------|
| 2 | 1,58 |
| 5 | 1,34 |
| 10 | 1,18 |
| 20 | 1,02 |
| 50 | 0,82 |
| 100 | 0,67 |
| 1.000 | 0,17 |

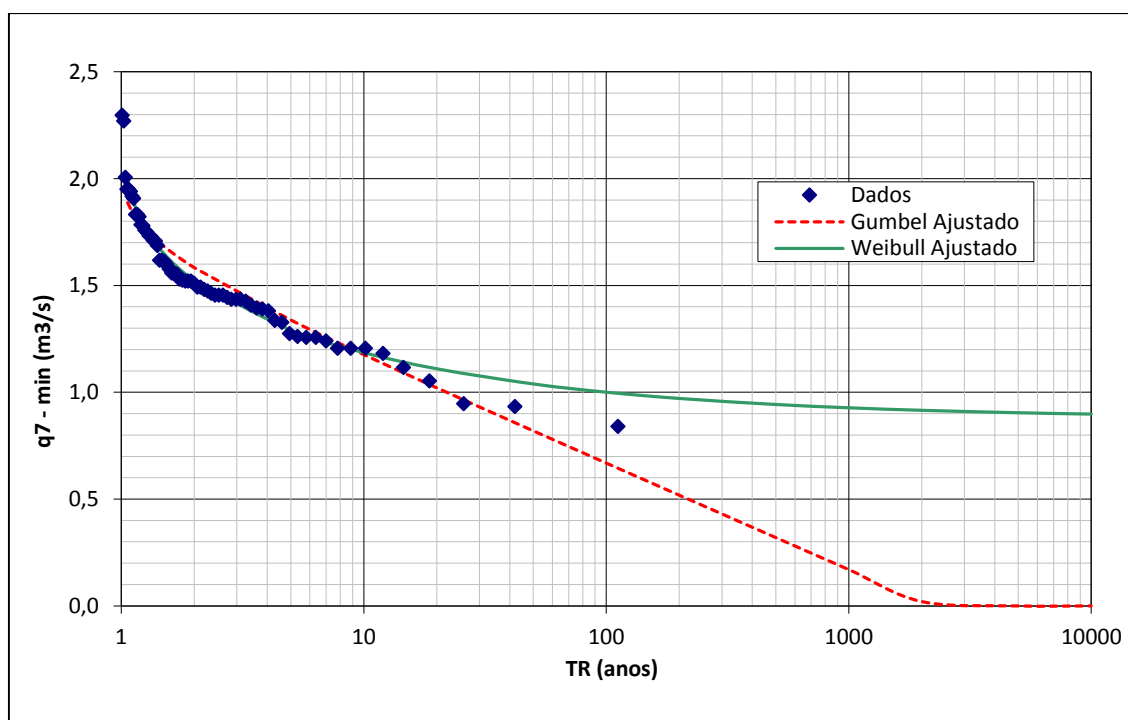


Figura 4.24 - Ajuste de Distribuição para Mínimas - Estação Galdinópolis (59125000)

Realizando-se a transferência das vazões mínimas por área de drenagem para o local da PCH Macaé, a Q_{7,10} resulta em 5,54 m³/s.

A Tabela 4.38 apresenta os valores da Q_{7,10}, Q_{95%} e 20% da QMLT.

PCH MACAÉ

Tabela 4.38 - Comparativo entre as Vazões Mínimas de Referência - PCH Macaé

| Q _{7,10} (m ³ /s) | Q _{95%} (m ³ /s) | 20% Q _{MLT} (m ³ /s) |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 5,54 | 7,82 | 4,12 |

Conforme estudos do inventário, a vazão sanitária definida para o rio Macaé no eixo do empreendimento corresponde a 20% da vazão média de longo termo, resultando em de 4,12 m³/s.

4.2.4. CURVAS-CHAVE

Neste item serão apresentadas as curvas-chave para os níveis naturais do rio Macaé na região de restituição do Canal de Fuga e no local do Eixo do Barramento da PCH Macaé.

4.2.4.1. Canal de Fuga

O estudo da curva-chave no Canal de Fuga teve como base 9 (nove) campanhas de medição de descarga líquida realizadas entre dezembro de 2016 e outubro de 2017 na régua instalada próxima ao Canal de Fuga. Em 7 (sete) das campanhas, foram realizadas duas medições, neste caso, foi considerado nos estudos deste capítulo a média entre as duas medições. A Tabela 4.39 apresenta as medições utilizadas.

Tabela 4.39 - Medições de Descarga Líquida no Canal de Fuga da PCH Macaé

| Data | Réguas (m) | Cota Real (m) | Vazão (m ³ /s) |
|----------|------------|---------------|---------------------------|
| 14/12/16 | 2,48 | 35,73 | 27,40 |
| 14/12/16 | 2,48 | 35,73 | 27,22 |
| 25/01/17 | 2,14 | 35,39 | 14,48 |
| 17/02/17 | 2,07 | 35,32 | 9,92 |
| 17/02/17 | 2,07 | 35,32 | 10,35 |
| 03/03/17 | 2,17 | 35,42 | 14,63 |
| 01/05/17 | 1,90 | 35,15 | 18,57 |
| 09/06/17 | 1,65 | 34,90 | 10,32 |
| 09/06/17 | 1,65 | 34,90 | 10,42 |
| 08/09/17 | 1,49 | 34,74 | 5,92 |
| 08/09/17 | 1,49 | 34,74 | 5,71 |
| 29/09/17 | 1,42 | 34,67 | 4,62 |
| 29/09/17 | 1,42 | 34,67 | 4,55 |
| 28/10/17 | 1,43 | 34,68 | 5,12 |
| 28/10/17 | 1,43 | 34,68 | 4,97 |

A calibração, com base nas medições de vazão, resultou uma equação na forma:

$$Q = a * (H - H_0)^n$$

Sendo:

PCH MACAÉ

Q – Vazão (m³/s);

H – Nível de água (m);

H_0 – Nível de água para vazão zero (m);

a e n – Constantes.

O ajuste da equação foi feito analisando-se o traçado da curva com relação aos pontos medidos extrapolada a partir do Método de Stevens. Esta metodologia baseia-se na formulação de Chezy para escoamento uniforme em canais e na equação da continuidade, conforme a equação abaixo.

$$\frac{Q}{A * \sqrt{R_h}} = C * \sqrt{J}$$

Onde:

Q – Vazão (m³/s);

A – Área da seção transversal (m²);

R_h – Raio Hidráulico (m);

C – Coeficiente em função do raio hidráulico;

J – Fator de declividade.

Sendo assim, obteve-se o ajuste apresentado na Figura 4.25.

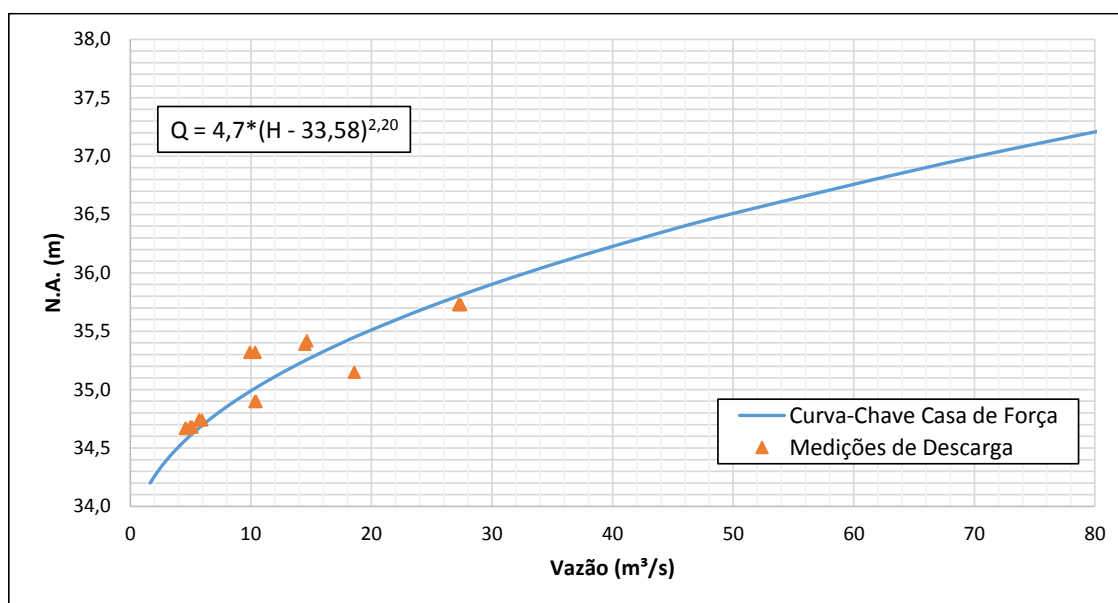


Figura 4.25 - Ajuste da Curva-Chave para o Eixo do Canal de Fuga da PCH Macaé

4.2.4.2. Eixo do Barramento

Para o eixo do barramento, devido a existência de uma corredeira entre as seções a montante e jusante, fez-se necessária a instalação de duas réguas. A Figura 4.26 ilustra essa situação.

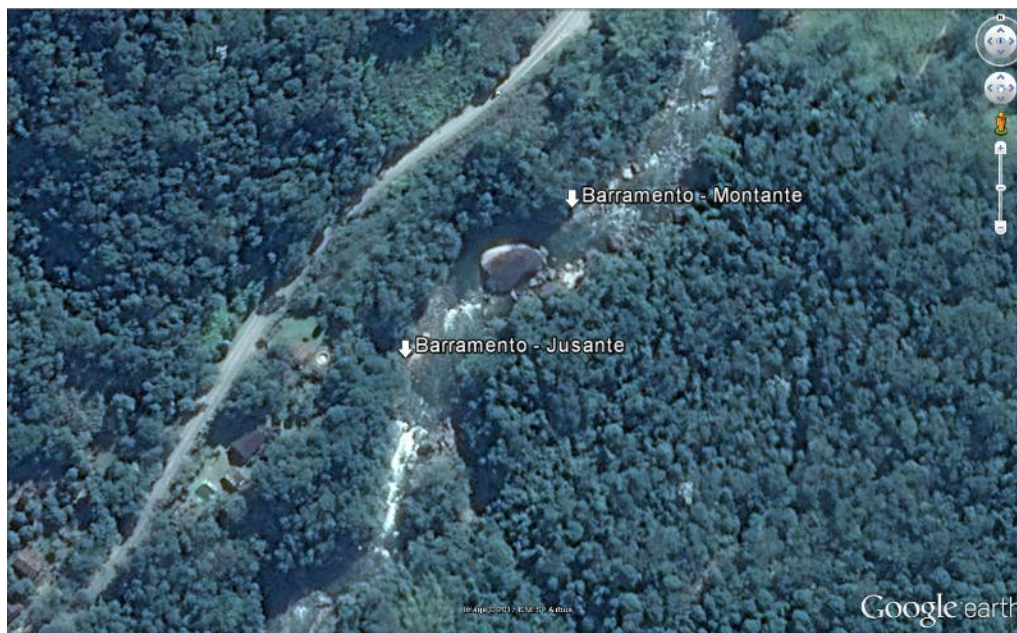


Figura 4.26 - Localização das Réguas Próximas ao Eixo do Barramento

Foram realizadas 9 (nove) medições de descarga para as duas réguas, contudo, na seção à jusante do barramento uma medição foi descartada devido à falta de confiabilidade dos dados. As Tabela 4.40 Tabela 4.41 abaixo apresentam as campanhas de medição.

Tabela 4.40 - Medições de Descarga Líquida a Montante do Barramento

| Data | Régua (m) | Cota Real (m) | Vazão (m ³ /s) |
|----------|-----------|---------------|---------------------------|
| 14/12/16 | 2,85 | 118,68 | 24,64 |
| 14/12/16 | 2,85 | 118,68 | 22,38 |
| 26/01/17 | 2,32 | 118,15 | 12,59 |
| 16/02/17 | 2,24 | 118,07 | 10,43 |
| 16/02/17 | 2,24 | 118,07 | 11,08 |
| 03/03/17 | 2,30 | 118,13 | 12,60 |
| 02/05/17 | 2,60 | 118,43 | 15,01 |
| 09/06/17 | 2,36 | 118,19 | 10,24 |
| 09/06/17 | 2,36 | 118,19 | 9,28 |
| 08/09/17 | 2,20 | 118,03 | 7,65 |
| 08/09/17 | 2,20 | 118,03 | 7,01 |
| 29/09/17 | 2,13 | 117,96 | 4,73 |
| 29/09/17 | 2,13 | 117,96 | 4,65 |
| 28/10/17 | 2,15 | 117,98 | 4,82 |
| 28/10/17 | 2,15 | 117,98 | 4,87 |

Tabela 4.41 - Medições de Descarga Líquida a Jusante do Barramento

| Data | Réguas (m) | Cota Real (m) | Vazão (m ³ /s) |
|----------|------------|---------------|---------------------------|
| 14/12/16 | 5,70 | 117,76 | 23,51 |
| 26/01/17 | 5,45 | 117,51 | 12,59 |
| 16/02/17 | 5,38 | 117,44 | 10,76 |
| 29/04/17 | 5,73 | 117,79 | 15,01 |
| 09/06/17 | 5,45 | 117,51 | 9,76 |
| 08/09/17 | 5,29 | 117,35 | 7,33 |
| 29/09/17 | 5,24 | 117,30 | 4,69 |
| 20/10/17 | 5,25 | 117,31 | 4,85 |

Sendo assim, seguindo a mesma metodologia de obtenção e extrapolação da curva-chave apresentada anteriormente, para o eixo do canal de fuga, as curvas-chave obtidas encontram-se apresentadas nas Figura 4.27 e Figura 4.28 abaixo.

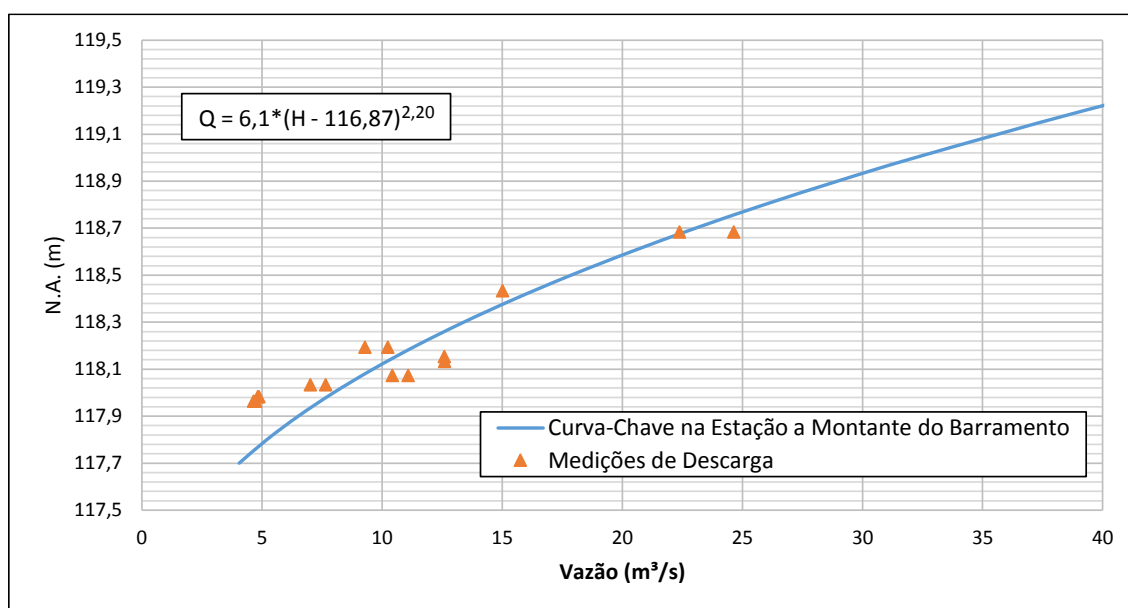


Figura 4.27 - Ajuste de Curva-Chave para o Eixo a Montante do Barramento da PCH Macaé

PCH MACAÉ

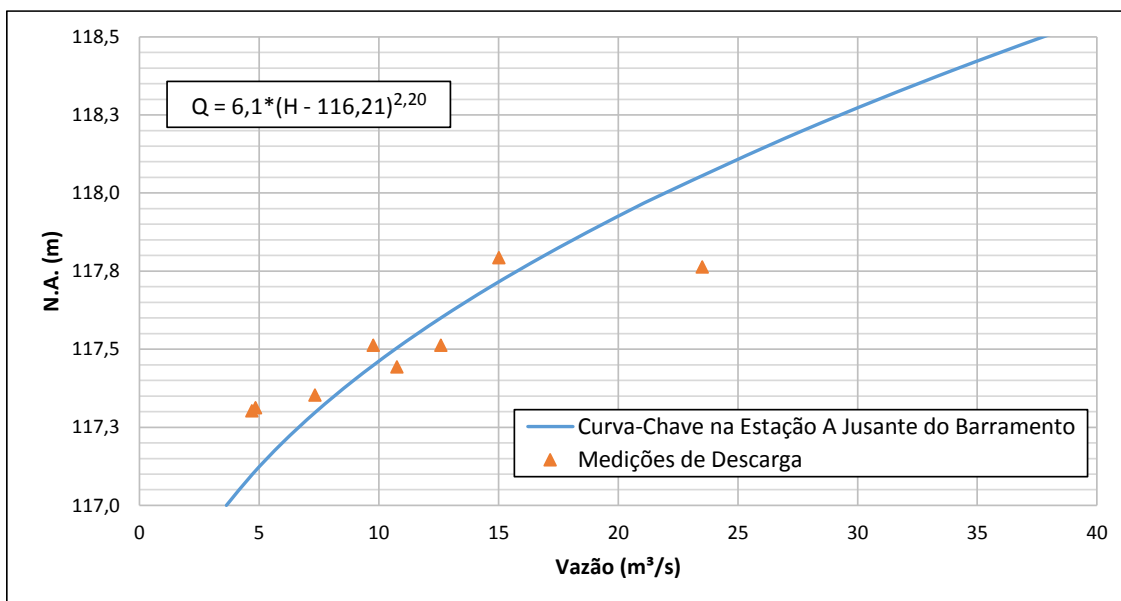


Figura 4.28 - Ajuste da Curva-Chave para o Eixo a Jusante do Barramento da PCH Macaé

4.2.5. ESTUDOS DO RESERVATÓRIO

4.2.5.1. Remanso

Optou-se pelo suprimento de um barramento para a PCH Macaé, devido aos níveis esperados para as vazões de cheia a partir das curvas-chave extrapoladas já apresentadas a montante e jusante do eixo do barramento.

Sendo assim, adotando-se uma soleira a jusante da Tomada de Água para regularizar o nível do reservatório, não foi necessário o estudo de remanso, tendo em vista a pequena extensão do reservatório e a baixa influência da soleira.

4.2.5.2. Curva Cota X Área X Volume

Os estudos topográficos realizados para a região da Tomada de Água do circuito de geração da PCH Macaé viabilizaram a obtenção dos níveis, áreas e, conseqüentemente, volumes na seção da soleira do empreendimento.

A Tabela 4.42 abaixo apresenta os resultados dos levantamentos. O valor em destaque corresponde ao Nível Normal de Montante (120,0 m). A Figura 4.29 apresenta as curvas Cota x Área e Cota x Volume.

Tabela 4.42 - Relação Cota X Área X Volume para a PCH Macaé

| Cota (m) | Área (m²) | Volume (m³) |
|------------|--------------|--------------|
| 118 | 0 | 0 |
| 119 | 1.140 | 2.280 |
| 120 | 1.982 | 3.122 |
| 121 | 2.648 | 3.788 |
| 122 | 3.443 | 4.583 |

| Cota (m) | Área (m ²) | Volume (m ³) |
|----------|------------------------|--------------------------|
| 123 | 4.384 | 5.524 |
| 124 | 5.480 | 6.620 |

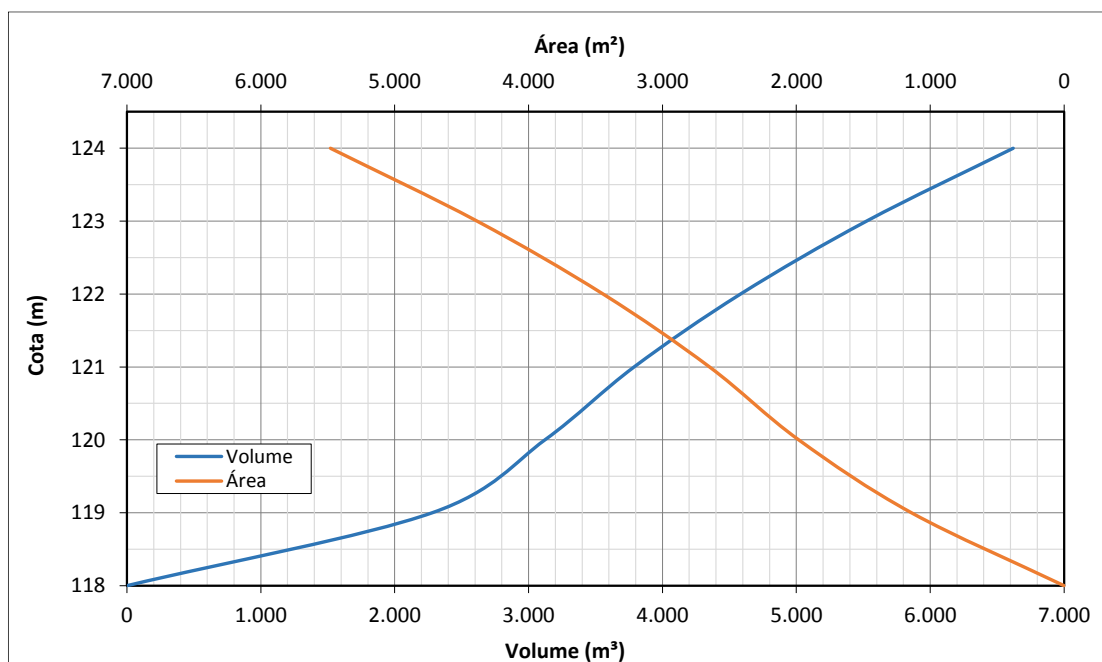


Figura 4.29 - Curva Cota X Área X Volume do Reservatório da PCH Macaé

A Tabela 4.43 e a Tabela 4.44 apresentam os coeficientes dos polinômios ajustados para as relações Volume X Cota e Área X Cota, respectivamente.

Tabela 4.43 - Coeficientes do Polinômio da Curva Cota X Volume

| Independente | 1° Grau | 2° Grau | 3° Grau | 4° Grau |
|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| -1,3986738777808E+09 | 4,58267318873860E+07 | -5,62976759936337E+05 | 3,07333937249510E+03 | -6,29048958853673E+00 |

Tabela 4.44 - Coeficientes do Polinômio da Curva Cota X Área

| Independente | 1° Grau | 2° Grau | 3° Grau | 4° Grau |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| -4,30617332059375E+08 | 1,39513449693414E+07 | -1,69425209031500E+05 | 9,13974445112108E+02 | -1,84783443213382E+00 |

4.2.5.3. Hidrossedimentologia

Considerando que a bacia hidrográfica do Rio Macaé encontra-se na zona hidrossedimentológica S1 – Litoral Sul, foram estimados os parâmetros Erodibilidade do Solo (K), Erosividade da Chuva (R), Concentrações Médias Anuais de Suspensão (CMA) e Produções Específicas Médias de Sedimentos (PEMS) com base no Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros, desenvolvido pela Eletrobrás – UFRGS/IPH (1992). Os valores adotados encontram-se apresentados na Tabela 4.45 abaixo.

Tabela 4.45 - Parâmetros da Produção de Sedimentos na Bacia do Rio Macaé (Fonte: Estudo de Viabilidade do Rio Macaé, 2010)

| Parâmetro | Valor Estimado |
|-------------------------------|----------------|
| K (t/ha/(t.m/ha.mm/h)) | 0,15 a 0,30 |
| R (t.m/ha.mm/h) | 750 a 1.000 |
| CMA (mg/l) | 100 |
| PEMS (t/km ² /ano) | 155 |

4.2.5.4. Eficiência de Retenção

Um reservatório, devido à queda de velocidade da corrente de água, constitui-se em um eficiente elemento de retenção de sedimentos transportados pelo curso d'água, sendo que a capacidade de retenção deste reservatório pode ser determinada, conforme metodologia abaixo indicada.

No estudo apresentado pelo Estudo de Viabilidade, foi utilizada a Curva de Churchill-Vanoni (Figura 4.30) para determinação da eficiência de retenção. Esta curva apresenta no eixo das ordenadas o Índice de Sedimentação (razão entre o Período de Retenção e a Velocidade Média no Reservatório) e, no eixo das abscissas, apresenta o Sedimento Efluente do Reservatório.

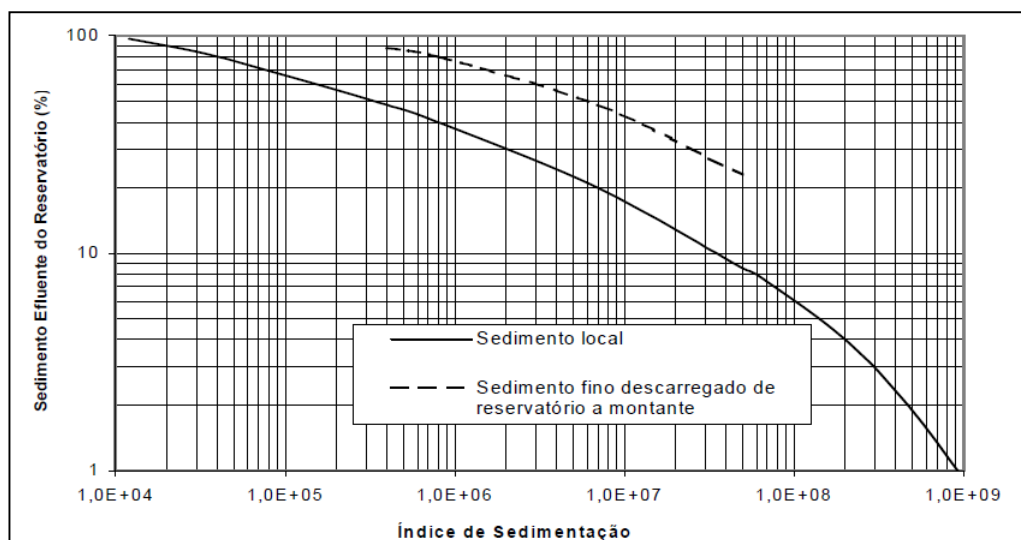


Figura 4.30 - Curva de Churchill - Vanoni

Sendo que, o índice de sedimentação pode ser calculado de acordo com o a seguinte equação:

$$IS = \frac{0,305 * V^2}{Q^2 * L}$$

Onde:

IS – Índice de Sedimentação;

PCH MACAÉ

- V – Volume do Reservatório (m^3);
Q – Vazão Média de Longo Termo (m^3/s);
L – Comprimento do Reservatório (m).

O índice de sedimentação para o arranjo da PCH Macaé, considerando o volume do reservatório para o N.A. Máximo (El. 120,00 m) igual a $3.122 m^3$, com um comprimento de 96,30 m e a vazão média de longo termo já apresentada ($20,61 m^3/s$), obteve-se um índice de sedimentação igual a 72,58. Este índice é tão baixo que não permite a estimativa da eficiência de retenção no reservatório, conforme ilustra a Figura 4.30, devido ao fato de suas pequenas dimensões. Sendo assim, é possível desconsiderar a retenção de sedimentos e o tempo de assoreamento do reservatório da PCH Macaé.

4.3. HIDRÁULICOS

Neste item serão apresentados os principais aspectos hidráulicos referentes ao projeto da PCH Macaé. Serão abordados os dimensionamentos da soleira, das Ensecadeiras de proteção para as fases construtivas e do circuito de geração.

4.3.1. DESVIO DO RIO

Estão previstas três fases para as etapas construtivas. Neste período, a segurança no campo de trabalho deverá ser realizada pelas Ensecadeiras, dimensionadas conforme o avanço previsto. A seguir serão apresentadas as considerações e elevações, adotando-se uma borda-livre mínima, em todos os casos, de 1 metro.

4.3.1.1. Primeira Fase

Para esta fase, como não há estrangulamento do rio, utilizou-se a curva-chave definida a montante da soleira de regularização. A elevação mínima de proteção a ser garantida foi definida por uma Ensecadeira na cota 121,30 m, considerando um tempo de recorrência de 2 anos para o período seco.

4.3.1.2. Segunda Fase

Nesta etapa, o Rio Macaé será desviado através de um canal de desvio com 10 metros de largura com a elevação do fundo na cota 117,00 m. O canal foi dimensionado a partir do *Standard Step Method*, levando em consideração o Princípio de Conservação da Energia.

Para tanto, deverão ser executadas pré-Ensecadeiras de montante e jusante nas cotas 119,90 e 119,80 m, respectivamente, considerando a vazão média de longo termo. As elevações finais das Ensecadeiras foram dimensionadas para o TR de 2 anos para o período seco, resultando nas elevações 121,90 e 121,30 m, respectivamente para montante e jusante.

4.3.1.3. Terceira Fase

Durante a terceira fase a região do canal de desvio deve ser protegido para finalização da soleira regularização. Nesta etapa o rio Macaé passa pela parte já concretada da soleira. Considerando um tempo de recorrência de 2 anos para o período seco, a elevação da Ensecadeira de jusante é igual a 121,30 m, determinada pela curva-chave, e a de montante é igual a 122,20 m, com influência do controle exercido pela soleira para vazões de baixa intensidade.

4.3.1.4. Proteção da Casa de Força

A construção da Casa de Força deverá ser protegida por Ensecadeiras posicionadas no Canal de Fuga e no Canal de Adução. Como não há estrangulamento do leito natural, o dimensionamento desta Ensecadeira foi obtido aplicando-se a vazão para o TR de 50 anos nas curvas-chaves naturais. Sendo assim, as elevações determinadas são de 43,20 e 125,50 m para as Ensecadeiras do Canal de Fuga e Canal de adução, respectivamente.

4.3.2. SOLEIRA ESPESSA DE REGULARIZAÇÃO

De acordo com as curvas-chave apresentadas anteriormente no item 4.2.4, verificou-se que para as cheias o barramento estaria afogado a jusante, uma vez que os níveis naturais são superiores aos níveis operativos determinados para a PCH Macaé. Sendo assim, optou-se pela execução de uma soleira de regularização, posicionada próxima à Tomada de Água, com crista na cota 120,00 m, apenas com o objetivo de impor o Nível Normal.

4.3.3. TOMADA DE ÁGUA

A geometria da Tomada de Água foi definida de maneira a produzir aceleração progressiva e gradual do escoamento afluente até o trecho onde está situada a comporta Ensecadeira.

A submergência mínima da Tomada de Água deve ser calculada conforme critério atualizado por J.L.Gordon em 1991, constante da publicação "Hydropower Engineering Handbook", J.S. Gulliver, USA.

A expressão para o cálculo da submergência mínima, em relação do lintel da comporta Ensecadeira, é definida pela seguinte equação:

$$S_{\min} = 0,55 \times V \times h^{0,5} \times (1 + 0,5 \times \sin A + \sin B)$$

Sendo:

S_{\min} - Submergência mínima em relação ao lintel da comporta (m);

V - Velocidade na comporta (m/s);

h - altura da comporta Ensecadeira (m);

A - Ângulo entre a perpendicular ao eixo do Barramento e a perpendicular ao eixo da Tomada de Água (graus);

B - Ângulo do eixo do Conduto com relação a horizontal, logo após a comporta (graus).

PCH MACAÉ

A elevação máxima do teto do Conduto na região da comporta será definida pela cota do nível de água mínimo normal do reservatório subtraído do valor de $S_{\text{mín}}$.

Os dados utilizados e os resultados obtidos estão demonstrados na Tabela 4.46.

Tabela 4.46 – Verificação da Submersão da Tomada de Água da PCH Macaé

| | |
|--|--------|
| Largura da Tomada (m) | 6,00 |
| Altura da Tomada (m) | 6,00 |
| Elevação da Aresta Superior (m) | 118,00 |
| N.A. Mínimo Normal (m) | 119,00 |
| Vazão Unitária (m ³ /s) | 24,96 |
| Ângulo A (graus) | 0 |
| Ângulo B (graus) | 0 |
| Submersão mínima (m) | 0,934 |
| Elevação Limite da Aresta Superior (m) | 118,07 |

4.3.4. PERDA DE CARGA

Foram calculadas as perdas de carga ao longo do Circuito de Geração, considerando-se uma vazão turbinada unitária de 8,32 m³/s, contabilizando uma vazão turbinada total de 24,96 m³/s. As perdas hidráulicas no Circuito De Geração totalizam 3,36 m, equivalentes a 3,99% da queda bruta, conforme apresentado na Tabela 4.47.

A perda de carga pode ser expressa em função da vazão turbinada, de acordo com a seguinte equação:

$$dH = 5,7192915E - 03 \times Q_{\text{UNITÁRIO}}^2 + 4,7640664E - 03 \times Q_{\text{TOTAL}}^2$$

Onde:

dH - Perda de carga no Circuito de Geração (m);

QUNITÁRIO - Vazão turbinada unitária (m³/s);

QTOTAL - Vazão turbinada total (m³/s).

Tabela 4.47 – Distribuição das Perdas de Carga ao Longo do Circuito de Geração

| Trecho | Vazão (m³/s) | Seção | L (m) | H (m) | Ø (m) | Área (m²) | Velocidade (m/s) | K | n/f | Comprimento (m) | Perda (m) |
|--|-----------------|----------------|----------|----------|----------|--------------|---------------------|-------|-------|--------------------|--------------|
| TOMADA DE ÁGUA | | | | | | | | | | | |
| Tomada de Água | 24,96 | Retangular | 6,00 | 6,00 | - | 36,00 | 0,69 | - | 0,012 | 14,80 | 0,001 |
| Entrada da Tomada de Água | 24,96 | Retangular | 6,00 | 6,00 | - | 36,00 | 0,69 | 0,200 | - | - | 0,005 |
| Grade | 24,96 | Retangular | 7,40 | 8,75 | - | 64,75 | 0,39 | 2,420 | - | - | 0,003 |
| Ranhura Comporta Ensecadeira | 24,96 | Retangular | 6,00 | 6,00 | - | 36,00 | 0,69 | 0,020 | - | - | 0,000 |
| CONDUTO/TÚNEL FORÇADO | | | | | | | | | | | |
| Túnel Forçado - Categorias 1/2/3 | 24,96 | Arco-Retângulo | 6,00 | 3,00 | 3,00 | 31,16 | 0,80 | - | 0,048 | 3516,20 | 0,953 |
| Túnel Forçado - Categoria 4 | 24,96 | Arco-Retângulo | 6,00 | 3,00 | 3,00 | 31,07 | 0,80 | - | 0,047 | 480,00 | 0,127 |
| Túnel Forçado - Categoria 5 | 24,96 | Arco-Retângulo | 6,00 | 3,00 | 3,00 | 30,70 | 0,81 | - | 0,047 | 440,00 | 0,122 |
| Túnel Forçado - Categoria 6 | 24,96 | Arco-Retângulo | 6,00 | 3,00 | 3,00 | 30,14 | 0,83 | - | 0,033 | 60,00 | 0,012 |
| Conduto Forçado | 24,96 | Circular | - | - | 2,70 | 5,73 | 4,36 | - | 0,011 | 125,00 | 0,495 |
| Conduto Forçado depois da Bifurcação/Trifurcação | 8,32 | Circular | - | - | 1,70 | 2,27 | 3,67 | - | 0,012 | 19,63 | 0,095 |
| Curva 1 - Túnel | 24,96 | Arco-Retângulo | 6,00 | 3,00 | 3,00 | 32,14 | 0,78 | 0,039 | - | - | 0,001 |
| Curva 2 - Túnel | 24,96 | Arco-Retângulo | 6,00 | 3,00 | 3,00 | 32,14 | 0,78 | 0,035 | - | - | 0,001 |
| Curva 3 - Túnel | 24,96 | Arco-Retângulo | 6,00 | 3,00 | 3,00 | 32,14 | 0,78 | 0,028 | - | - | 0,001 |
| Curva 4 - Conduto | 8,32 | Circular | - | - | 1,70 | 2,27 | 3,67 | 0,061 | - | - | 0,041 |
| Trifurcação / Barrilete - Ramos Laterais | 24,96 | Variável | - | - | - | Variável | Variável | 0,358 | - | - | 0,245 |
| Redução Gradual | 24,96 | Variável | - | - | - | Variável | Variável | 0,100 | - | 5,00 | 0,097 |
| CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO | | | | | | | | | | | |
| Chaminé de Equilíbrio | 24,96 | Circular | - | - | - | 31,16 | 0,80 | 0,050 | - | - | 0,002 |
| CASA DE FORÇA | | | | | | | | | | | |
| Válvula Borboleta | 8,32 | Circular | - | - | 1,50 | 1,77 | 4,71 | 0,250 | - | - | 0,282 |
| Tubo de Sucção - Ranhura Comporta | 8,32 | Retangular | 1,08 | 1,90 | - | 2,04 | 4,07 | 0,020 | - | - | 0,017 |
| Tubo de Sucção - Saída | 24,96 | Retangular | 1,08 | 1,90 | - | 2,04 | 4,07 | 0,900 | - | - | 0,761 |
| Canal de Fuga | 24,96 | var | - | - | - | - | - | - | 0,033 | - | 0,102 |
| Perda Total do Circuito Hidráulico de Geração (m) | | | | | | | | | | | 3,364 |

4.3.5. DISPOSITIVO DE VAZÃO SANITÁRIA

Para que o trecho do rio Macaé entre a Tomada de Água e a Casa de Força não fique a seco, deve-se garantir uma vazão sanitária de 4,12 m³/s. Para tanto, estão previstas 4 válvulas, com 60 cm de diâmetro, com eixo na elevação 118,00 m e posicionadas na margem esquerda da soleira de regularização.

4.4. GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Neste capítulo serão apresentadas as características de natureza geológica e geotécnica compiladas durante a fase de estudos do Projeto Básico para implantação da PCH Macaé, localizada no rio Macaé, no município de Cassimiro de Abreu, região norte do Estado do Rio de Janeiro.

Compreende os serviços de escritório, como compilação bibliográfica e análise de imagens de satélite, bem como interpretação de dados levantados em trabalhos de campo, dentre os quais se inserem o mapeamento e levantamento das características geológicas e geotécnicas dos materiais rochosos, do manto de cobertura e dos possíveis materiais de construção.

Os estudos geológicos nesta etapa abrangeram, ainda, a interpretação da campanha de investigações geológico-geotécnicas através de sondagens mecânicas e geofísica, cujos resultados são apresentados no Apêndice A deste documento. Já no item 4.4.2.2, tem-se um resumo dos serviços de sondagens e geofísica executados e nas seções geológicas. Nos desenhos 1557-MC-B-DE-G28-0004 a 0005, é apresentada a interpretação das investigações.

Inicialmente, apresentam-se as características geomorfológicas e geológicas de âmbito regional, seguidas pelas descrições de mesma natureza pertinentes aos locais de implantação das estruturas que compõe o aproveitamento.

As informações básicas de geologia disponíveis no início deste estudo provêm dos trabalhos de cunho regional realizados principalmente pelos órgãos federais e estaduais de pesquisa, contidos nas Referências Bibliográficas.

4.4.1. Aspectos Geomorfológicos e Geológicos Regionais

4.4.1.1. Geomorfologia

Segundo Gerald *et al.*, 2012, a evolução geomorfológica do estado do Rio de Janeiro remonta ao período Arqueano e Proterozoico, que, posteriormente, em função da ação dos agentes erosivos, foram submetidos a eventos tectônicos, gerando um grande sistema de falhas e serras isoladas. Os processos morfogenéticos atuam de maneira intensa, agindo principalmente nas encostas desprotegidas com alto índice de desagregação mecânica e decomposição química.

O sistema de relevos desnudacionais ocorrem em interflúvios e vertentes com dissecação extremamente forte, apresentando-se de forma retilínea a côncava e por vezes escarpada. Estas características torna a região altamente susceptível a ação de processos de erosão e movimentos de massa com deslizamento e quedas de blocos, mesmo com a presença de cobertura vegetal e ocorrência de solos residuais/saprolíticos.

A PCH Macaé pertence à região serrana do estado do Rio de Janeiro e compreende em parte a planície costeira formada pelo vale fluvial do rio Macaé.

4.4.1.2. Contexto Geotectônico

A região da bacia hidrográfica do rio Macaé está inserida no âmbito da Província Mantiqueira, a qual foi afetada pelo Ciclo Orogênico Brasileiro durante o Neoproterozoico/Cambriano, o que gerou uma complexa evolução estrutural e litológica. Sua evolução é marcada essencialmente por três episódios tectônicos: inicialmente com a edificação da Faixa Ribeira, seguido pela abertura do Oceano Atlântico e, por fim, a reativação tectônica da Margem Sudeste Brasileira.

A edificação da Faixa Ribeira ocorreu durante a amalgamação do Supercontinente Gondwana. Esta faixa de direção NE, se estende pela costa brasileira por aproximadamente 1400 Km sendo limitada por empurrões e zonas de cisalhamento transpressivas subverticais, normalmente destrais.

A abertura do Oceano Atlântico possibilitou a formação de bacias marginais durante a ruptura do Supercontinente anteriormente citado. Durante este episódio houve intensa atividade magmática, muitas vezes na forma de enxames de diques.

A reativação tectônica da margem sudeste brasileira originou o Sistema de Riftes da Serra do Mar (Almeida, 1976) e o pulso magmático de caráter alcalino na forma de *plutons*, *stocks*, diques e derrames vulcânicos.

4.4.1.3. Litoestratigrafia

No estado do Rio de Janeiro, o empilhamento estratigráfico é representado predominantemente por rochas diversificadas, associadas a granitoides de diferentes arranjos composicionais, texturais e estruturais.

Conforme mostrado no Mapa Geológico Regional, documento 1557-MC-B-DE-G28-0002, afloram na região as seguintes unidades litoestratigráficas: Complexo Região dos Lagos, Grupo Búzios-Palmital, Grupo São Fidelis, Suíte Cordeiro, Suíte Suruí e Depósitos Gravitacionais.

De acordo com Gerald *et al.*, 2012, a evolução geológica da região parte do embasamento juvenil Paleoproterozoico do Complexo Região dos Lagos, o qual surgiu em ambiente de arco magmático tipo Andino, durante o Paleoproterozoico. Neste contexto, estão inseridas as unidades litoestratigráficas regionais descritas a seguir, com destaque para o Grupo São Fidelis, unidade onde será instalada a PCH Macaé.

Complexo Região dos Lagos: formado por rochas ortoderivadas metamorfizadas no limite das fácies anfíbolito alto e granulito. As rochas apresentam-se bandadas/migmatizadas, cinzentas, de composição tonalítica a granítica, com enclaves metadioríticos e metatonalíticos, xenólitos anfíbolíticos e granitos com megacristais de feldspato potássico.

Grupo Búzios-Palmital: reúne litologias ricas em biotita, granada, sillimanita e cianita. As rochas possuem estrutura bandada com alternância de leitos claros e escuros, granulação média até grossa e são representadas, sobretudo, por cianita-sillimanita-granada-biotita gnaisse com intercalações de rochas calcissilicáticas bandadas, granada-anfíbolitos e granada-quartzitos.

Grupo São Fidelis: é representado pelos gnaisses kinzigíticos, além de biotita gnaisses granatíferos, com sillimanita e, localmente, cordierita e quartzito. As

rochas desse grupo geralmente encontram-se migmatizadas, sendo comuns os arranjos metatexíticos e diatexíticos com leucossomas portadores de granada e cordierita. Os quartzitos ocorrem na forma de pequenas lentes inseridas nas rochas gnáissicas, apresentando-se puros e recristalizados. Comumente ocorrem horizontes de xistos grafitosos, rochas calcissilicáticas e metacarbonáticas. No Domínio Costeiro essa unidade é constituída predominantemente por gnaisses bandados e migmatitos estromáticos com lentes calcissilicáticas e bancos de quartzito.

Suite Cordeiro: constitui-se por gnaisse leucocrático a hololeucocrático de cor esbranquiçada a cinza clara, granulação média a grossa. Onde a rocha encontra-se pouco deformada, nota-se um arranjo nebulítico com presença de restitos biotíticos, o que evidencia sua origem por anatexia. O gnaisse apresenta alta susceptibilidade à erosão e pode ocorrer de forma variada dependendo de sua rocha encaixante.

Suite Suruí: formada por granitos de granulação fina (milimétrica), às vezes com estrutura de fluxo, de composição sienogranítica a monzogranítica, com índice de cor leucocrático, cinza claro a esbranquiçado, maciço, equigranular com biotita e muscovita. Localmente apresenta granulação centimétrica e brechas de falhas nas bordas.

Depósitos Gravitacionais: Formados pelas coberturas sedimentares, que ocorrem nos fundos de vale em regiões planas, sendo representadas, sobretudo, pelas rochas das unidades São Fidelis e Búzios. São constituídos por sedimentos transportados inconsolidados, de granulometria variada e espessura centimétricas a métrica. Os solos residuais ocorrem em toda área e estão relacionados à alteração “*in situ*” das rochas existentes, sendo compostos por material silto-argiloso a silto-arenoso com espessuras variando até 5 metros. Ao longo do leito dos rios, é comum a ocorrência de blocos e matacões associados ao recuo da encosta por processo erosional e/ou por paleocanais antigos que foram originados durante regime fluvial mais intenso. Os depósitos de tálus acumulam-se nos flancos das encostas, com declividade alta e apresentam grande variação composicional granulométrica.

4.4.1.4. Recursos Minerais

De acordo com pesquisa executada junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), há na região da PCH Macaé algumas áreas de estudos e exploração de bens minerais, relacionadas às substâncias água mineral, areia, saibro, feldspato, caulim, granito e gnaisse.

Conforme observado na Figura 4.31, as áreas são extensas, algumas inclusive abrangendo a área de estudo da futura Central Hidrelétrica. As poligonais indicam áreas que se encontram desde a fase de requerimento de pesquisa até a fase de requerimento e concessão de lavra e apresentam diferentes titularidades.

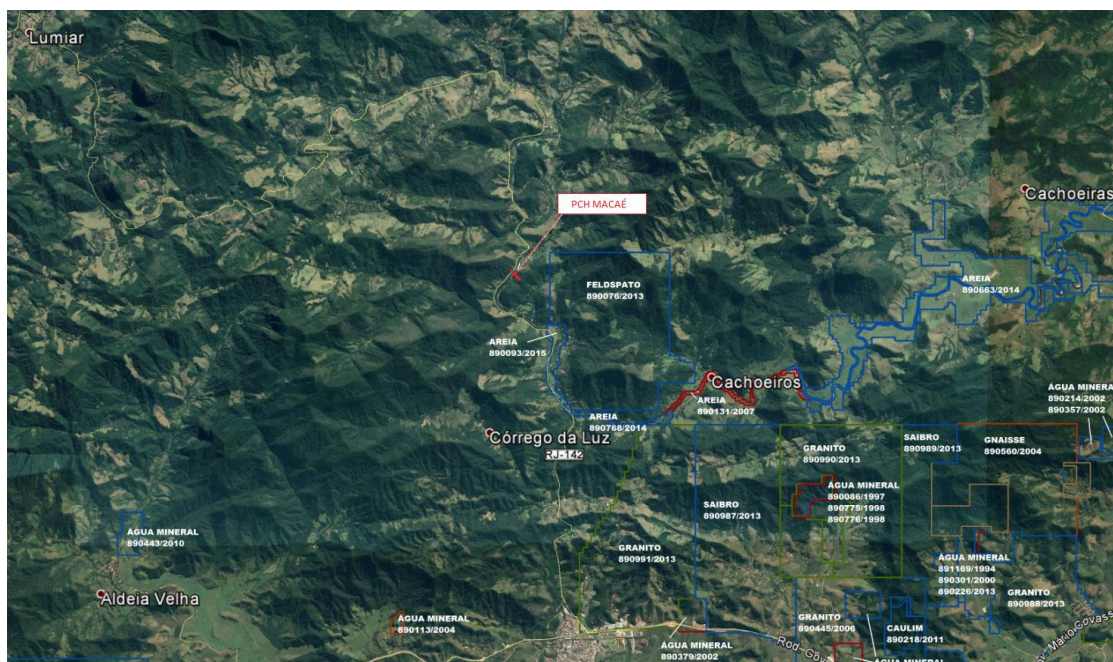


Figura 4.31 - Área de interesse mineral na região da PCH Macaé (Fonte: DNPM sobre imagem do Google Earth)

4.4.1.5. Susceptibilidade a Sismos Naturais e Induzidos

O Brasil, por estar situado em uma região estável no interior de uma placa tectônica, apresenta uma sismicidade bem inferior à observada na borda das placas, com presença de tremores menos intensos e relativamente mais suaves. Eventos sísmicos no país estão relacionados a descontinuidades ou falhas geológicas, bem como reflexos de sismos com epicentro em outros países da América Latina.

Na região de abrangência da bacia hidrográfica do rio Macaé são reportados poucos registros de atividade sísmica. Na Figura 4.32 está representada a ocorrência de sismos, compreendendo um raio de 500 km do centro da bacia do Rio Macaé.

PCH MACAÉ

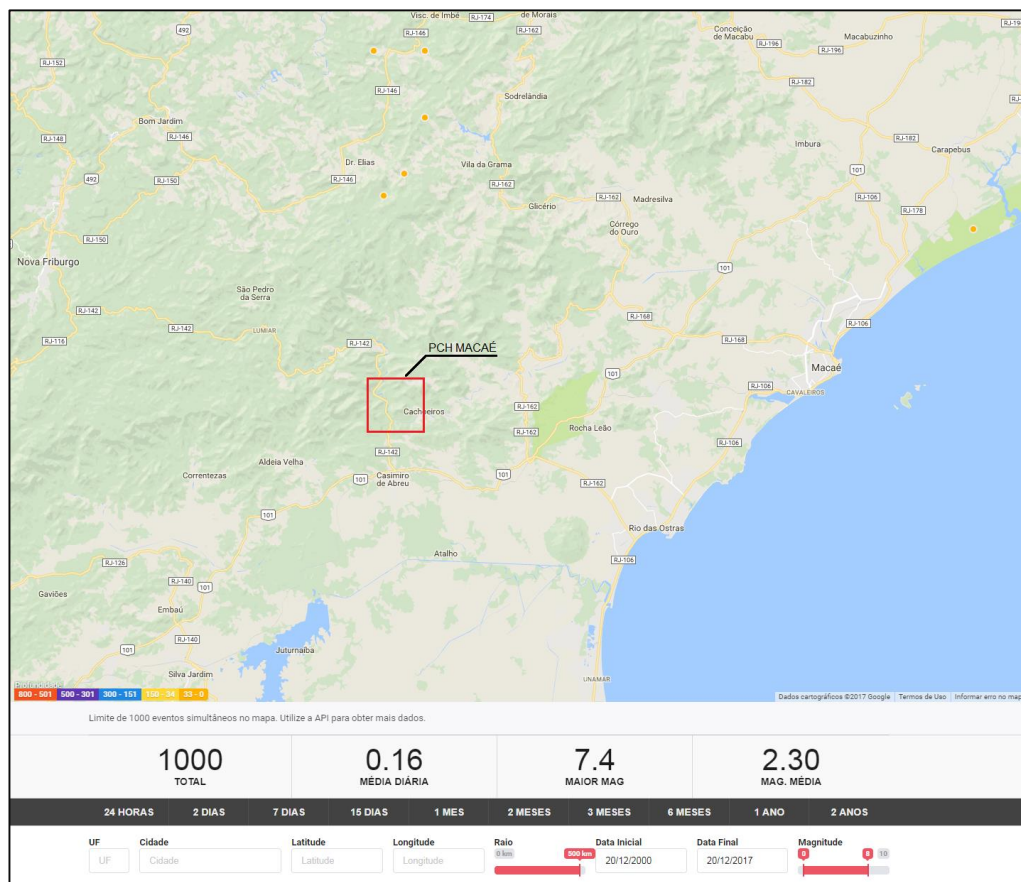


Figura 4.32 - Mapa da sismicidade da bacia hidrográfica do rio Macaé mostrando os sismos ocorridos entre 2000 e 2017 (Fonte: Observatório Sismológico da Universidade de Brasília – Obsis, UnB)

Além dos sismos naturais de origem tectônica, existem também abalos associados à atividade antrópica que podem culminar em acomodações de camadas em subsuperfície, geralmente localizados e de pequena intensidade, conhecidos como sismos induzidos.

Sabe-se que o enchimento de grandes reservatórios pode desencadear estes abalos. Entretanto, deve-se destacar que não há registro de sismo induzido com intensidade maior que grau IV (segundo a Escala de Mercalli) em reservatórios de usinas hidrelétricas brasileiras.

As Pequenas Centrais Hidrelétricas, contudo, possuem um reservatório pequeno em relação àqueles reservatórios de usinas hidrelétricas. Assim, assume-se que é baixo o risco de ocorrência de sismos induzidos pelo enchimento do reservatório do empreendimento em questão.

4.4.1.6. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Fernando Flavio Marques de; CARNEIRO, Celso Dal Ré The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 48, p. 15-26, 1976;

PCH MACAÉ

GERALDES, Mauro Cesar [*et al.*]. Geologia e recursos minerais da folha Casimiro de Abreu SF.23-Z-B-I, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. Belo Horizonte: CPRM, 2012;

FERRARI, André Luiz et al.. O Pré-Cambriano das Folhas Itaboraí, Maricá, Saquarema e Baía da Guanabara. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador. Anais... Salvador: SBG, 1982. v. 1. p. 103-114;

Departamento Nacional de Produção Mineral, site <http://www.dnpm.gov.br/>, acessado em 20/12/17.

4.4.2. Aspectos Geológicos-Geotécnicos do Local do Aproveitamento

Nesse item, apresentam-se os dados obtidos nos levantamentos geológico-geotécnicos na etapa do Projeto Básico da PCH Macaé. As características geológicas e condicionantes geotécnicos aqui apresentados foram fundamentadas a partir do mapeamento de superfície e dados de investigações de subsuperfície levadas a termo na atual etapa dos estudos.

4.4.2.1. Mapeamento Geológico-Geotécnico de Superfície

O mapeamento geológico-geotécnico foi realizado durante visita ao local de instalação do futuro empreendimento. A visita objetivou o reconhecimento da área de implantação e do entorno da PCH Macaé, bem como a identificação dos locais com potencialidade para exploração dos materiais de construção, possibilitando assim, uma avaliação prévia qualitativa das áreas com potenciais de exploração.

Os dados de inspeção de campo, juntamente com a interpretação das investigações de subsuperfície (sondagens e geofísica) e fotointerpretação da área de instalação do empreendimento, possibilitaram a elaboração do Mapa Geológico-Geotécnico da PCH Macaé, representado no desenho 1557-MC-B-DE-G28-0003.

4.4.2.2. Investigações Geológico-Geotécnicas

A campanha de investigações geológico-geotécnicas foi realizada na região prevista para implantação das estruturas da PCH Macaé. Abrangeu a execução de sondagens rotativas, mistas, a percussão, além de investigações geofísicas através do método de resistividade elétrica.

No desenho 1557-MC-B-DE-G28-0004, é apresentada a locação das sondagens e das investigações geofísicas executadas.

Sondagens Mecânicas

As sondagens mecânicas foram realizadas pela empresa “INGEO – Investigações Geológico-Geotécnicas Ltda”, durante o mês de outubro de 2017. Aliado às investigações, houve a realização de Ensaio de Resistência à Penetração (SPT), Infiltração (EI) e Lavagem por Tempo (LVT) nos trechos de solo e ensaios de Perda de Água Sob Pressão (EPA) nos trechos em rocha.

As sondagens foram distribuídas ao longo dos eixos principais das diferentes estruturas do arranjo geral estudado para o aproveitamento, de forma a se obter o máximo de conhecimento das características e condicionantes geológico-geotécnicos dos locais previstos para implantação das mesmas.

Na Tabela 4.48, a seguir, apresenta-se um resumo dos quantitativos de sondagens e ensaios realizados na atual etapa dos estudos.

Tabela 4.48 - Sondagens Realizadas

| FURO | COORDENADAS | | COTA (m) | PROF. (m) | SOLO (m) | ROCHA (m) | ENSAIOS | | |
|-----------|--------------|------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|---------|----------|
| | NORTE | LESTE | | | | | SPT (un) | EI (un) | EPA (un) |
| SM-01 | 7.520.134,70 | 786.607,55 | 130,51 | 12,86 | 5,60 | 7,26 | 6 | 6 | 2 |
| SP/SRI-02 | 7.520.122,20 | 786.625,53 | 118,26 | 9,24 | 1,70 | 7,54 | 1 | 1 | 2 |
| SP/SRI-03 | 7.520.092,92 | 766.657,00 | 118,63 | 8,25 | 1,20 | 7,05 | 1 | 0 | 2 |
| SM-04 | 7.520.073,27 | 786.679,00 | 120,38 | 9,89 | 3,90 | 5,99 | 3 | 3 | 2 |
| SR-05 | 7.520.236,29 | 766.797,70 | 125,83 | 15,86 | 3,30 | 12,56 | 3 | 1 | 4 |
| SM-06 | 7.520.220,85 | 786.803,40 | 128,05 | 16,72 | 5,15 | 11,57 | 5 | 6 | 3 |
| SM-07 | 7.516.664,65 | 789.834,27 | 60,45 | 25,03 | 9,30 | 15,73 | 9 | 10 | 4 |
| SR-08 | 7.516.646,14 | 789.851,91 | 47,95 | 23,57 | 4,90 | 18,67 | 6 | 2 | 5 |
| SR-09 | 7.516.658,70 | 789.869,40 | 45,60 | 20,36 | 3,95 | 16,41 | 4 | 1 | 5 |
| SM-10 | 7.516.623,58 | 789.849,64 | 41,76 | 12,08 | 5,63 | 6,45 | 5 | 1 | 2 |
| SP-01 | 7.516.673,90 | 789.807,65 | 69,21 | 2,40 | 2,40 | 0,00 | 2 | 2 | 0 |
| SP-02 | 7.516.603,04 | 789.903,97 | 35,43 | 1,70 | 1,70 | 0,00 | 1 | 1 | 0 |
| SP-03 | 7.516.677,82 | 789.916,09 | 42,41 | 7,86 | 7,86 | 0,00 | 7 | 7 | 0 |
| SP-04 | 7.516.695,65 | 789.921,82 | 40,95 | 9,12 | 9,12 | 0,00 | 9 | 8 | 0 |
| SP-05 | 7.516.714,95 | 789.927,36 | 39,35 | 6,21 | 6,21 | 0,00 | 6 | 6 | 0 |
| TOTAL | | | | 181,15 | 71,92 | 109,23 | 68 | 55 | 31 |

Investigações Geofísicas

As investigações geofísicas foram realizadas por meio de levantamentos por resistividade elétrica, durante o mês de setembro de 2017. Os serviços foram executados pela empresa “SIGEO Soluções Integradas em Geotecnologias”.

Objetivou-se com as investigações aprimorar o conhecimento de subsuperfície e estender as interpretações pontuais das sondagens nas seções de forma a prevenir riscos nos locais previstos para a implantação das principais estruturas do empreendimento. Na Tabela 4.49, a seguir, têm-se um resumo dos serviços de geofísica realizados.

Tabela 4.49 - Investigações Geofísicas Executadas.

| PERFIL | SEÇÃO | EXECUTADO |
|--------|------------------|-----------|
| L1/L2 | CE 1_2 INTEGRADA | 258 |
| L3 | CE 03 | 200 |
| L4 | CE 04 | 200 |
| L5 | CE 05 | 200 |
| L6 | CE 06 | 200 |
| L7 | CE 07 | 200 |
| L8 | CE 08 | 200 |
| L9 | CE 09 | 200 |
| TOTAL | | 1658 |

4.4.2.3. Morfologia do Local

O rio Macaé tem suas nascentes na Serra de Macaé, município de Nova Friburgo, segue sentido geral noroeste-sudeste e percorre cerca de 140 km até desembocar no Oceano Atlântico, no município homônimo. Sua drenagem é caracterizada por declives acentuados, padrão dentrítico, treliçado e retangular. Nas imediações e ao longo do leito do rio, ocorrem afloramentos de rocha, solos rasos e ocorrências de aluvião, colúvios e depósitos de tálus.

No local onde está prevista a implantação da PCH Macaé, as cotas altimétricas variam entre 50,00 m a 150,00 m, acima do nível do mar e a largura da calha do rio Macaé no local é de aproximadamente em 30,00 m.

PCH MACAÉ

A região escolhida para implantação do empreendimento apresenta relevo fortemente ondulado, com calha do rio bem encaixada e relativamente profunda. Em ambas as margens observam-se declividades acentuadas, tornando ainda mais íngremes a medida que se adentra em direção às encostas.

No local previsto para implantação do Barramento e Tomada de Água, o rio Macaé apresenta leito rochoso, com formação de diversos saltos e corredeiras (Figura 4.33). A lâmina de água é rasa sendo possível observar diversos afloramentos de grande resistência a erosão de rocha *in situ* bem como blocos rolados desde as elevações mais altas de ambas as ombreiras como também de matações transportados pela correnteza do rio.

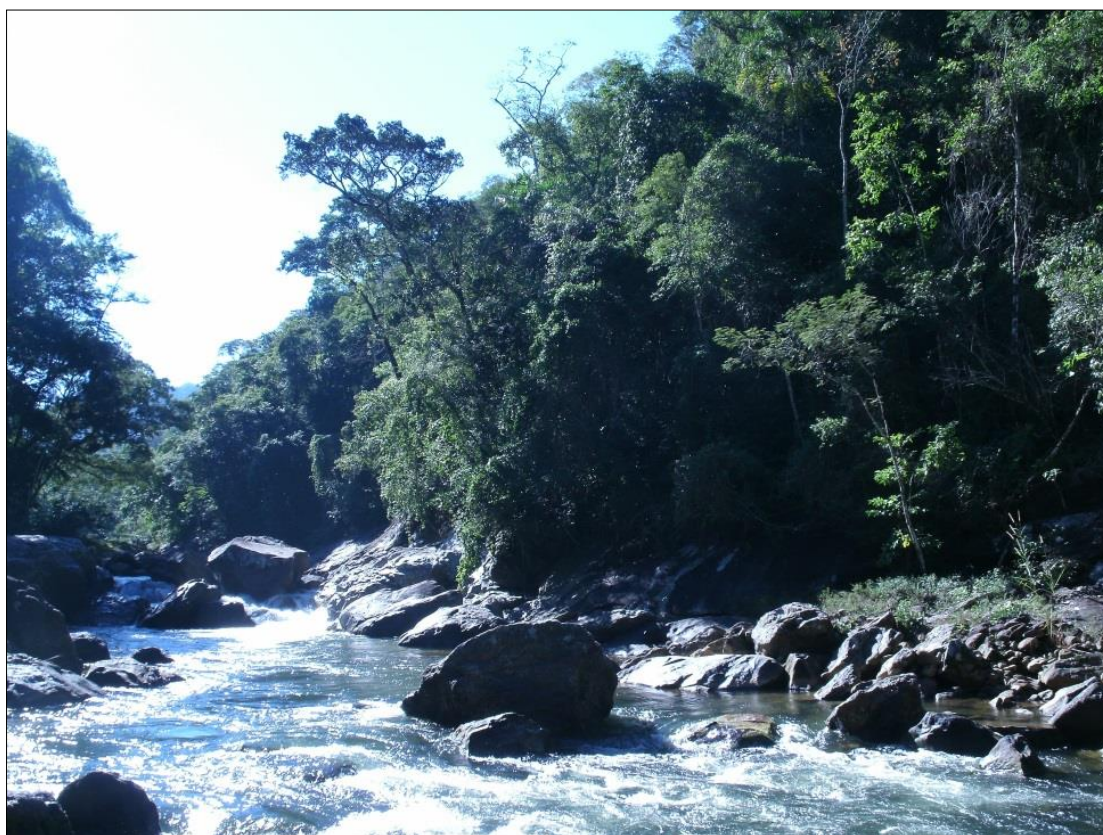


Figura 4.33 - Aspecto da calha do rio Macaé na região do empreendimento, leito rochoso com formações de corredeiras e presença de numerosos blocos e matações rochosos em um vale bem definido e encaixado

4.4.3. Características Geológico-Geotécnicas dos locais de implantação das estruturas

São descritos neste tópico, os principais aspectos litológicos, estruturais e geotécnicos dos locais de implantação das estruturas da PCH Macaé. No Mapa Geológico-Geotécnico Local (1557-MC-B-DE-G28-0003) e Seções Geológicas (1557-MC-B-DE-G28-0004 a 0006), são ilustrados a ocorrência e distribuição do substrato rochoso e dos materiais de cobertura.

4.4.3.1. Horizontes de Cobertura Pedológica

Os horizontes de coberturas pedológicas na área de implantação da PCH Macaé são representados pelas camadas de aluvião, colúvio, solo residual/solo de alteração de rocha. Nos tópicos a seguir, caracteriza-se cada um dos materiais.

Depósitos Aluvionares

Esses depósitos ocorrem nas margens do rio Macaé e ao longo de sua calha, formando bolsões de material aluvionar que margeiam afloramentos rochosos e blocos desprendidos pela força da correnteza e gravidade.

Esses depósitos são pequenos aluviões e terraços aluviais de granulometria silto-arenosa a areno-siltosa fina. Em geral, possui espessura variando entre 1,20 a 5,00 metros. Geotecnicamente são classificados como um horizonte inconsistente e susceptível a erosão.

Depósitos Colúvionares

Os horizontes colúvionares ocorrem sobrepondo o maciço rochoso, o solo residual ou o aluvião. Apresenta granulometria fina argilo-siltosa, coloração marrom avermelhada, com presença de matéria orgânica (raízes e folhas). Em algumas regiões, principalmente nas proximidades do leito do rio, observa-se material pedregoso imerso.

Geotecnicamente, esse horizonte apresenta-se com consistência média à rija e espessura variável (1,00 a 5,00 m).

Solo Residual/Solo de Alteração de Rocha

O solo residual e de alteração de rocha é caracterizado como argilo-siltoso a silto arenoso, com presença de areia fina a média. A espessura dessa camada é variável, chegando à máxima de 6,00 m.

4.4.3.2. Maciço Rochoso

Características Gerais

Na região de instalação da PCH Macaé afloram rochas de composição gnaissica. A rocha gnaissica possui textura fina a média, afanítica, coloração cinza clara a escura, com níveis de lineação mineral. Apresenta-se pouco fraturada, com bandamento marcante entre máficos (níveis biotíticos) e félsicos (concentração de feldspato e quartzo), de espessuras milimétricas a centimétricas, Figura 4.34.

Em algumas sondagens foi observado a descaracterização do maciço gnaissico por meio da intrusão de material diabásico, de coloração preta, de baixa granulação. Na rocha diabásica, são observadas passagens/vênulos de quartzo/feldspato de espessuras variáveis, de cor branca e cinza claro.



Figura 4.34 - Rocha Gnaissica - bandamento milimétrico a centimétrico de máficos e félsicos.

Aspectos Geomecânicos

Em termos geomecânicos, o maciço rochoso na região de instalação da PCH Macaé se caracteriza como competente, uma vez que, mesmo exposto aos agentes intempéricos superficiais, apresenta-se são ou pouco decomposta, com suas características geomecânicas preservadas (Figura 4.35) e de baixo grau de erodibilidade quando exposto.



Figura 4.35 - Blocos e afloramentos de rocha gnáissica na calha e adjacências do rio Macaé. Rocha de boa resistência e baixo grau de erodibilidade

As sondagens executadas detectaram que o maciço rochoso possui, em geral, grau de alteração variando entre A1 e A2 (A2 normalmente próximo à superfície) o que permite classificá-la como pouco alterada. Além desse parâmetro, observa-se que a consistência/resistência do maciço é alta, variando entre C1 e C2 e sua permeabilidade é baixa (H1/H2).

O grau de fraturamento detectado apresentou-se mais elevado nas porções superiores do maciço, sendo classificado como de alto grau de fraturamento (F5). No entanto, a medida que se aprofundaram as investigações, foi verificado uma diminuição do grau de fraturamento da rocha, progressivamente em alguns casos ou subitamente, passando a um maciço rochoso pouco fraturado (F1).

Por fim, altos valores de RQD e alta recuperação dos testemunhos confirmam qualidade geomecânica do maciço rochoso da região.

4.4.4. Aspectos Geológicos das Fundações e previsão de Tratamentos

Neste tópico são apresentadas análises das características geológicas dos locais de instalação de cada uma das estruturas que compõem a PCH Macaé. Serão descritos os tratamentos previstos em função dessas características, bem como em função dos condicionantes geológicos aos quais possam estar sujeitas estas fundações.

Para melhor compreensão da caracterização que se segue, sugere-se a visualização das seções geológicas pelas estruturas, bem como dos logs individuais de sondagens e geofísica executada.

4.4.4.1. Soleira Espessa

Na região de instalação da Soleira Espessa, o perfil geológico é composto pela camada de aluvião, seguido do solo residual/solo de alteração de rocha e do maciço gnaissico.

Para assentamento da estrutura, deve-se remover as camadas de solo, de modo a posicionar a estrutura sob a rocha gnaissica sã, geomecanicamente competente para receber a estrutura.

Caso necessário, deverá ser realizada uma correção da superfície de assentamento da estrutura, de forma a uniformizá-la e diminuir suas irregularidades topográficas do local de fixação da Soleira Espessa. Além disso, estão previstos tratamentos superficiais de fundação, especificados no documento 1557-MC-B-DE-G15-0001.

Prevê-se a proteção dos taludes escavados em solo através da implantação de cobertura vegetal nos trechos dos taludes acima do N.A. (Nível de Água) e da execução de enrocamento e transição dos trechos dos taludes abaixo do N.A.

4.4.4.2. Canal de Desvio

A sequência geológica da região do Desvio do Rio Macaé é formada pela capa de solo aluvionar, seguido do solo residual/solo de alteração de rocha e do maciço gnaissico.

Deve-se seguir com a escavação da estrutura até a elevação especificada no Projeto, removendo os horizontes de solos e de parte da capa superior da rocha gnaissica. Em relação aos tratamentos, prevê-se a proteção dos taludes escavados em solo através da implantação de cobertura vegetal nos trechos dos taludes acima do N.A. (Nível de Água) e da execução de enrocamento e transição dos trechos dos taludes abaixo do N.A.

4.4.4.3. Tomada de Água

A região da Tomada de Água é composta pela sequencia geológica formada por solo residual e rocha gnaissica competente. A estrutura será assentada sobre o maciço rochoso, que exibe, conforme mencionado, boas a excelentes características geomecânicas e apropriadas para posicionamento da estrutura.

Na escavação da Tomada de Água deverá ser removida inicialmente a cobertura de solo e, posteriormente, serão iniciadas as escavações em rocha até as cotas de fundação especificadas no Projeto.

Após a escavação, caso necessário, deverá ser realizada uma correção da superfície de escavação de forma a uniformizá-la e diminuir suas irregularidades. Para tanto, deverá ser aplicada camada de concreto de regularização sobre esta superfície. Também são aplicáveis os tratamentos superficiais de fundação previstos no documento 1557-MC-B-DE-G15-0001. Os taludes escavados em solo também devem ser protegidos através da implantação de cobertura vegetal nos trechos dos taludes acima do N.A. (Nível de Água) e da execução de enrocamento e transição dos trechos dos taludes abaixo do N.A.

Devido à verticalização dos taludes que delimitam a estrutura, bem como a exposição do espelho do emboque do Túnel de Adução, poderão ser necessários tratamentos nas passagens onde o maciço rochoso apresentar menor resistência ou fraturamento conspícuo. Objetiva-se com o procedimento reduzir o risco de queda de blocos durante as obras, além de garantir a estabilidade das escavações, através da aplicação de concreto projetado, barras de ancoragem e drenos barbacãs.

4.4.4.4. Túnel de Adução/Janelas de Acesso e Chaminé de Equilíbrio

Conforme apresentado na Seção Geológica do Túnel de Adução, documento 1557-B-DE-G28-0006, a escavação subterrânea será conduzida no maciço gnaissico, que se encontra sotoposto a camada de solo residual/solo de alteração e colúvio.

Conforme anteriormente informado, é esperado que o horizonte rochoso do local onde serão implantada a estrutura apresentem boas características geomecânicas. Entretanto, poderão ocorrer passagens e zonas do maciço rochoso que se apresentem de menor resistência geomecânica sobretudo devido à ocorrência e implantação dos talvegues locais e conseqüente relaxamento do maciço rochoso sob estas regiões, onde foram previstas rochas de menor qualidade geomecânica e conseqüentemente uma maior categoria em termos de necessidade de suporte das escavações.

A previsão de tratamentos ao longo do Túnel de Adução, Janela de Acesso Montante, Janela de Acesso Intermediária, Janela de Acesso de Jusante e Chaminé de Equilíbrio foi elaborada com base no Sistema Q, de Barton & Grismstad (1993). Com base na metodologia proposta pelos autores, estimou-se as categoriais de suporte e estabilização das estruturas, sendo estas mostradas no desenho 1557-B-DE-G28-0005.

De posse das categorias de suporte e classificação prevista para o índice Q, estimou-se os tratamentos ao longo dos trechos de escavação subterrânea, cuja previsão é mostrada nos desenhos 1557-B-DE-G28-0006 e 0007.

4.4.4.5. Casa de Força e Canal de Fuga

A região Casa de Força e Canal de Fuga é composta pela sequência geológica formada por solo coluvionar, terraço aluvionar, solo residual/solo de alteração de rocha e rocha gnáissica.

A Casa de Força será assentada sob no maciço rochoso são, que possui, conforme informado anteriormente, boas características geomecânicas e condições apropriadas para posicionamento da estrutura.

Na escavação das estruturas deve-se remover inicialmente as camadas de solo e na sequência prosseguir com a escavação do maciço rochoso até que sejam atingidas as elevações estabelecidas em Projeto.

Após a escavação, caso necessário, deverá ser realizada uma correção da superfície de assentamento da Casa de Força, de forma a uniformizá-lo e diminuir suas irregularidades decorrentes dos esforços das detonações. Para tanto, deverá ser aplicada camada de concreto de regularização sobre a superfície escavada remanescente. São ainda aplicáveis os tratamentos

superficiais previstos para fundação das estruturas de concreto, conforme especificado no documento 1557-MC-B-DE-G15-0001.

Em relação aos taludes verticais escavados da Casa de Força e Canal de Fuga, também foi projetada a execução dos tratamentos sistemáticos de crista através da execução de concreto projetado e barras de ancoragem de modo a evitar queda de blocos.

4.4.5. Materiais Naturais de Construção

Na região de implantação PCH Macaé há disponibilidade de materiais naturais de construção, que podem ser fornecidos pelas escavações obrigatórias ou passíveis de serem explorados de forma econômica e viável, durante a construção do empreendimento.

No documento 1557-MC-B-DE-G28-0007 são apresentadas as áreas inicialmente identificadas com potencialidade para fornecimento dos Materiais Naturais de Construção, bem como áreas destinadas para os Bota-Fora do empreendimento.

4.4.6. Material Argiloso

Na área de implantação da PCH Macaé, ocorrem, conforme mencionado, solos coluvionares, residuais e de alteração de rocha, predominante silto-argilosos com níveis de areia fina, resultantes da alteração das rochas gnáissicas da região.

A princípio, estes solos poderão ser utilizados nas obras provisórias durante a construção do empreendimento. Em etapas posteriores do Projeto faz-se necessário estudos mais específicos do material para avaliação de suas características, aplicabilidade, bem como para cubagem das possíveis áreas e jazidas inicialmente indicadas.

4.4.7. Areia Natural

Em toda a região do empreendimento existem vários depósitos de areia natural distribuídos ao longo do leito e margens do rio Macaé. Os depósitos são constituídos de areia de granulometria fina a grossa, cor marrom amarelada, com seixos e cascalhos esparsos.

Dessa forma, há disponibilidade de areia natural na região, que pode ser usada como agregado miúdo para os concretos. Recomenda-se, no entanto, que sejam futuramente verificadas a aplicabilidade e avaliados volumes desses materiais bem como pesquisadas custos em fontes comerciais para que seja feita uma avaliação adequada de sua real exploração na área.

4.4.8. Materiais Pétreos

Com base no mapeamento de campo e fotointerpretação é possível observar diversos afloramentos de rocha na região de entorno da futura usina. Além disso, haverá um grande volume de rocha proveniente das escavações obrigatórias, tanto das estruturas de concreto quanto do Túnel de Adução e que poderão servir como fontes para a produção de agregados e para os enrocamentos do empreendimento. Dessa forma, avalia-se que é a alta a

disponibilidade de rocha, com potencial para uso como agregado para concreto.

Em etapas futuras do Projeto, deve-se executar ensaios laboratoriais para caracterização da rocha, de modo a confirmar a sua aplicabilidade de uso como agregado para a produção dos concretos.

4.5. ESTUDOS ENERGÉTICOS

Os estudos energéticos desenvolvidos objetivaram, através de simulações, apresentar a potência ótima e a máxima vazão turbinada para a PCH Macaé.

A garantia física foi calculada em conformidade com a Portaria nº 463 do MME, onde são estabelecidos os critérios para a utilização do Mecanismo de Realocação de Energia – MRE por centrais hidrelétricas. Conforme o artigo 3 desta Portaria, a garantia física de cada PCH, a ser fixada por resolução específica da ANEEL, será igual à média da energia que o aproveitamento poderia gerar, levando-se em consideração a série de vazões, a produtividade média, a indisponibilidade total, perdas no sistema de transmissão, consumo interno da usina e a potência instalada.

4.5.1. Metodologia de Cálculo

A metodologia empregada neste estudo simula mês a mês a operação da usina, levando-se em conta as restrições de capacidade de engolimento, indisponibilidades, vazão ecológica, vazão de corte e rendimento do conjunto turbina/gerador.

As simulações energéticas para o estabelecimento do potencial energético foram executadas a partir de um modelo matemático representado pelo fluxograma mostrado no item seguinte.

4.5.1.1. Regra de Operação Considerada nos Estudos Energéticos

O montante de garantia física de energia, conforme metodologia da Portaria nº 463 do MME, será calculado pela aplicação da fórmula detalhada a seguir, para o empreendimento que:

$$GF_E = \left(\sum_{i=1}^n \min((Q - (qr + qu) + 9,81 \cdot (Hb - h) \cdot \eta \cdot P)) \cdot (1 - Perdas) \cdot (1 - TEIF) \cdot (1 - IP) \cdot \frac{1}{\eta \cdot 1000} - C \right)$$

Onde:

GF_E - Montante de Garantia Física de Energia (MWmédio);

P - Potência Instalada Total (kW);

i - Igual a 1,2,3...,n;

n - Quantidade de Meses do Histórico de Vazões;

Q - Vazão Média do Mês i, Conforme Média Histórica (m³/s);

q_r - Vazão Remanescente do Aproveitamento (m³/s);

PCH MACAÉ

q_u - Vazão de Usos Consuntivos (m^3/s);

H_B - Queda Bruta no Trecho (m);

h - Perdas Hidráulicas Nominais (m);

η - Rendimento Médio do Conjunto Turbina-Gerador (%);

Perdas - Perdas Elétricas até Ponto de Conexão da PCH (%);

TEIF e IP - Indisponibilidades Forçada e Programada, respectivamente (%);

C - Consumo Interno da PCH (MWmédio).

4.5.2. Dados Utilizados Nos Estudos Energéticos

4.5.2.1. Dados Característicos do Aproveitamento

Os dados utilizados neste estudo estão apresentados na Tabela 4.50.

Tabela 4.50 – Dados Utilizados nos Estudos Energéticos

| Item | Unidade | Dados |
|---|-------------|-------------|
| Série Hidrológica | | Tabela 4.51 |
| Tipo de Turbina | | Francis |
| Número de Unidades | | 3 |
| Potência Instalada Unitária | [MW] | 5,90 |
| Potência Instalada Total | [MW] | 17,70 |
| Nível de Água Montante | [m] | 120,00 |
| Nível de Água Jusante - NOMINAL | [m] | 35,72 |
| Nível de Água Jusante - REFERÊNCIA | [m] | 36,50 |
| Queda Bruta - NOMINAL | [m] | 84,28 |
| Queda Bruta - REFERÊNCIA | [m] | 83,50 |
| Perda de Carga | [m] | 3,36 |
| Queda Líquida - NOMINAL | [m] | 80,92 |
| Queda Líquida - REFERÊNCIA | [m] | 80,14 |
| Rendimento Nominal Turbina | [%] | 93,00% |
| Rendimento Nominal Gerador | [%] | 97,00% |
| Indisponibilidade Programada ⁽¹⁾ | [%] | 1,00% |
| Indisponibilidade Forçada ⁽¹⁾ | [%] | 1,26% |
| Consumo Interno ⁽²⁾ | [MWmed] | 0,053 |
| Perdas na Transmissão ⁽³⁾ | [%] | 0,25% |
| Vazão Ecológica/Usos Consuntivos | [m^3/s] | 4,13 |
| Vazão de Corte | [%] | 50,00 |

OBSERVAÇÕES:

(1) Valores de taxas de indisponibilidade forçada e programada são justificados no item 4.5.2.2.

(2) Adotado 0,30% da Potência instalada, conforme AP 068/2012 – NT ANEEL 068/2013-SGH/ANEEL.

(3) A PCH Macaé será interligada à futura SE Rocha Leão, através de uma linha de 16,7 km e 138 kV.

PCH MACAÉ

Na Tabela 4.51 apresenta-se a série de Vazões Médias Mensais na PCH Macaé, abrangendo o período de janeiro de 1931 a fevereiro de 2017.

Tabela 4.51 - Série de Vazões Médias Mensais (m³/s) – PCH Macaé

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | Média |
|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1931 | 32,38 | 63,96 | 49,22 | 32,66 | 21,37 | 16,89 | 14,32 | 12,13 | 12,54 | 16,51 | 17,24 | 27,86 | 26,42 |
| 1932 | 42,51 | 37,68 | 33,64 | 20,70 | 19,49 | 18,06 | 12,82 | 12,07 | 11,58 | 15,03 | 17,41 | 35,44 | 23,04 |
| 1933 | 40,14 | 24,41 | 22,47 | 16,05 | 14,52 | 12,08 | 10,23 | 8,73 | 9,75 | 14,17 | 15,90 | 28,81 | 18,10 |
| 1934 | 40,76 | 21,51 | 22,95 | 16,96 | 12,37 | 10,04 | 8,64 | 7,44 | 8,15 | 8,83 | 8,62 | 27,09 | 16,11 |
| 1935 | 28,36 | 54,69 | 32,76 | 22,94 | 16,56 | 13,58 | 10,97 | 9,77 | 10,20 | 16,38 | 12,77 | 12,83 | 20,15 |
| 1936 | 12,85 | 18,75 | 44,68 | 27,74 | 15,96 | 11,86 | 10,05 | 9,34 | 11,28 | 10,00 | 11,44 | 23,37 | 17,28 |
| 1937 | 39,16 | 40,48 | 23,19 | 20,53 | 19,62 | 13,82 | 10,41 | 8,46 | 7,50 | 14,03 | 19,25 | 43,52 | 21,66 |
| 1938 | 39,31 | 35,64 | 32,23 | 24,62 | 18,53 | 15,33 | 12,38 | 13,66 | 12,10 | 16,46 | 19,97 | 27,72 | 22,33 |
| 1939 | 33,47 | 31,90 | 22,16 | 24,05 | 15,94 | 12,33 | 10,32 | 8,83 | 8,28 | 9,29 | 12,33 | 20,28 | 17,43 |
| 1940 | 34,87 | 44,06 | 37,14 | 20,76 | 15,34 | 12,76 | 9,62 | 8,20 | 8,41 | 12,07 | 21,52 | 24,67 | 20,78 |
| 1941 | 27,88 | 20,33 | 24,43 | 20,20 | 13,35 | 11,31 | 11,20 | 7,64 | 15,35 | 17,42 | 18,70 | 30,51 | 18,19 |
| 1942 | 29,50 | 26,89 | 34,38 | 22,31 | 17,95 | 13,79 | 13,61 | 9,47 | 10,05 | 12,69 | 17,94 | 30,20 | 19,90 |
| 1943 | 54,00 | 43,16 | 34,93 | 23,22 | 16,87 | 14,18 | 11,37 | 10,82 | 10,45 | 16,99 | 16,94 | 28,18 | 23,43 |
| 1944 | 27,89 | 43,87 | 50,89 | 26,89 | 18,88 | 14,75 | 12,60 | 9,99 | 8,56 | 9,27 | 11,83 | 18,01 | 21,12 |
| 1945 | 28,50 | 43,27 | 27,67 | 25,91 | 17,29 | 15,04 | 16,12 | 9,95 | 9,10 | 8,44 | 14,61 | 26,52 | 20,20 |
| 1946 | 50,43 | 27,42 | 29,32 | 24,12 | 16,31 | 13,38 | 11,15 | 9,02 | 7,44 | 12,07 | 15,77 | 16,93 | 19,45 |
| 1947 | 44,26 | 48,35 | 75,79 | 36,05 | 24,49 | 17,89 | 20,34 | 16,56 | 18,00 | 19,33 | 22,84 | 37,31 | 31,77 |
| 1948 | 35,19 | 44,78 | 48,85 | 31,42 | 21,26 | 17,58 | 14,02 | 13,44 | 11,13 | 13,38 | 17,63 | 29,23 | 24,83 |
| 1949 | 37,55 | 46,47 | 31,06 | 22,81 | 17,11 | 15,23 | 12,30 | 9,91 | 9,09 | 11,95 | 14,86 | 23,12 | 20,96 |
| 1950 | 43,43 | 52,94 | 39,79 | 32,18 | 23,56 | 18,06 | 14,09 | 11,07 | 5,97 | 7,06 | 9,84 | 16,98 | 22,92 |
| 1951 | 22,40 | 24,50 | 39,68 | 25,23 | 16,24 | 12,65 | 9,59 | 7,95 | 5,89 | 5,89 | 5,54 | 17,96 | 16,13 |
| 1952 | 31,06 | 101,81 | 40,42 | 23,97 | 15,43 | 12,43 | 11,50 | 10,73 | 10,90 | 9,77 | 22,85 | 28,95 | 26,65 |
| 1953 | 16,41 | 20,65 | 14,57 | 16,28 | 17,07 | 11,30 | 8,93 | 7,64 | 7,83 | 6,46 | 20,93 | 19,98 | 14,00 |
| 1954 | 12,99 | 9,61 | 9,84 | 13,91 | 14,43 | 10,14 | 9,41 | 8,75 | 6,72 | 6,17 | 5,87 | 10,88 | 9,89 |
| 1955 | 26,62 | 11,83 | 10,34 | 14,01 | 10,05 | 10,16 | 6,84 | 5,72 | 5,19 | 5,58 | 18,11 | 22,99 | 12,29 |
| 1956 | 22,44 | 11,33 | 16,55 | 13,05 | 13,43 | 10,70 | 9,81 | 9,50 | 6,65 | 7,46 | 13,04 | 22,36 | 13,03 |
| 1957 | 16,15 | 17,81 | 24,65 | 36,63 | 16,83 | 12,53 | 10,22 | 7,15 | 8,48 | 8,27 | 14,10 | 41,77 | 17,88 |
| 1958 | 18,08 | 15,67 | 17,84 | 18,39 | 19,16 | 13,80 | 10,21 | 7,83 | 8,66 | 8,80 | 25,99 | 19,48 | 15,32 |
| 1959 | 23,44 | 13,81 | 25,37 | 17,46 | 13,86 | 11,55 | 8,31 | 13,01 | 7,23 | 6,49 | 16,69 | 18,54 | 14,65 |
| 1960 | 24,33 | 33,98 | 43,19 | 24,98 | 14,56 | 10,66 | 10,88 | 14,88 | 9,23 | 9,34 | 14,71 | 22,48 | 19,43 |
| 1961 | 65,22 | 63,67 | 43,97 | 29,67 | 20,72 | 14,60 | 12,77 | 8,91 | 7,13 | 5,88 | 8,43 | 20,25 | 25,10 |
| 1962 | 33,67 | 61,55 | 30,89 | 21,81 | 16,20 | 11,24 | 9,47 | 7,28 | 7,14 | 10,86 | 20,10 | 29,34 | 21,63 |
| 1963 | 22,72 | 29,19 | 17,82 | 14,51 | 10,37 | 9,62 | 7,19 | 6,22 | 4,98 | 5,25 | 8,04 | 8,34 | 12,02 |
| 1964 | 22,84 | 38,24 | 27,39 | 24,65 | 16,21 | 13,09 | 15,04 | 10,01 | 8,65 | 11,03 | 19,66 | 50,27 | 21,42 |
| 1965 | 53,56 | 60,28 | 29,06 | 22,14 | 18,81 | 13,42 | 11,12 | 9,80 | 8,19 | 13,20 | 18,53 | 27,78 | 23,82 |
| 1966 | 78,10 | 20,33 | 26,75 | 43,80 | 20,59 | 13,29 | 12,01 | 9,47 | 8,27 | 11,42 | 28,02 | 25,11 | 24,76 |
| 1967 | 68,04 | 68,85 | 46,71 | 29,65 | 19,76 | 14,41 | 17,56 | 10,16 | 9,04 | 7,86 | 11,17 | 42,29 | 28,79 |
| 1968 | 68,81 | 41,60 | 67,38 | 31,33 | 16,84 | 11,72 | 10,26 | 10,51 | 10,70 | 9,90 | 11,09 | 19,72 | 25,82 |
| 1969 | 27,48 | 23,39 | 30,26 | 24,14 | 15,51 | 13,08 | 11,59 | 9,25 | 7,27 | 10,63 | 19,29 | 26,70 | 18,22 |
| 1970 | 29,88 | 15,46 | 13,24 | 11,57 | 8,77 | 7,79 | 8,18 | 7,05 | 7,89 | 10,07 | 19,59 | 14,76 | 12,85 |
| 1971 | 12,03 | 21,45 | 31,18 | 14,39 | 11,16 | 11,88 | 9,55 | 10,57 | 17,42 | 15,68 | 37,99 | 58,31 | 20,97 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1972 | 28,68 | 27,10 | 38,86 | 24,62 | 16,50 | 12,53 | 10,44 | 9,27 | 10,28 | 15,45 | 17,39 | 24,83 | 19,66 |
| 1973 | 30,60 | 54,92 | 26,04 | 19,98 | 21,82 | 13,66 | 12,33 | 10,19 | 10,73 | 14,67 | 31,36 | 25,24 | 22,63 |
| 1974 | 35,36 | 22,99 | 23,08 | 25,01 | 16,77 | 14,79 | 10,36 | 8,74 | 8,02 | 10,80 | 10,38 | 22,31 | 17,38 |
| 1975 | 39,32 | 26,69 | 21,08 | 23,00 | 19,25 | 14,74 | 12,11 | 9,12 | 9,06 | 14,61 | 16,46 | 19,24 | 18,72 |
| 1976 | 19,06 | 25,32 | 20,59 | 16,81 | 15,24 | 11,13 | 10,79 | 10,87 | 11,18 | 15,43 | 20,20 | 42,20 | 18,24 |
| 1977 | 36,33 | 22,16 | 16,35 | 25,90 | 16,22 | 11,89 | 9,90 | 8,54 | 8,97 | 8,94 | 25,44 | 49,67 | 20,03 |
| 1978 | 93,81 | 39,80 | 23,22 | 23,15 | 17,99 | 13,74 | 11,08 | 9,74 | 7,82 | 8,05 | 15,79 | 17,05 | 23,44 |
| 1979 | 46,70 | 102,82 | 71,15 | 43,13 | 21,24 | 14,10 | 15,16 | 11,03 | 12,88 | 11,04 | 22,33 | 34,42 | 33,83 |
| 1980 | 75,69 | 57,34 | 19,55 | 20,07 | 13,01 | 10,56 | 9,16 | 9,60 | 9,61 | 16,22 | 26,29 | 57,76 | 27,07 |
| 1981 | 66,81 | 48,80 | 45,12 | 50,67 | 25,34 | 15,96 | 14,29 | 10,42 | 8,66 | 9,36 | 16,59 | 66,72 | 31,56 |
| 1982 | 59,98 | 37,81 | 75,13 | 64,72 | 28,92 | 18,55 | 13,62 | 17,39 | 12,48 | 18,61 | 14,20 | 27,26 | 32,39 |
| 1983 | 50,75 | 28,06 | 32,12 | 28,31 | 23,83 | 28,08 | 16,19 | 12,32 | 24,20 | 23,53 | 29,20 | 35,47 | 27,67 |
| 1984 | 28,02 | 20,01 | 22,37 | 29,38 | 19,34 | 13,05 | 10,55 | 10,16 | 8,62 | 8,89 | 15,16 | 20,36 | 17,16 |
| 1985 | 54,94 | 51,72 | 51,74 | 31,22 | 21,40 | 15,03 | 11,52 | 9,87 | 9,52 | 9,20 | 17,44 | 20,80 | 25,37 |
| 1986 | 30,05 | 28,42 | 24,59 | 22,45 | 16,43 | 12,09 | 11,69 | 9,19 | 9,82 | 8,06 | 12,13 | 21,10 | 17,17 |
| 1987 | 36,70 | 29,46 | 28,89 | 23,84 | 17,85 | 16,09 | 11,51 | 9,34 | 9,20 | 7,89 | 12,18 | 23,28 | 18,85 |
| 1988 | 18,09 | 41,52 | 24,69 | 21,56 | 20,30 | 17,08 | 13,66 | 10,22 | 8,36 | 12,20 | 22,59 | 21,11 | 19,28 |
| 1989 | 39,19 | 24,10 | 30,39 | 32,36 | 22,73 | 18,50 | 14,96 | 11,29 | 10,79 | 11,57 | 12,63 | 27,28 | 21,32 |
| 1990 | 15,16 | 13,22 | 18,28 | 26,31 | 19,51 | 13,62 | 12,35 | 10,55 | 12,00 | 12,91 | 17,70 | 14,74 | 15,53 |
| 1991 | 56,91 | 38,62 | 29,65 | 29,03 | 20,63 | 16,49 | 12,54 | 10,28 | 12,99 | 14,19 | 12,27 | 18,37 | 22,66 |
| 1992 | 38,97 | 22,44 | 15,32 | 13,40 | 12,89 | 9,04 | 8,88 | 7,63 | 14,13 | 17,47 | 22,65 | 47,80 | 19,22 |
| 1993 | 25,08 | 17,96 | 20,41 | 20,60 | 16,24 | 13,97 | 10,47 | 8,42 | 10,02 | 10,91 | 9,17 | 12,52 | 14,65 |
| 1994 | 37,11 | 20,02 | 47,92 | 52,38 | 23,35 | 16,78 | 12,95 | 10,14 | 8,44 | 9,27 | 13,55 | 39,45 | 24,28 |
| 1995 | 20,47 | 30,13 | 17,66 | 14,31 | 14,04 | 10,85 | 9,52 | 8,02 | 10,15 | 11,55 | 15,99 | 21,04 | 15,31 |
| 1996 | 25,85 | 22,64 | 23,65 | 21,06 | 15,87 | 13,19 | 10,29 | 9,12 | 13,78 | 10,64 | 26,43 | 26,14 | 18,22 |
| 1997 | 65,76 | 25,88 | 28,94 | 20,88 | 16,66 | 14,26 | 10,37 | 10,21 | 8,06 | 9,34 | 14,96 | 17,70 | 20,25 |
| 1998 | 31,57 | 50,53 | 27,57 | 25,54 | 17,00 | 13,62 | 11,50 | 9,84 | 9,37 | 15,68 | 23,12 | 23,34 | 21,56 |
| 1999 | 27,07 | 20,50 | 27,48 | 26,09 | 17,03 | 14,76 | 11,26 | 10,47 | 7,68 | 10,46 | 17,09 | 23,12 | 17,75 |
| 2000 | 42,36 | 28,88 | 34,03 | 26,45 | 15,74 | 11,19 | 10,61 | 12,90 | 15,57 | 10,27 | 16,87 | 27,07 | 21,00 |
| 2001 | 28,46 | 20,79 | 18,05 | 16,67 | 13,64 | 9,92 | 8,69 | 6,90 | 6,89 | 6,94 | 11,63 | 17,58 | 13,85 |
| 2002 | 23,76 | 34,70 | 23,20 | 17,04 | 15,33 | 11,41 | 9,50 | 7,58 | 11,33 | 7,82 | 18,69 | 48,95 | 19,11 |
| 2003 | 43,18 | 24,85 | 22,56 | 16,80 | 13,76 | 10,30 | 8,84 | 9,25 | 8,91 | 10,61 | 18,81 | 43,26 | 19,26 |
| 2004 | 61,58 | 40,62 | 27,64 | 30,55 | 21,59 | 16,13 | 17,93 | 14,15 | 10,15 | 12,48 | 21,35 | 36,81 | 25,91 |
| 2005 | 41,95 | 69,38 | 60,00 | 29,74 | 23,16 | 16,38 | 15,12 | 10,79 | 11,11 | 9,37 | 21,32 | 41,74 | 29,17 |
| 2006 | 23,72 | 20,87 | 21,37 | 31,60 | 20,34 | 15,52 | 11,31 | 10,04 | 9,09 | 11,58 | 25,09 | 33,19 | 19,48 |
| 2007 | 86,02 | 40,25 | 22,62 | 20,32 | 18,60 | 14,68 | 11,48 | 8,80 | 7,23 | 7,52 | 12,23 | 26,90 | 23,05 |
| 2008 | 32,09 | 44,31 | 40,28 | 36,39 | 22,02 | 15,54 | 11,46 | 9,64 | 9,90 | 10,92 | 20,28 | 27,28 | 23,34 |
| 2009 | 62,92 | 49,50 | 30,00 | 30,89 | 19,99 | 15,95 | 12,94 | 10,77 | 11,07 | 19,72 | 37,72 | 50,40 | 29,32 |
| 2010 | 26,70 | 20,24 | 39,07 | 32,49 | 18,84 | 16,95 | 14,09 | 10,86 | 8,60 | 9,64 | 19,38 | 32,55 | 20,78 |
| 2011 | 38,07 | 20,10 | 35,68 | 28,42 | 17,88 | 14,43 | 11,73 | 9,61 | 8,30 | 9,97 | 13,28 | 26,26 | 19,48 |
| 2012 | 44,87 | 33,34 | 19,90 | 17,74 | 16,40 | 13,24 | 10,65 | 8,71 | 8,83 | 7,42 | 14,68 | 13,06 | 17,40 |
| 2013 | 21,52 | 23,05 | 37,51 | 24,84 | 17,84 | 13,63 | 13,84 | 10,11 | 9,43 | 10,50 | 17,21 | 33,01 | 19,37 |
| 2014 | 17,15 | 13,40 | 12,61 | 26,80 | 17,29 | 15,61 | 13,38 | 11,50 | 10,11 | 9,50 | 11,16 | 12,53 | 14,25 |
| 2015 | 11,23 | 16,41 | 20,43 | 20,15 | 15,20 | 17,05 | 12,34 | 8,98 | 8,54 | 6,90 | 14,29 | 17,72 | 14,10 |
| 2016 | 11,23 | 9,61 | 9,84 | 11,57 | 8,77 | 7,79 | 6,84 | 5,72 | 4,98 | 5,25 | 5,54 | 8,34 | 14,10 |
| 2017 | 93,81 | 102,82 | 75,79 | | | | | | | | | | |
| Máxima | 93,81 | 102,82 | 75,79 | 64,72 | 28,92 | 28,08 | 20,34 | 17,39 | 24,20 | 23,53 | 37,99 | 66,72 | 46,95 |
| Mínima | 11,23 | 9,61 | 9,84 | 11,57 | 8,77 | 7,79 | 6,84 | 5,72 | 4,98 | 5,25 | 5,54 | 8,34 | 8,69 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------------|
| Média | 37,16 | 34,44 | 31,08 | 25,25 | 17,62 | 13,81 | 11,65 | 9,90 | 9,77 | 11,24 | 17,43 | 27,83 | 20,65 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------------|

4.5.2.2. Taxas de Indisponibilidade

Indisponibilidade Hídrica

A indisponibilidade hídrica ocorre quando a vazão afluyente líquida for inferior a vazão mínima turbinada pela unidade de menor capacidade. Esta condição já é considerada na formulação apresentada no item 4.5.1.1.

Indisponibilidade Forçada

A indisponibilidade forçada (TIF) é o percentual do tempo em que a usina não estará apta a operar devido a limitações hidrológicas, onde geralmente ocorre durante o período seco definido para a região do aproveitamento. Adotou-se a taxa de indisponibilidade forçada de 1,26 %, conforme preconizado na Nota Técnica nº 068/2013-SRG-SGH/ANEEL.

Indisponibilidade Programada

A Indisponibilidade Programada (TIP) é o percentual do tempo em que a usina não estará apta a operar devido à execução de programa de manutenção preventiva. Como a manutenção será preventiva, ela deverá ser realizada em um período que não implique na parada da usina quando há disponibilidade de geração.

Este item tem como objetivo justificar a indisponibilidade programada de 1,00% utilizada nos estudos energéticos. Essa análise teve como premissa a verificação das condições hidrológicas de modo a permitir a realização de manutenções programadas no período de estiagem de cada uma das unidades geradoras, sistemas auxiliares, subestação e linha de transmissão sem prejuízo da geração energética da usina.

a) Unidades Geradoras

Com base nos estudos hidrológicos, a Figura 4.36 mostra a curva de permanência do rio Macaé, já descontada a vazão remanescente e a vazão de usos consuntivos. Nesta mesma figura é apresentada a faixa operativa das turbinas, onde pode ser visualizado que a usina opera com 3 (três) unidades geradoras por 35% do tempo, 2 (duas) unidades geradoras por 32% do tempo (entre 35 e 67% de permanência), 1 (uma) unidade geradora por 27% do tempo (entre 67 e 94% de permanência) e 0 (zero) unidade geradora por 6% do tempo (entre 94% a 100,0% de permanência).

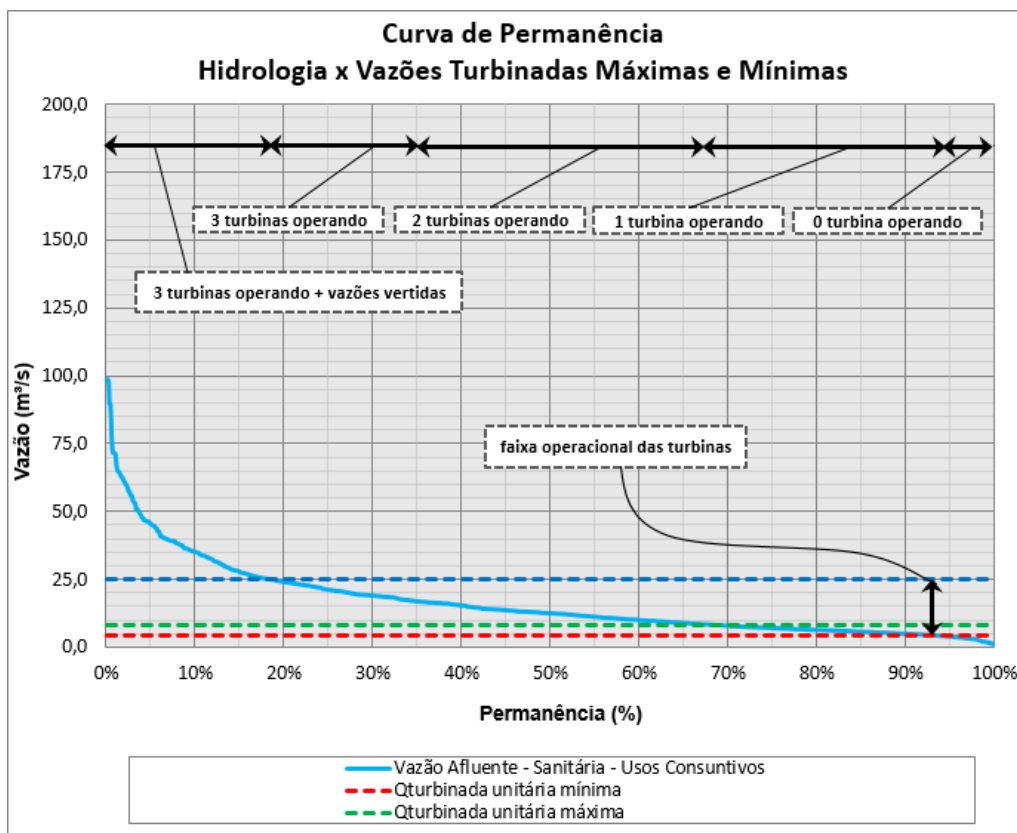


Figura 4.36- Curva de Permanência de Vazões

A Tabela 4.52 apresenta o número de máquinas em operação mês a mês. Foi destacado com a cor vermelha, o período sequencial com disponibilidade contínua para a manutenção programada de pelo menos uma das unidades geradoras.

Tabela 4.52 - Simulação do Histórico de Operação Mensal

Número de Unidades Geradoras em Operação

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1931 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 1932 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 1933 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 1934 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 1935 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 1936 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 1937 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 3 |
| 1938 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 1939 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 1940 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 1941 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 1942 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 1943 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 1944 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 1945 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1946 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 |
| 1947 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 1948 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 1949 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1950 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 1951 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 1952 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 1953 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| 1954 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1955 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 1956 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 1957 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1958 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| 1959 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 1960 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1961 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 1962 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1963 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1964 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1965 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 3 |
| 1966 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 1967 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 1968 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 1969 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1970 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 |
| 1971 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 1972 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 1973 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 1974 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 1975 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 1976 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 1977 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 1978 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 1979 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| 1980 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 1981 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1982 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 1983 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 1984 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 1985 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1986 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 1987 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 1988 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 1989 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1990 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |

PCH MACAÉ

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1991 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 1992 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 1993 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 1994 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1995 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1996 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| 1997 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 |
| 1998 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 1999 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 2000 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 2001 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 2002 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 |
| 2003 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 2004 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 2005 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 2006 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 2007 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 2008 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 2009 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 2010 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 2011 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 2012 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| 2013 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 2014 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 2015 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| 2016 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2017 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | |

A Tabela 4.53 apresenta o mesmo resultado com o equivalente em horas de disponibilidade contínua para manutenção programada.

PCH MACAÉ

Tabela 4.53 - Simulação do Histórico de Operação Mensal

Equivalente em Horas para Manutenção de Uma Unidade Geradora com Disponibilidade Contínua

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | HORAS | HORAS NECESSÁRIAS PARA MANUTENÇÃO | HORAS DISPONÍVEIS PARA MANUTENÇÃO JUL a OUT | HORAS DISPONÍVEIS PARA MANUTENÇÃO JUL a OUT ordenada |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----------------------------------|---|--|
| 1931 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 4.392 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1932 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1933 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.856 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1934 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.856 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1935 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1936 | 744 | 672 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 6.552 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1937 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.856 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1938 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1939 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1940 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 4.416 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1941 | 0 | 672 | 0 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 6.528 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1942 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1943 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1944 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1945 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1946 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1947 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 3.672 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1948 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 4.392 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1949 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1950 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1951 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1952 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 4.416 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1953 | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 744 | 8.040 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1954 | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 8.760 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1955 | 0 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 7.272 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1956 | 0 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 7.272 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1957 | 744 | 672 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 6.552 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1958 | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 744 | 8.040 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1959 | 0 | 672 | 0 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 7.272 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1960 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1961 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1962 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1963 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 7.344 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1964 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1965 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1966 | 0 | 672 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 5.088 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1967 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1968 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1969 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1970 | 0 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 8.016 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1971 | 744 | 0 | 0 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1972 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1973 | 0 | 0 | 0 | 720 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 4.392 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1974 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1975 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1976 | 744 | 0 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 7.344 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1977 | 0 | 0 | 744 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 5.160 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1978 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1979 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 3.672 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1980 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1981 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 4.392 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1982 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 4.392 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1983 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 744 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.488 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1984 | 0 | 672 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 6.552 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1985 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 4.392 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1986 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1987 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1988 | 744 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 5.160 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1989 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 4.392 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1990 | 744 | 672 | 744 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 8.040 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1991 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1992 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1993 | 0 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 8.016 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1994 | 0 | 672 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.064 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1995 | 744 | 0 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 7.344 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 4.416 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1997 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 5.880 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1998 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 4.416 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 1999 | 0 | 672 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.808 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2001 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 7.344 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2002 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.856 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2003 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.856 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2004 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 3.672 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2005 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 3.672 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 4.416 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2007 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.856 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2008 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 4.392 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 0 | 0 | 4.416 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2010 | 0 | 672 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.808 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2011 | 0 | 672 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.808 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2012 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 7.344 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2013 | 0 | 0 | 0 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 0 | 5.136 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2014 | 744 | 672 | 744 | 0 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 8.040 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2015 | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 8.760 | 540 | 2.952 | 2.952 |
| 2016 | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 74 | | | | | | | | |

Nota-se que no período de julho a outubro (período mais propício para manutenção), a paralisação de 1 (uma), 2 (duas) ou 3 (três) unidades geradoras não resultaria em redução ou prejuízo na geração de energia, uma vez as 540 h necessárias para a manutenção das unidades geradoras seriam supridas pelas paradas já registradas por restrição hídrica.

Desta forma, a indisponibilidade programada devido à parada para manutenção das unidades geradoras foi obtida através da seguinte equação:

$$IP_{UG} = \frac{t}{T} = \frac{0 \text{paralisações} \cdot 540 \text{horas/ano}}{1035 \text{meses} \cdot 30 \text{dias} \cdot 24 \text{horas}} = 0,0000 = 0,00\% \text{ Adotado } 0,25\%$$

Onde:

t – horas de paralização da geração para manutenção programada da usina durante todo período histórico;

T – total de horas dos 1035 meses do período histórico.

a) Sistemas Auxiliares Elétricos

Os Serviços Auxiliares Elétricos C.A. da PCH Macaé serão dotados de 2 (dois) transformadores, sendo que um transformador é capaz de suprir toda a demanda da PCH, portanto em caso de manutenção de um transformador o outro supre automaticamente a energia dos serviços auxiliares, não sendo necessárias interrupções.

Os Serviços Auxiliares Elétricos C.C. serão dotados de 2 (dois) carregadores e 1 (um) banco de baterias, a distribuição geral é realizada através dos Alimentadores 01 e 02 do quadro QDCC, que possuem cargas redundantes.

Dessa forma, podem ser realizadas manutenções individuais em cada carregador, sem paralização da geração. Já as baterias, por serem seladas, passam apenas por inspeções visuais, que também não acarretam em paralização da geração.

Em ambos os sistemas, não há outros equipamentos que passam por manutenção preventiva que impeçam a geração, exceto limpeza, imagem térmica e outras verificações que são feitas com equipamentos energizados.

Com a utilização do conceito moderno de “Manutenção Centrada na Confiabilidade”, é possível monitorar as condições operacionais dos equipamentos, identificar os modos de falhas e analisar dos seus efeitos, sem a parada dos equipamentos e programar com grande antecedência as intervenções para manutenção.

$$IP_{SA} = \frac{t}{T} = \frac{0}{1035 \cdot 30 \cdot 24} = 0,0000 = 0,00\% \text{ Adotado } 0,25\%$$

PCH MACAÉ

Onde:

t – horas de paralização da geração para manutenção preventiva;

T – total de horas dos 1035 meses do período histórico.

b) Subestação

Complementarmente abaixo é relacionada a previsão de tarefas a serem executadas para a manutenção preventiva dos equipamentos e os fatores que poderiam forçar a paralisação da operação da PCH Macaé ou motivariam uma parada programada:

Transformador Elevador

A PCH é dotada de 1 (um) transformador elevador e as manutenções preventivas serão:

- De 6 (seis) em 6 (seis) meses coleta de óleo para análise, com equipamento energizado, sem parada das unidades;
- Filtragem do óleo, com equipamento energizado, sem parada das unidades;
- Limpeza, com equipamento energizado, sem parada das unidades;
- Entre 10 (dez) e 15 (quinze) anos inspeção para verificação da ocorrência de oxidação e, em caso afirmativo, refeita a pintura e proteção anticorrosiva. Esta ação dura entre 2 (dois) a 5 (cinco) dias;
- Testes dos contatos da proteção serão realizados quando houver paralização da geração, porém devem ser feitas inspeções visuais que não acarretam na paralização;
- Outras inspeções e trabalhos de verificação dos equipamentos serão sempre realizados quando as unidades geradoras não estiverem em operação;
- As demais manutenções, oriundas de falha nos equipamentos são computadas como paradas forçadas.

Embora as manutenções não exijam as paradas das unidades geradoras considerou-se, conservadoramente, a parada de 5 dias a cada 10 anos para este item.

$$IP_{TE} = \frac{t}{T} = \frac{5 \cdot 24}{10 \cdot 12 \cdot 30 \cdot 24} = 0,0014 = 0,14$$

Disjuntores de Alta Tensão

A SE da PCH Macaé é dotada de 1 (um) disjuntor de AT para o “bay” de saída da LT. As manutenções preventivas serão programadas da seguinte forma:

PCH MACAÉ

- De 10 (dez) em 10 (dez) anos - paralisação de 4 (quatro) horas para inspeção visual, teste dos contatos de atuação, motor e lubrificação das partes móveis. Neste período as unidades geradoras deverão ser desinterligadas do sistema. Para não aumentar o tempo de indisponibilidade das unidades, os disjuntores (inclusive o da barra de MT) e demais equipamentos da Subestação (chave seccionadora, TCs, TPs e para-raios) devem ser inspecionados com frentes de trabalho distintas, mantendo desta forma as 4 horas de paralisação.

$$IP_{DA} = \frac{t}{T} = \frac{4 \text{ horas}}{10 \text{ anos} \cdot 12 \text{ meses} \cdot 30 \text{ dias} \cdot 24 \text{ horas}} = 0,000046 = 0,0046\%$$

Onde:

t – horas de paralisação da geração para manutenção programada da usina durante todo período histórico. São 4 horas a cada 10 anos;

T – total de horas em 10 anos.

$$IP_{SU} = IP_{TE} + IP_{DA} = 0,14 + 0,00 = 0,15\% \text{ Adotado } 0,25\%$$

c) Linha de Transmissão

A PCH tem sua conexão prevista ao sistema de distribuição através de uma LT em 138 kV de aproximadamente 16,7km até a SE de Conexão. Todas as manutenções preventivas serão realizadas com linha viva, a saber:

Inspeção visual;

Limpeza;

Troca de isoladores.

$$IP_{LT} = \frac{t}{T} = \frac{0}{1035 \cdot 30 \cdot 24} = 0,0000 = 0,00\% \text{ Adotado } 0,25\%$$

Onde:

t – horas de paralisação da geração para manutenção preventiva;

T – total de horas dos 1035 meses do período histórico.

d) Somatório das Indisponibilidades Programadas

Somando todas as indisponibilidades programadas temos:

$$IP_{UG} + IP_{SA} + IP_{SU} + IP_{LT} = 0,25 + 0,25 + 0,25 + 0,25 = \mathbf{1,00\%}$$

Em resumo a taxa de indisponibilidade programada considerada foi de 1,00% nos estudos energéticos, uma vez que a manutenção programada será feita durante o período de julho a outubro, reduzindo o prejuízo a geração energética da usina.

PCH MACAÉ

4.5.3. Dados Econômicos

Os dados utilizados neste estudo estão apresentados na Tabela 4.54.

Tabela 4.54 - Dados Econômicos

| Parâmetros | Dados |
|-----------------------------|---|
| Data Referência Orçamento | Novembro/2017 |
| Custo Operação e Manutenção | CO&M = 163,74 x P _{INST} ^{-0,3716} [R\$/kW.Ano] |
| Preço de Venda (*) | 218,23 [R\$/MWh] |
| Taxa de Desconto | 10% [a.a.] |
| Vida Útil | 30 [anos] |

Nota: (*) Atualização do Custo Marginal de Expansão (CME), cujo valor era de R\$ 217,00 em junho de 2017), conforme Documento Nº EPE-DEE-RE-27/2017 – r0 (Custo Marginal de Expansão do Setor Elétrico Brasileiro).

Com relação às informações de custos incrementais para diferentes possibilidades de motorização da Casa de Força, foram considerados os valores conforme Tabela 4.55.

Tabela 4.55 - Custos Incrementais

| Potência [MW] | Investimento [X 10 ³ R\$] | Investimento [X 10 ³ R\$/ano] | Custo Incremental Anualizado [X 10 ³ R\$/ano] |
|---------------|--------------------------------------|--|--|
| 12,00 | 166.035,90 | 17.613 | 18.393 |
| 12,50 | 167.287,39 | 17.746 | 18.546 |
| 13,00 | 168.532,82 | 17.878 | 18.698 |
| 13,50 | 169.772,16 | 18.009 | 18.850 |
| 14,00 | 171.005,43 | 18.140 | 19.000 |
| 14,50 | 172.232,63 | 18.270 | 19.149 |
| 15,00 | 173.453,75 | 18.400 | 19.298 |
| 15,50 | 174.668,80 | 18.529 | 19.445 |
| 16,00 | 175.877,77 | 18.657 | 19.592 |
| 16,50 | 177.080,67 | 18.785 | 19.738 |
| 17,00 | 178.277,49 | 18.912 | 19.883 |
| 17,50 | 179.468,23 | 19.038 | 20.027 |
| 18,00 | 180.646,83 | 19.163 | 20.170 |
| 18,50 | 181.819,35 | 19.287,26 | 20.312 |
| 19,00 | 182.985,79 | 19.411,00 | 20.453 |
| 19,50 | 184.146,16 | 19.534,09 | 20.593 |
| 20,00 | 185.300,45 | 19.656,53 | 20.732 |
| 20,50 | 186.448,67 | 19.778,33 | 20.871 |
| 21,00 | 187.590,82 | 19.899,49 | 21.009 |
| 21,50 | 188.726,88 | 20.020,01 | 21.146 |
| 22,00 | 189.856,88 | 20.139,87 | 21.282 |

4.5.4. Resultados

4.5.4.1. Simulação Energética

A simulação energética teve como objetivo definir a energia firme da PCH Macaé, considerando os dados básicos listados no item anterior. Para isso, foram realizados estudos de simulação da operação da usina para diversas alternativas de potência instalada, variando-se as potências e 12,00 MW a 22,00 MW em intervalos de 0,50 MW.

Para todas essas alternativas de potência, admitiu-se, para efeito de avaliação de geração energética e de orçamentação, a hipótese de motorização da usina com três unidades.

Para a realização dos estudos energéticos foi desenvolvido um modelo de simulação de operação de uma usina isolada, com os níveis operacionais fixos, conforme preconiza a Portaria N° 463 do MME. A Tabela 4.56 e a Figura 4.37 apresentam o resumo da simulação energética.

Tabela 4.56 - Estudos Energéticos a Nível Mensal – Resumo da Simulação Energética

| Potência (MW) | Energia Média (MWMED) | Garantia Física (MWMED) | Fator De Capacidade (%) |
|---------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 12,00 | 8,26 | 8,02 | 66,80 |
| 12,50 | 8,42 | 8,18 | 65,40 |
| 13,00 | 8,58 | 8,33 | 64,04 |
| 13,50 | 8,72 | 8,46 | 62,70 |
| 14,00 | 8,87 | 8,60 | 61,44 |
| 14,50 | 8,99 | 8,72 | 60,12 |
| 15,00 | 9,10 | 8,83 | 58,88 |
| 15,50 | 9,22 | 8,95 | 57,72 |
| 16,00 | 9,32 | 9,04 | 56,50 |
| 16,50 | 9,42 | 9,14 | 55,38 |
| 17,00 | 9,51 | 9,22 | 54,24 |
| 17,50 | 9,60 | 9,30 | 53,16 |
| 18,00 | 9,67 | 9,37 | 52,06 |
| 18,50 | 9,73 | 9,43 | 50,98 |
| 19,00 | 9,80 | 9,50 | 49,98 |
| 19,50 | 9,85 | 9,54 | 48,93 |
| 20,00 | 9,90 | 9,59 | 47,94 |
| 20,50 | 9,93 | 9,62 | 46,94 |
| 21,00 | 9,98 | 9,67 | 46,03 |
| 21,50 | 10,02 | 9,70 | 45,14 |
| 22,00 | 10,05 | 9,73 | 44,22 |

PCH MACAÉ

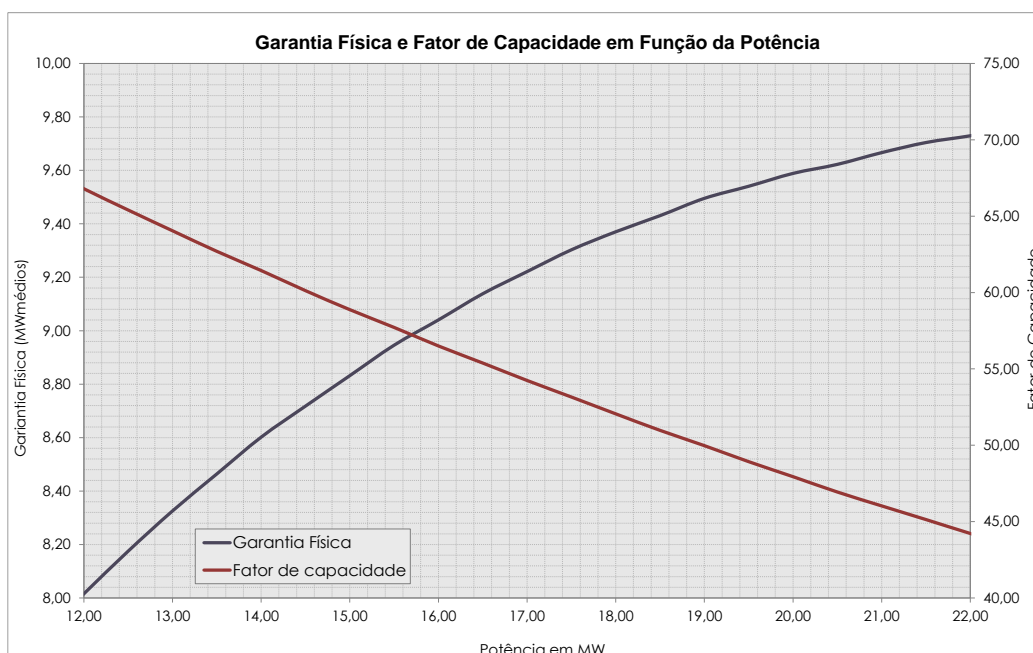


Figura 4.37 - Resultados Simulações Energéticas

4.5.4.2. Potência Ótima

O resultado da análise da potência instalada incremental para as alternativas de motorização considerando-se os benefícios obtidos com a série de vazões mensais é apresentado na Tabela 4.57 e Figura 4.38.

Tabela 4.57 - Quadro Resumo do Estudo de Motorização – Resumo da Simulação Econômico-Energética

| Potência (MW) | Garantia Física (MWh médios) | | F.Capacidade | Benefício | | Custos | | | | ΔC | ΔB/ΔC |
|------------------|------------------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|--------------|------------------|---------------|-------------|
| | Total | Δef | | x10³ de R\$ | | x10³ de R\$ | | | | | |
| | | | | Total | ΔB | OPE | Inv. Anual | O&M | Custo Anualizado | | |
| 12,00 | 8,02 | | 66,80% | 15.323 | | 166.035,90 | 17.613 | 780 | 18.393 | - | |
| 12,50 | 8,18 | 0,16 | 65,40% | 15.629 | 305,34 | 167.287,39 | 17.746 | 801 | 18.546 | 153,04 | 2,00 |
| 13,00 | 8,33 | 0,15 | 64,04% | 15.916 | 287,48 | 168.532,82 | 17.878 | 821 | 18.698 | 152,09 | 1,89 |
| 13,50 | 8,46 | 0,14 | 62,70% | 16.181 | 264,72 | 169.772,16 | 18.009 | 840 | 18.850 | 151,16 | 1,75 |
| 14,00 | 8,60 | 0,14 | 61,44% | 16.444 | 262,95 | 171.005,43 | 18.140 | 860 | 19.000 | 150,25 | 1,75 |
| 14,50 | 8,72 | 0,12 | 60,12% | 16.666 | 222,05 | 172.232,63 | 18.270 | 879 | 19.149 | 149,35 | 1,49 |
| 15,00 | 8,83 | 0,11 | 58,88% | 16.884 | 217,94 | 173.453,75 | 18.400 | 898 | 19.298 | 148,46 | 1,47 |
| 15,50 | 8,95 | 0,11 | 57,72% | 17.102 | 217,92 | 174.668,80 | 18.529 | 917 | 19.445 | 147,58 | 1,48 |
| 16,00 | 9,04 | 0,09 | 56,50% | 17.282 | 180,75 | 175.877,77 | 18.657 | 935 | 19.592 | 146,72 | 1,23 |
| 16,50 | 9,14 | 0,10 | 55,38% | 17.470 | 187,17 | 177.080,67 | 18.785 | 953 | 19.738 | 145,86 | 1,28 |
| 17,00 | 9,22 | 0,08 | 54,24% | 17.628 | 158,44 | 178.277,49 | 18.912 | 971 | 19.883 | 145,01 | 1,09 |
| 17,50 | 9,30 | 0,08 | 53,16% | 17.784 | 155,84 | 179.468,23 | 19.038 | 989 | 20.027 | 144,17 | 1,08 |
| 18,00 | 9,37 | 0,07 | 52,06% | 17.913 | 128,86 | 180.646,83 | 19.163 | 1.007 | 20.170 | 142,69 | 0,90 |
| 18,50 | 9,43 | 0,06 | 50,98% | 18.028,23 | 115,44 | 181.819,35 | 19.287,26 | 1.024,34 | 20.312 | 141,87 | 0,81 |

PCH MACAÉ

| Potência (MW) | Garantia Física (MW médios) | | F.Capacidade | Benefício x10 ³ de R\$ | | Custos x10 ³ de R\$ | | | | ΔC | ΔB/ΔC |
|------------------|--------------------------------|------|--------------|--------------------------------------|--------|-----------------------------------|------------|------------|------------------|--------|-------|
| | Total | Δef | | Total | ΔB | OPE | Inv. Anual | O&M | Custo Anualizado | | |
| | 19,00 | 9,50 | | 0,06 | 49,98% | 18.151,95 | 123,72 | 182.985,79 | 19.411,00 | | |
| 19,50 | 9,54 | 0,05 | 48,93% | 18.238,56 | 86,61 | 184.146,16 | 19.534,09 | 1.058,79 | 20.593 | 140,23 | 0,62 |
| 20,00 | 9,59 | 0,05 | 47,94% | 18.330,41 | 91,85 | 185.300,45 | 19.656,53 | 1.075,77 | 20.732 | 139,43 | 0,66 |
| 20,50 | 9,62 | 0,03 | 46,94% | 18.395,05 | 64,64 | 186.448,67 | 19.778,33 | 1.092,59 | 20.871 | 138,62 | 0,47 |
| 21,00 | 9,67 | 0,04 | 46,03% | 18.479,01 | 83,96 | 187.590,82 | 19.899,49 | 1.109,26 | 21.009 | 137,83 | 0,61 |
| 21,50 | 9,70 | 0,04 | 45,14% | 18.551,22 | 72,21 | 188.726,88 | 20.020,01 | 1.125,79 | 21.146 | 137,04 | 0,53 |
| 22,00 | 9,73 | 0,03 | 44,22% | 18.599,40 | 48,18 | 189.856,88 | 20.139,87 | 1.142,17 | 21.282 | 136,25 | 0,35 |

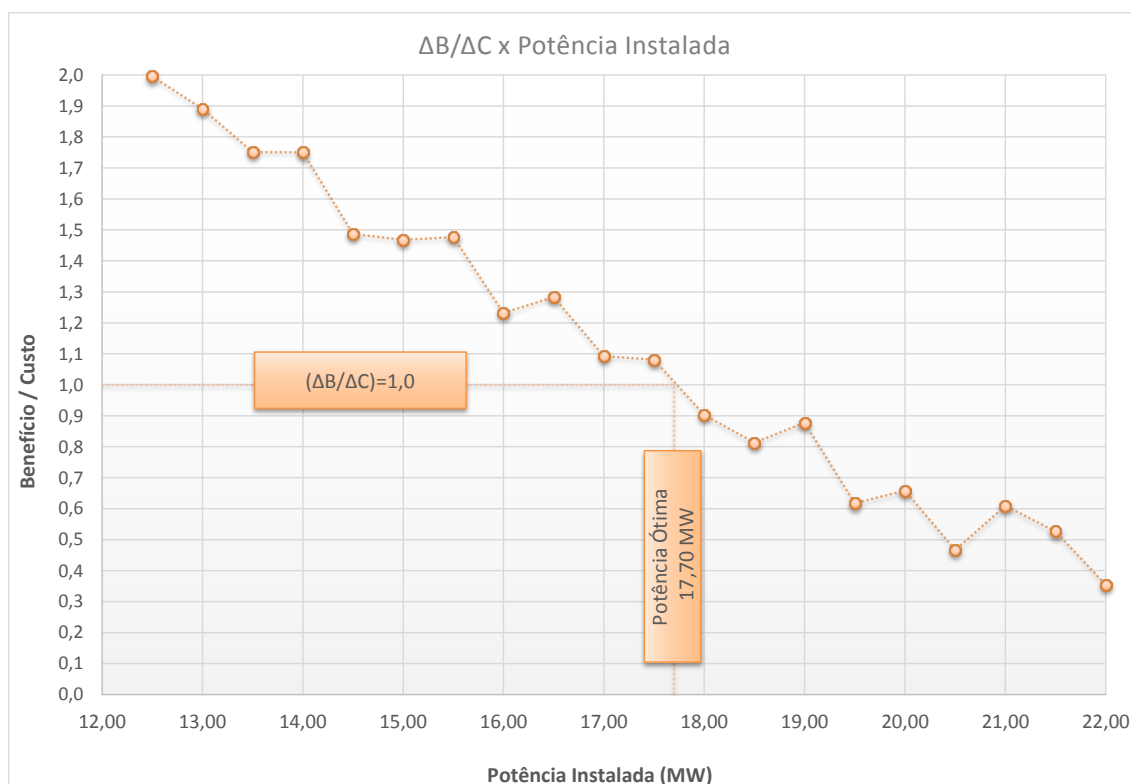


Figura 4.38 - Benefício / Custo Incremental – Resumo da Simulação Econômico-Energética

A motorização ótima é definida a partir do confronto dos benefícios resultantes dos incrementos de potência com os custos necessários para obtê-los, ou seja, deve-se fazer uma análise benefício/custo incremental a qual compara os benefícios e os custos incrementais ao se elevar a potência instalada. Enquanto o benefício incremental for maior que o custo incremental, é vantajoso elevar a potência instalada.

Na análise dos resultados apresentados acima, conclui-se que a alternativa de potência ótima da Casa de Força é de 17,70 MW, mantendo aquela prevista inicialmente nos Estudos de Inventário.

4.5.4.3. Determinação da Queda de Referência

O setor elétrico define a queda de referência como sendo igual à queda líquida para 95% de permanência em todo o histórico. Para o seu cálculo é realizada uma simulação da operação da usina durante todo o período histórico de vazões disponível (Janeiro/1931 a Fevereiro/2017).

Nessa simulação, consideraram-se as características da alternativa selecionada, com potência instalada de 17,70 MW.

Com os resultados obtidos, traçou-se a curva de permanência de quedas líquidas e definiu-se o ponto com 95% de permanência para cálculo da queda de referência, apresentada na Figura 4.39.

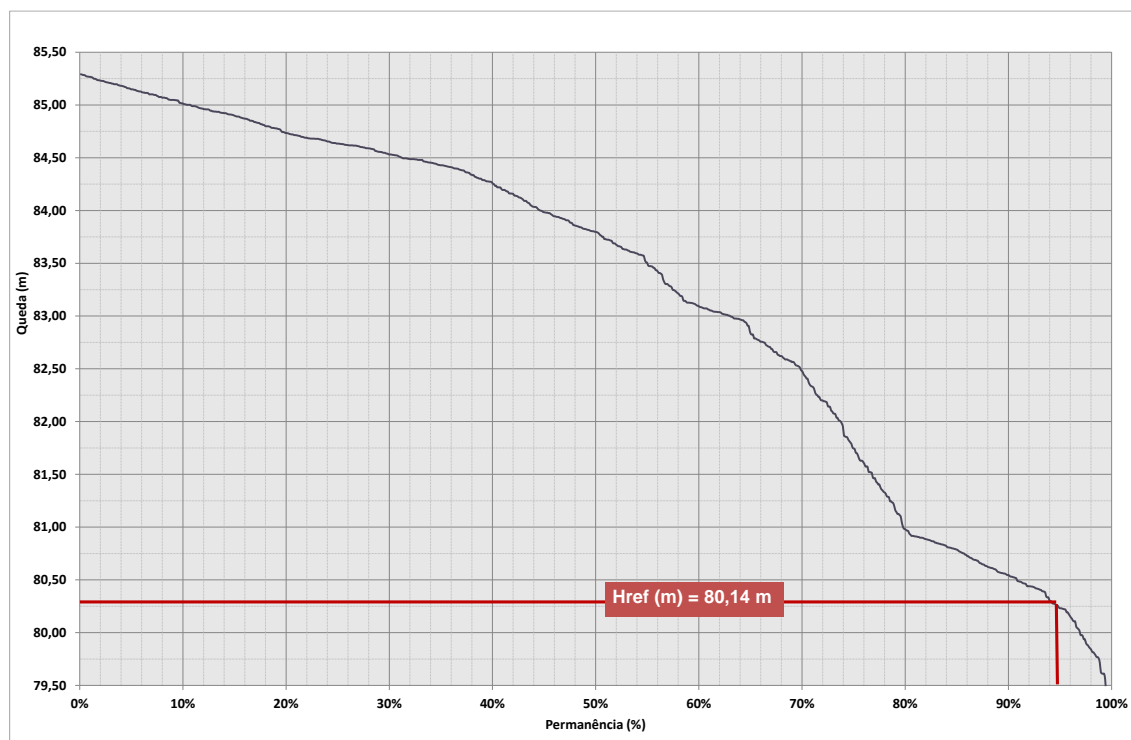


Figura 4.39- Curva de Permanência de Queda Líquida

Assim, a queda líquida de referência obtida pela simulação é 80,14 m.

4.5.4.4. Cálculo de Tipo e Número de Máquinas

Neste estudo foram realizadas simulações, para potência adotada de 17,70 MW, com 2 e 3 turbinas hidráulicas.

Uma vez definidas a potência instalada (17,70 MW), queda de referência (80,14 m), vazão turbinada nominal, passa-se à escolha do tipo de turbina a ser aplicado e qual a sua potência instalada unitária.

Utilizando o ábaco para a escolha do tipo de unidade geradora apresentado no Manual da Eletrobrás (Figura 4.40) para as quedas obtidas, há possibilidade de utilização de turbinas do Francis.

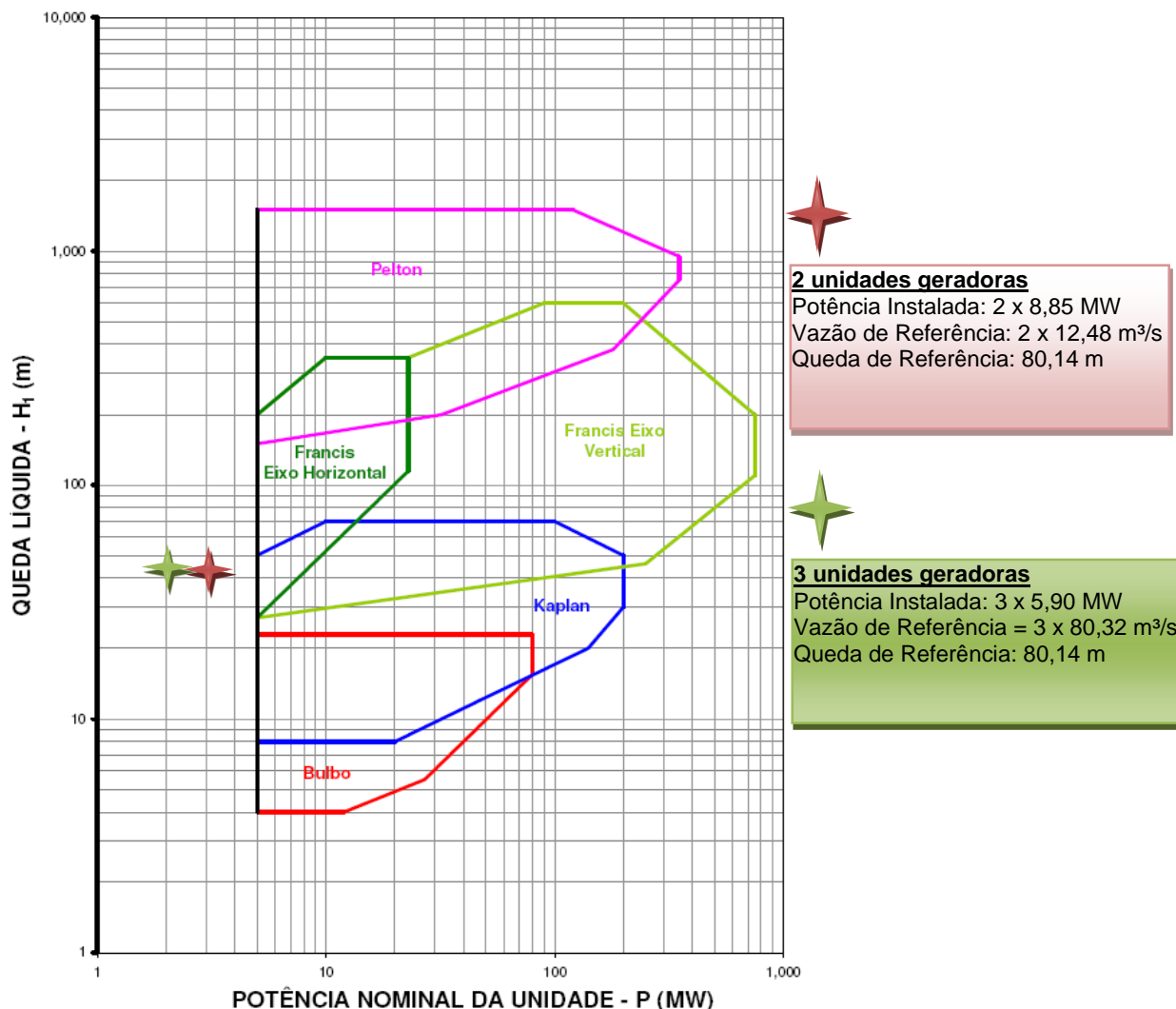


Figura 4.40 -Gráfico para a Escolha do Tipo de Turbinas (Fonte: Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas – Eletrobrás)

As características da PCH Macaé se enquadram com turbinas preferencialmente FRANCIS, por permitirem otimizações civis, e menor custo de eletromecânicos. Portanto, para determinar o número de máquinas foram estudadas as seguintes alternativas:

- Alternativa 1: 2 Turbinas FRANCIS
- Alternativa 2: 3 Turbinas FRANCIS

A escolha do número de unidades geradoras visou o confronto no ganho da garantia física e operação da usina (número de máquinas em funcionamento). A Tabela 4.58 e a Figura 4.41 apresentam os resultados para as alternativas de quantidade de máquinas.

Tabela 4.58 - Quadro Resumo – Energia de 2 e 3 Unidades Geradoras

| Potência (MW) | Garantia Física (MWmédios) | | Fator De Capacidade (%) | |
|---------------|----------------------------|------------|-------------------------|------------|
| | 2 Máquinas | 3 Máquinas | 2 Máquinas | 3 Máquinas |
| 17,70 | 8,81 | 9,33 | 51,36 | 54,37 |

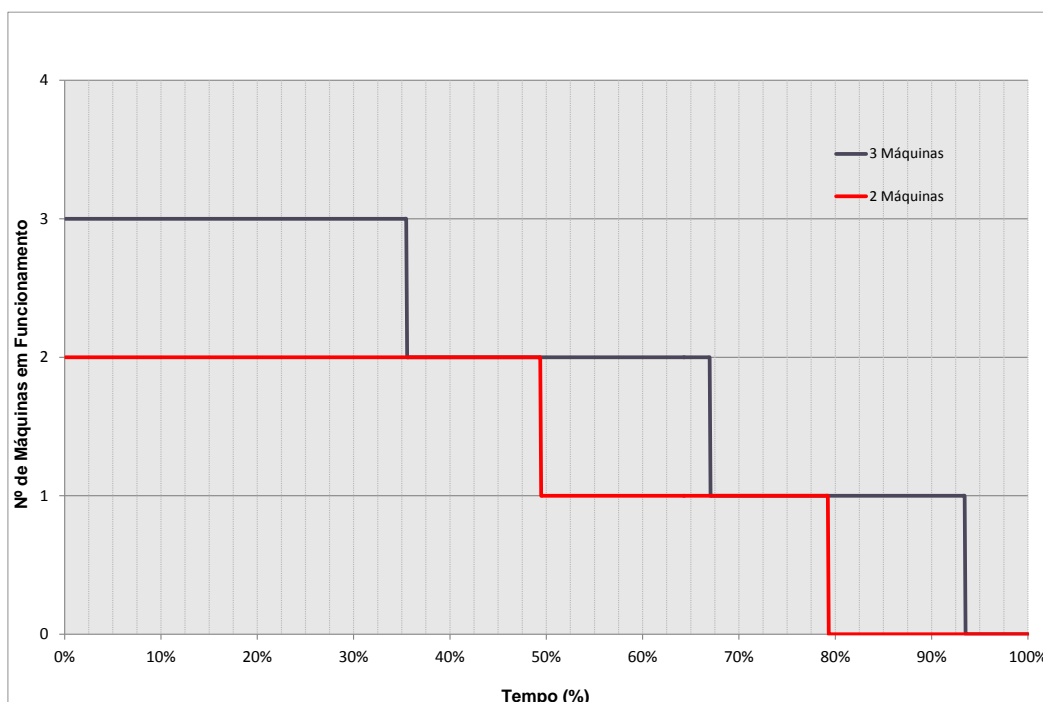


Figura 4.41- Gráfico do Número de Turbinas em Operação ao Longo do Tempo

Analisando os resultados da Tabela 4.58 conclui-se que o ganho energético entre a adoção de três unidades geradoras para motorização e de duas unidades é de 5,9%. Na Figura 4.41 verifica-se que há um aumento de aproximadamente 14,2% na permanência da operação das máquinas.

Desta forma, optou-se por motorizar as PCH Macaé com 3 unidades geradoras.

4.5.5. Resumo dos Estudos Energéticos

Os resultados obtidos considerando as variáveis energéticas indicaram a potência instalada de 17,70 MW. Os resultados da simulação energética para este valor de potência instalada são apresentados na Tabela 4.59.

Tabela 4.59 - Resultados Energéticos para a Potência Selecionada

| Potência Instalada (MW) | Garantia Física (MWmédios) | Fator Capacidade (%) | Queda De Referência (m) |
|-------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|
| 17,70 | 9,33 | 54,37 | 80,14 |

PCH MACAÉ

As figuras seguintes apresentam o desempenho energético da alternativa selecionada, mostrando a curva de permanência da energia gerada, vazão afluente e vazão turbinada.

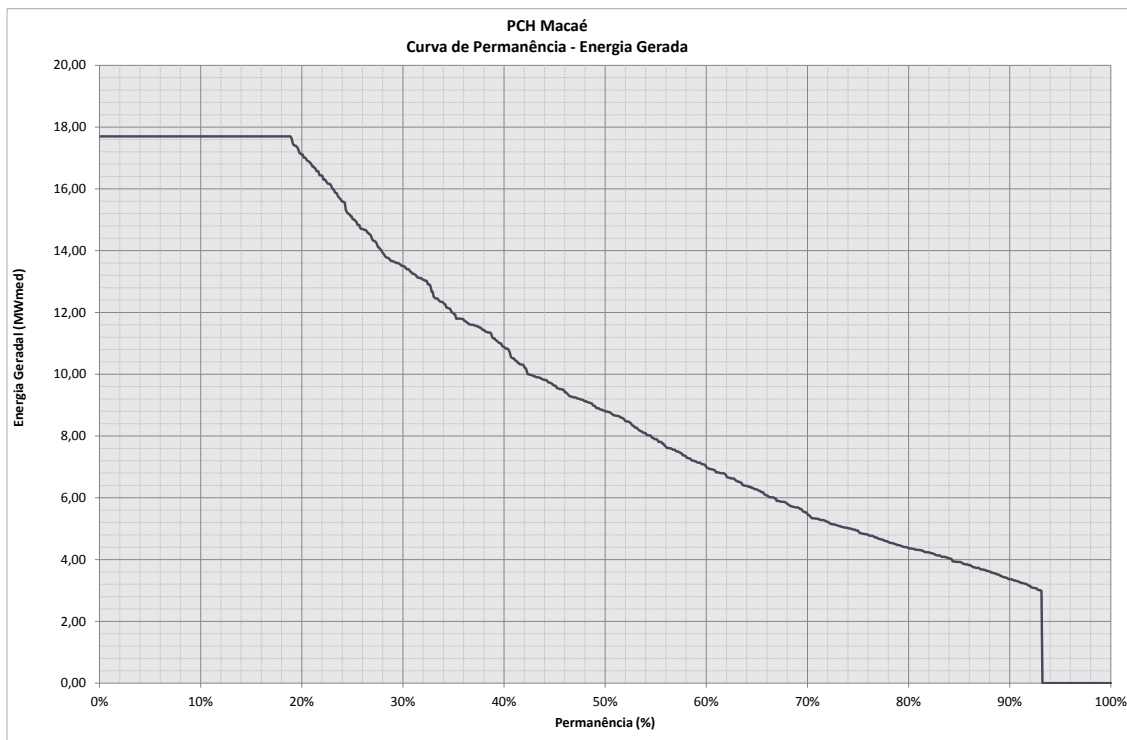


Figura 4.42- Permanência de Energia Gerada

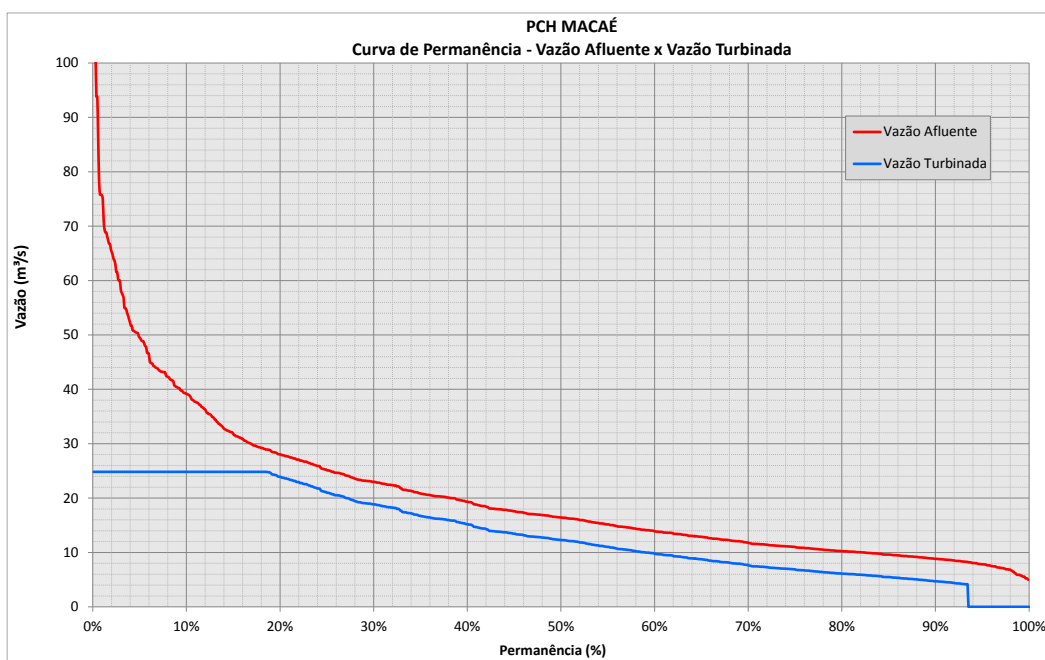


Figura 4.43- Permanência da Vazão Afluente e da Vazão Turbinada

A Tabela 4.60 resume as principais características da alternativa selecionada.

Tabela 4.60 - Características da Alternativa Selecionada

| Item | Unidade | Dados |
|-------------------------------------|---------------------|---------|
| Tipo de Turbina | | Francis |
| Número de Unidades | | 3 |
| Potência Instalada Unitária | [MW] | 5,90 |
| Potência Instalada Total | [MW] | 17,70 |
| Nível de Água Montante | [m] | 120,00 |
| Nível de Água Jusante - NOMINAL | [m] | 35,72 |
| Nível de Água Jusante - REFERÊNCIA | [m] | 36,50 |
| Queda Bruta - NOMINAL | [m] | 84,28 |
| Queda Bruta - REFERÊNCIA | [m] | 83,50 |
| Perda de Carga | [m] | 3,36 |
| Queda Líquida - NOMINAL | [m] | 80,92 |
| Queda Líquida - REFERÊNCIA | [m] | 80,14 |
| Rendimento Nominal Turbina | [%] | 93,00% |
| Rendimento Nominal Gerador | [%] | 97,00% |
| Indisponibilidade Programada | [%] | 1,00% |
| Indisponibilidade Forçada | [%] | 1,26% |
| Consumo Interno | [MWmed] | 0,053 |
| Perdas na Transmissão | [%] | 0,25% |
| Vazão Ecológica/Usos Consuntivos | [m ³ /s] | 4,13 |
| Vazão de Corte | [%] | 50,00% |
| Vazão Mínima Turbinada Unitária | [m ³ /s] | 4,16 |
| Vazão Máxima Turbinada Unitária | [m ³ /s] | 8,32 |
| Vazão Máxima Turbinada Total | [m ³ /s] | 24,96 |
| Energia Média | [MWmed] | 9,62 |
| Garantia Física | [MWmed] | 9,33 |
| Fator de capacidade - Energia Média | [%] | 54,37% |

5. DETALHAMENTO DO PROJETO

5.1. CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO

O arranjo geral da usina consistirá em uma Soleira Espessa de Regularização com extensão de 78 metros e o Circuito de Geração posicionado a sua esquerda. A restituição da vazão se dará a 7 km da Tomada de Água (trecho de vazão reduzida), através de um Canal de Fuga.

A topografia da região do Barramento condiciona a locação do Circuito de Geração e do canal de desvio na margem esquerda do rio. Enquanto no leito do rio estará disposta a Soleira Espessa de Regularização.

PCH MACAÉ

O Circuito Hidráulico de Geração é composto de Tomada de Água, Túnel de Adução e Casa de Força, que será equipada com três turbinas tipo Francis, com potência instalada total de 17,70 MW, aproveitando uma queda bruta de 84,50 m.

Para o N.A. Máximo Normal, na El. 120,00 m, o Barramento propiciará a formação do reservatório com volume de 3.122 m³ e área inundada de 1.982 m².

5.2. DESVIO DO RIO

5.2.1. Ensecadeira da Tomada de Água

Na Primeira Fase, para possibilitar a escavação do Túnel de Adução até que as comportas sejam baixadas, será construída uma Ensecadeira a montante da Tomada de Água na El. 125,50 m, correspondente a um tempo de retorno de 50 anos. Sua execução será a seco e a seção será em solo compactado, com talude interno com inclinação 1,0V:2,0H e talude externo 1,0:1,8H, o qual será protegido por camadas de transição e enrocamento.

5.2.2. Ensecadeiras de 2ª Fase

A montante e a jusante do eixo do Barramento, na etapa de Desvio do Rio pelo canal, serão lançados cordões em solo na El. 121,90 m a montante e El. 121,30 m a jusante no leito do rio, sendo o tempo de retorno igual a 2 anos para ambas as Ensecadeiras. O lançamento de solo será realizado após remoção parcial do material aluvionar existente no leito do rio, a fim de não comprometer a vedação das Ensecadeiras.

5.2.3. Ensecadeiras de 3ª Fase

Para permitir a construção da soleira de concreto na Margem Esquerda, o Canal de Desvio será fechado a montante e a jusante por duas Ensecadeiras, com cristas nas elevações 122,20 m e 121,30 m (tempo de retorno de 2 anos), respectivamente. Elas serão construídas após a remoção dos cordões de solo do leito do rio, permitindo que sejam executadas a seco, com seções em solo compactado com taludes com inclinação 1,0V:1,8H, protegidos externamente por camadas de transição e enrocamento.

5.2.4. Ensecadeira da Casa de Força

Para proteção da Casa de Força, será construída uma Ensecadeira no Canal de Fuga na El. 43,20 m, correspondente a um tempo de retorno de 50 anos. Sua execução será a seco e a seção será em solo compactado, com taludes com inclinação 1,0V:2,0H, protegidos externamente por camadas de transição e enrocamento.

PCH MACAÉ**5.3. CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO****5.3.1. Tomada de Água**

A Tomada de Água será uma estrutura em concreto, localizada na margem esquerda do rio Macaé, com o coroamento na El. 127,90 m. Possui um vão de 6,00 m de largura por 6,00 m de altura, provida de ranhuras para operação de comportas do tipo vagão e Ensecadeira. A cota da soleira da Tomada de Água ficou definida na El. 112,00 m, através dos critérios de operação do reservatório.

O paramento de montante da Tomada de Água será inclinado e sobre ele serão montadas as grades para retenção de detritos provenientes do reservatório. A movimentação das comportas e das grades será efetuada por uma monovia e talha. Estes equipamentos deverão estar inteiramente inseridos no escopo do fornecedor de equipamentos mecânicos.

A geometria da Tomada de Água foi definida de maneira a produzir aceleração progressiva e gradual do escoamento afluyente até o trecho onde estão situadas as comportas.

5.3.2. Túnel de Adução

O Túnel de Adução terá um comprimento aproximado de 4.500 metros. Ele será executado com seção arco-retangular de dimensões de 6,0 m (largura) x 6,0 m (altura), sendo o piso executado em concreto.

5.3.3. Casa de Força

A Casa de Força será uma estrutura de concreto dotada de superestrutura com cobertura metálica, do tipo abrigada, e infraestrutura assente em rocha. Estão previstas três unidades geradoras do tipo Francis com potência unitária máxima de 5,90 MW, perfazendo um total de 17,70 MW de potência instalada.

O acesso à Casa de Força é feito pelo pátio, situado à esquerda hidráulica da estrutura, na El. 46,00 m, adentrando-se a Casa de Força pela área de montagem.

Para o caso normal de operação, o Nível Normal de jusante está situado na El. 35,50 m.

5.3.4. Canal de Fuga

A restituição das vazões turbinadas será feita através de um Canal de Fuga escavado em rocha com elevação de saída igual a 28,70 m, imediatamente após o Tubo de Sucção.

5.4. EQUIPAMENTOS E SISTEMAS MECÂNICOS

5.4.1. TURBINAS E REGULADORES DE VELOCIDADE

5.4.1.1. Turbinas

A PCH MACAÉ será motorizada com 03 (três) turbinas do tipo Francis simples de eixo horizontal, com palhetas do distribuidor móveis, diretamente acoplada ao gerador.

As unidades geradoras serão alimentadas a partir de um circuito hidráulico com Tomada de Água, Túnel de adução, Blindagem, Trifurcação e 3 Conduitos Forçados logo a montante das unidades geradoras.

O projeto da turbina deverá estar de acordo com as mais modernas práticas de engenharia, adotando soluções comprovadas pela operação de máquinas semelhantes. Deverá ser tal que permita o transporte e a montagem fácil dos componentes ou seções da turbina.

Todas as partes da turbina deverão ser projetadas para resistir com segurança a todas as cargas porventura provenientes da turbina e do gerador, em todas as condições de operação, velocidade de disparo com a máxima queda, rejeição de carga em qualquer faixa de operação, fechamento rápido do distribuidor na maior velocidade de disparo. A turbina deverá ser projetada para suportar, sem danos, as forças resultantes do curto-circuito trifásico, bifásico e monofásico do gerador e sincronização fora de fase. Deverá também resistir com segurança aos máximos esforços induzidos pela máxima velocidade de disparo, com palhetas do distribuidor totalmente abertas, sob a condição de queda líquida máxima.

Os fornecedores da turbina e do gerador deverão trabalhar em estreita cooperação, coordenando seus trabalhos de forma a definirem as características das unidades e resolverem todos os problemas que envolvam partes inter-relacionadas, tais como velocidades, inércias, sobrecargas, distribuição de esforços, dimensões, projeto das ligações e de partes como o eixo da unidade, mancais, os acessos, etc.

O projeto da turbina permitirá também uma operação satisfatória sob condições de altura de queda reduzida, com nível de jusante alto, durante os períodos de enchente, dando uma potência máxima possível, com o distribuidor totalmente aberto.

A instrumentação da turbina será local com instalação de manômetro (caixa espiral), manovacuômetro (Tubo de Sucção) e remota no painel de controle com a instalação de pressostatos.

A caixa espiral deverá ser projetada conforme o Código ASME VIII e DIN 19704 e fabricada com chapas de aço carbono especificação ASTM A516 Gr. 70 ou similar.

O pré-distribuidor deverá ser fabricado em chapas de aço soldadas de material ASTM A516 Gr.70 ou similar. O conjunto deverá ser constituído de dois discos planos, um superior e outro inferior, ligado entre si por palhetas fixas. Os anéis deverão ser fabricados a partir de segmentos unidos entre si por processo de solda.

PCH MACAÉ

A caixa espiral e pré-distribuidor deverão ser inteiramente soldados na fábrica, salvo em caso de restrições de transporte e acesso à casa de máquinas. Após a montagem, a caixa espiral e o pré-distribuidor deverão ser testados com uma pressão hidrostática interna 50% acima da pressão de projeto, com duração mínima de 4 horas.

O Tubo de Sucção será fabricado em chapas de aço carbono, de construção soldada, conforme especificação ASTM A516 Gr.60, ASTM A283 Gr.C, ASTM A36 ou similar desde que se obtenham os níveis de tensões e deformações dentro dos valores admissíveis.

As juntas parafusadas do grupo de sucção e transição com a turbina deverão ser realizadas por elementos de fixação em aço carbono com classe de resistência conforme especificado em projeto, conforme norma DIN aplicável e com proteção superficial por galvanização a chama.

As palhetas diretrizes do distribuidor deverão ser intercambiáveis, integralmente fundidas em aço inoxidável conforme norma ASTM A743 CA6NM. As palhetas deverão ser totalmente usinadas. Nas faixas de contato entre palhetas, deverá ser previsto um ajuste com tolerância adequada, para minimizar os vazamentos pelo distribuidor na posição fechada. Cada palheta deverá ser suportada por dois mancais com buchas autolubrificantes.

Os mancais das palhetas possuirão vedações adequadas para impedir a entrada de água na tampa da turbina. O vazamento através das palhetas diretrizes não deverá ser maior que 0,5% da vazão nominal da turbina.

As palhetas diretrizes deverão ser movidas por um mecanismo de regulação convencional do tipo Fink, acionado por servomotores ancorado na caixa espiral ou em base no piso da Casa de Força. Deverá ser constituído de alavancas e bielas, anel de regulagem, de construção rígida, em aço fundido ou em chapas laminadas em construção soldada. O mecanismo de regulação deverá ter resistência suficiente para suportar todos os esforços oriundos de quaisquer condições de operação, inclusive os originados de falhas de dispositivos de controle automático. Deverá resistir também, sem exceder as tensões de projeto, a todos os esforços resultantes da pressão máxima de óleo no servomotor, com o anel de regulagem bloqueado, em qualquer posição do anel, inclusive a de plena abertura e a de fechamento.

As alavancas das palhetas deverão ser construídas de aço fundido conforme especificação ASTM A27 65-35 ou chapas de aço laminadas conforme especificação ASTM A36 ou materiais similares superiores. O dispositivo de segurança das palhetas diretrizes deverá ser por pino de cisalhamento.

Cada palheta deverá ser provida de mancais de escora e contra escora autolubrificantes, que garantam sua posição centrada em relação ao distribuidor, evitando que toque os espelhos de aço inoxidável das tampas da turbina. Os selos das hastes das palhetas deverão ser cuidadosamente projetados e montados de forma a evitar vazamentos de água.

As ligações entre as alavancas e o anel de regulagem, o anel de regulagem e o servomotor e entre as alavancas e as bielas se efetuarão com o uso de buchas de material autolubrificante e pinos com rugosidade superficial

PCH MACAÉ

controlada na faixa de valores definida pelo fabricante das buchas (preferencialmente em aço inoxidável com especificação AISI 420 ou similar).

Deverão ser fornecidas nestas palhetas alternadas, chaves fim-de-curso necessárias à detecção do acionamento dos dispositivos de segurança das palhetas diretrizes.

No ponto de acionamento dos dispositivos de segurança (bielas de flambagem ou pinos de cisalhamento), as tensões nas palhetas diretrizes, munhões e alavancas das palhetas deverão ser dimensionadas de acordo com as tensões admissíveis definidas neste documento.

O anel de regulação deverá ser construído de chapas de aço conforme especificação ASTM A36 ou similar superior, em construção soldada.

O anel de regulação deverá ser apoiado e guiado por segmentos autolubrificantes fixados na tampa da turbina.

As tampas da turbina deverão ser fabricadas em chapas de aço conforme especificação ASTM A516 Gr. 70, RRST 52.3N, ou similar. Deverão ser submetidas a tratamento térmico para alívio de tensões, após a soldagem. Deverão ser previstos, nas faces internas das tampas da turbina, anéis de desgaste estacionários (labirintos) de aço inoxidável conforme especificação AISI 410, ou material similar, substituíveis, fixados por parafusos em material inoxidável, em oposição ao rotor. Deverá ser também prevista uma placa de desgaste de aço inoxidável em ambas as tampas conforme especificação AISI 410 também fixada por parafusos em material inoxidável ou revestimento por solda de aço inoxidável especificação AWS E410 NiMo, de espessura final não inferior a 6 mm.

Nas tampas deverão estar alojados os mancais das palhetas diretrizes com suas respectivas vedações. Todos os mancais deverão ter buchas autolubrificantes, facilmente substituíveis.

Na face externa da tampa deverá ser fixado o anel que possuirá superfícies de deslizamento autolubrificantes, para apoio do anel de regulação.

Deverão ser fornecidos servomotores de dupla ação acionados por óleo sob pressão proveniente do regulador de velocidade. Os servomotores deverão ser fixados na caixa espiral e acionará o anel de regulação. Deverão ser acionados por unidade hidráulica e possuir conexões padronizadas conforme norma ISO aplicável para interligação à tubulação de óleo.

Deverão ser previstos meios para proporcionar uma velocidade de fechamento menor no final do curso (amortecimento), para evitar choque das palhetas diretrizes. O servomotor deverá ter haste de aço carbono cromada e vedações no pistão e na haste. Deverá ter ainda possibilidade de ajuste do comprimento da haste e escala para indicar a posição de abertura. Deverá ser fornecido um sensor de posição com sinal de 4 a 20 mA montado junto ao cilindro de acionamento do anel de regulação.

O rotor será do tipo Francis simples de concepção mecano-soldado ou fundido monobloco e esmerilhado em aço inoxidável de especificação ASTM A743 CA6NM ou similar.

Todas as passagens hidráulicas do rotor deverão estar dentro das tolerâncias especificadas na norma IEC 60.193. O rotor deverá ser acoplado diretamente ao eixo por meio de tirantes, pinos de cisalhamento ou sistema similar. O rotor deverá ser totalmente acabado, balanceado dinamicamente conforme norma ABNT NBR 8008 com qualidade G 2,5 e as partes usinadas protegidas antes de ser enviado para montagem em obra.

O rotor deverá ser projetado para resistir aos máximos esforços que ocorrerem, sob queda máxima, durante operação normal, sobrecarga, aceitação e rejeições de carga, disparo, curto-circuito do gerador e sincronização fora de fase. Atenção especial deverá ser dada no projeto às tensões na região da conexão das pás ao cubo e cinta.

O eixo da turbina deverá ser de aço forjado de especificação ASTM A-668 classe D ou superior, e deverá ser constituído de uma única peça, integral com os flanges e colares dos mancais de guia e escora. As dimensões e tolerâncias do eixo estarão de acordo com a norma ANSI / IEEE 810 "Standard for Hydraulic Turbine and Generator Integrally Forged Shaft Couplings and Shaft Runout Tolerances".

O rotor da turbina poderá, alternativamente, ser acoplado diretamente ao eixo do gerador por meio de tirantes e pinos de cisalhamento, ou acoplagem semelhante. Não deverá ser considerado no cálculo dos acoplamentos do eixo o atrito entre as superfícies de acoplamento.

A linha de eixo da unidade deverá ser projetada conjuntamente com o fabricante do gerador com responsabilidade solidária. As velocidades críticas das partes girantes combinadas da turbina e do gerador deverão ser calculadas pelos fornecedores da turbina e do gerador assim que os detalhes de projeto tiverem sido estabelecidos.

A vedação do eixo será concebida com camisa bipartida sobre o eixo conforme especificação ASTM A743 CA6-NM, com gaxetas grafitadas em fibra de aramida e preme-gaxeta, para limitar a passagem de água proveniente das costas do rotor. Entre as gaxetas está previsto um anel distribuidor para injeção de água filtrada e pressurizada para lubrificar a vedação. Os anéis deslizantes serão facilmente acessíveis para inspeção e manutenção. Um sistema de labirinto deverá ser instalado antes da vedação para garantir a mínima pressão operacional no sistema.

O empuxo hidráulico desbalanceado que atuar no rotor, bem como as cargas radiais de reação de apoio deverá ser suportado axialmente por um mancal de escora e contra-escora e radialmente por um ou dois mancais de guia (dependendo da concepção da turbina), sendo este mancal combinado apoiado em coluna situada entre o volante de inércia e a caixa espiral da turbina caso não se opte por fornecimento do rotor em balanço (diretamente acoplado ao eixo do gerador). Os mancais deverão ser projetados para trabalhar em banho de óleo e com sistema de resfriamento externo com água.

Os mancais de escora e contra-escora deverão ser do tipo de sapatas segmentadas revestidas de metal patente, operando contra uma superfície de deslizamento, com acabamento espelhado, solidária a estrutura do eixo da turbina. O mancal e sua coluna de apoio deverão ser projetados para resistir e transmitir à estrutura da Casa de Força todos os esforços provenientes das

PCH MACAÉ

partes girantes da turbina e do gerador, a qualquer velocidade, até a máxima de disparo, incluindo as mais severas condições impostas pelos transitórios hidráulicos e elétricos.

Os mancais de guia deverão ser do tipo casquilho, com bucha bipartida revestida de metal patente. Deverão ser projetados para resistir a todos os esforços radiais do eixo, sob todas as condições de operação, sem excessiva elevação de temperatura e sem danos para o mancal. Deverão ser localizados tão próximos quanto possível do rotor da turbina, resguardadas as condições de acesso às demais partes da turbina.

O resfriamento do óleo para os mancais deverá ser realizado por uma unidade hidráulica composta basicamente por dois trocadores de calor (sendo um deles "stand by" e ambos projetados para atender, sozinhos, a unidade).

As características básicas das turbinas são:

- Quantidade3 unidades
- Potência Instalada total 17,700 MW
- Potência instalada unitária 5900 kW
- Queda Bruta Nominal 84,28 m
- Queda Bruta de Referência 83,50 m
- Perda de Carga 3,36 mca
- Queda Líquida Normal.....80,92 mca
- Queda Líquida de Referência80,14 mca
- Rotação Nominal da Turbina 600 rpm
- Elevação da Linha de Centro da Turbina 33,10 m
- Nível Máximo Normal de Montante 120,00 m
- Nível Max. Maximorum de Montante..... 126,00 m
- Nível Max. Maximorum de Montante (excepcional) 126,90 m
- Nível Mínimo de Jusante 34,90 m
- Nível Máximo Normal de Jusante 35,97 m
- Nível Max. Maximorum de Jusante 43,80 m
- Vazão Unitária Mínima (50%) 4,16 m³/s
- Vazão Unitária Máxima..... 8,32 m³/s
- Rendimento Nominal 93,0%

Para a determinação das condições de regulação das turbinas, foram adotadas a sobrevelocidade de 60%, e a sobrepressão de 35% na entrada da turbina.

Na fixação da altura da linha do eixo, uma atenção especial deverá ser dada pelo fabricante da turbina para a margem de segurança do coeficiente de

cavitação do modelo em relação ao protótipo. Com qualquer das condições operacionais especificadas o coeficiente de cavitação do protótipo (“sigma plant”) deverá ter uma margem de segurança correspondente a pelo menos 1,0 m acima do coeficiente do modelo (“sigma standard”), com base na pressão de vapor da água a 30°C (trinta graus Celsius).

A submergência deverá ser considerada a partir do Nível de Água de jusante correspondente a cada condição operacional garantida.

O projeto da turbina deverá estar de acordo com as mais modernas práticas de engenharia, adotando soluções comprovadas pela operação de máquinas semelhantes. Deverá ser tal que permita o transporte e a montagem fácil dos componentes ou seções da turbina.

5.4.1.2. Reguladores de Velocidade

Serão projetados e fornecidos para operação individual de cada turbina, 1 (um) regulador automático de velocidade digital, com sua respectiva unidade hidráulica e servomotores à pressão de óleo para regulação do distribuidor da mesma.

Os reguladores deverão ser eletro hidráulicos, do tipo digital, controlados por um elemento PID (Proporcional – Integral – Derivativo) capazes de assegurar uma operação estável da unidade sob todas as condições operacionais.

O sistema de regulação deverá ser adequado para ser interligado ao SDSC (Sistema Digital de Supervisão e Controle). O sistema de controle digital do regulador de velocidade deverá analisar o sistema elétrico e alterar o fluxo hidráulico, fornecendo a potência requerida, além de funções complementares como partir, parar e sincronizar a máquina com segurança. O regulador de velocidade também deve realizar atividades auxiliares no processo de controle da unidade geradora, como medições de velocidades da máquina e deslocamento indevido.

Para definição de termos do projeto deverá ser aplicada a norma IEC 308 – International Code for Testing of Speed Governing Systems for Hydraulic Turbines.

O controle normal será automático, local ou remoto, e incluirá as fases transitórias e de regime permanente sem intervenção de operadores. O controle manual será para testes ou condições excepcionais.

O sistema de pressão do regulador deverá ser dimensionado, tendo em vista o volume do servomotor do distribuidor, a fim de que se tenha capacidade suficiente para evitar paralisações, por queda de pressão, durante distúrbios no sistema. Além disso, deverá ser estabelecida uma margem adequada de segurança, para que o regulador seja capaz de fechar as palhetas do distribuidor, mesmo quando houver falhas em suas bombas.

Deverá ser fornecida uma unidade hidráulica do sistema de regulação de velocidade para cada turbina.

Para os mancais da turbina (guia e guia-escora-contra escora), deverão ser fornecidas unidades hidráulicas específicas para lubrificação e refrigeração dos mesmos.

As características básicas do regulador de velocidade são:

- Tipo PID
- Quantidade 3
- Alimentação Principal 125 Vcc
- Alimentação do Serviço Auxiliar 380 Vcc
- Estatismo Frequência e potência
- Ajustes IHM
- Limitador de Abertura Eletrônico
- Proteção contra sobrevelocidade Eletrônica e Mecânica
- Seleção do Modo Operacional Automático/Manual
- Seleção da Origem do Comando Local/Remoto
- Interfaces de Comunicação Modbus RTU

5.4.1.3. Válvulas Borboleta

Cada turbina possuirá uma válvula borboleta à montante. As válvulas borboleta serão responsáveis pelo isolamento de uma turbina em relação à outra e ao sistema de adução compartilhado, permitindo a drenagem e manutenção do grupo, sem interferir na operação da outra unidade.

As válvulas borboleta também serão o elemento de segurança da turbina, e deverão ser fechadas com auxílio de contrapeso, sem necessidade de energia externa, em caso de falha de um grupo gerador.

A abertura da válvula borboleta será realizada com pressão equilibrada, por meio de uma válvula “by-pass” de acionamento hidráulico.

As características principais da válvula borboleta são:

- Quantidade 3 unidades
- Diâmetro Nominal 1500 mm
- Vazão Nominal Unitária 8,13 m³/s
- Pressão Estática Normal 84,94 m.c.a.
- Elevação da Linha de Centro 33,10 msnm

5.4.2. BLINDAGEM, TRANSIÇÕES, CURVAS E TRECHOS RETOS

A PCH Macaé possuirá um Túnel de adução. Este Túnel possuirá em seu desemboque uma blindagem e trifurcação para distribuição de vazão para as unidades geradoras.

O dimensionamento deverá atender as diretrizes indicadas na norma ABNT NBR 10132 - Cálculos de Conduitos Forçados e nos casos omissos, nas normas da "SHF - Société Hydrotechnique de France" (Capítulo 3 – Elementos de Cálculos de Conduitos Forçados) e pela C.E.C.T.- Comité Européen de La Chaudronnerie de La Tolerie” (Recommendation for the

Design, Manufacture and Erection of Steel Penstocks of Welded Construction for Hydro Electric Installations), principalmente para verificação da sua estabilidade e tolerâncias de fabricação e montagem em obra.

Deverão ser providos, pelo menos, de dois anéis de vedação (antipercolação) no início da blindagem do Túnel e outros dois no final de cada trecho na entrada da Casa de Força.

As chapas empregadas na fabricação das virolas da blindagem e do Conduto serão cortadas e biseladas por métodos mecânicos ou por oxicorte.

Após sua preparação, as chapas deverão ser curvadas a frio e após soldagem longitudinal das virolas ser recalandrada para atender as dimensões e tolerâncias indicadas nos desenhos dos projetos executivos.

Deverá ser observada a concordância das superfícies e o alinhamento das bordas e extremidades das chapas em trechos adjacentes dentro de um desvio máximo permissível de 2 mm em qualquer ponto. As superfícies das chapas deverão estar concordantes obrigatoriamente no seu lado interno.

Nas pré-montagens em fábrica e montagens em obra todos os elementos estruturais serão verificados quanto ao nivelamento e paralelismo de uns em relação aos outros. Todos os elementos de apoio deverão ser contínuos e alinhados entre si em todas as juntas de fábrica e de campo, e deverão receber solda contínua, de modo a ser obtida uma superfície perfeitamente plana, nivelada e lisa após a soldagem. Deverão ser montados e fixados de maneira a impedir qualquer deslocamento durante a sua concretagem.

Onde não indicado pelo projeto executivo a tolerância para construções soldadas deverá estar de acordo com a norma DIN 8570 Gr.B.

Todas as juntas soldadas deverão ser executadas por soldadores qualificados conforme parâmetros estabelecidos pela EPS aplicável (Especificação de Procedimento de Soldagem) e puncionadas com o sinete do mesmo.

Os ensaios não destrutivos deverão ser executados conforme normas específicas e dentro dos percentuais estipulados no projeto executivo. Adicionalmente, todas as soldas, sejam na fábrica ou no campo, deverão ser verificadas por ultra-som 100%, bem como Líquido Penetrante pós goivagem de raiz. A eficiência das uniões soldadas será de 100%. Devem-se evitar cruzamentos de cordões de solda. Nos locais onde ocorrerem cruzamentos de juntas soldadas em X, ou não for possível a inspeção por ultrassom, a inspeção será através de gamagrafia.

Todas as chapas e elementos da tubulação deverão ser identificados por marcação provisória por caneta marcadora tipo "Markey" durante o processo de fabricação e tipagem mecânica definitiva antes do envio para montagem em obra. A indicação do sentido do fluxo poderá ser identificada através de pintura com spray em máscara.

5.4.2.1. Injeção de Concreto

Deverão ser instalados nos locais em que a tubulação é envelopada por concreto, principalmente na parte superior, bujões com diâmetro interno de 50 mm, rosca NPT, para possibilitar a execução da injeção de concreto de contato. Deverá ser previsto, para cada virola calandrada, 04 (quatro) bujões

rosqueados para injeção. A pressão da injeção de contato não deverá exceder 0,35 MPa (3,5 kgf/cm²).

Após injeção e cura do concreto deverá ser feita inspeção para detectar vazios entre a camada de concreto e o Conduto. Nos pontos detectados deverão ser executados furos roscados com DN 40 para conexão do bico de injeção. A pressão de injeção não deverá exceder 0,20 MPa (2,0 kgf/cm²).

5.4.2.2. Trifurcação

O dimensionamento deste elemento deverá ser realizado conforme Boletim 32 do "Bureau of Reclamation, Stess Analysis of Wye Branches", bem como deverá atender as diretrizes indicadas na norma NBR 10132 - "Cálculos de Condutos Forçados", da ABNT e, nos casos omissos, nas normas da "SHF - Société Hydrotechnique de France" (Capítulo 3 – Elementos de Cálculo de Condutos Forçados) e do C.E.C.T.- Comitée Européen de La Chaudronnerie de La Tolerie" (Recommendation for the Design, Manufacture and Erection of Steel Penstocks of Welded Construction for Hydro Electric Installations).

O CONTRATADO deverá demonstrar por análise de elementos finitos que a estrutura metálica da trifurcação com todos os seus reforços, será capaz de suportar aos mais severos transientes hidráulicos que os Condutos possam sofrer em qualquer condição operacional que possa ocorrer das unidades geradoras, inclusive operando uma, duas, três ou todas simultânea ou alternadamente.

A trifurcação deverá ser autoportante, transmitindo ao concreto apenas as cargas de fundação.

A trifurcação deverá ser fabricada com chapas soldadas, do mesmo material que a blindagem e unida aos tramos de montante e de jusante por solda. Deverão ser previstos os reforços que forem necessários e os elementos de apoio e fixação ao concreto.

A trifurcação deverá ser totalmente pré-montada em fábrica para assegurar o ajustamento perfeito entre as chapas conformada bem como o respeito às tolerâncias estabelecidas no projeto executivo.

Onde não indicado pelo projeto executivo a tolerância para construções soldadas deverá estar de acordo com a norma DIN 8570 Gr.B.

Todas as juntas soldadas deverão ser executadas por soldadores qualificados conforme parâmetros estabelecidos pela EPS aplicável (Especificação de Procedimento de Soldagem) e puncionadas com o sinete do mesmo.

Os ensaios não destrutivos deverão ser executados conforme normas específicas e dentro dos percentuais estipulados no projeto executivo. Adicionalmente, todas as soldas, sejam na fábrica ou no campo, deverão ser verificadas por ultra-som 100%, bem como Líquido Penetrante pós goivagem de raiz. A eficiência das uniões soldadas será de 100%. Devem-se evitar cruzamentos de cordões de solda. Nos locais onde ocorrerem cruzamentos de juntas soldadas em X, ou não for possível a inspeção por ultrassom, a inspeção será através de gamagrafia.

Todas as chapas e elementos da tubulação deverão ser identificados por marcação provisória por caneta marcadora tipo "Markey" durante o processo

PCH MACAÉ

de fabricação e tipagem mecânica definitiva antes do envio para montagem em obra. A indicação do sentido do fluxo poderá ser identificada através de pintura com spray em máscara.

Todos os elementos estruturais serão verificados quanto ao nivelamento e paralelismo de uns em relação aos outros. Todos os elementos de apoio deverão ser contínuos e alinhados entre si em todas as juntas de fábrica e de campo, e deverão receber solda contínua, de modo a ser obtida uma superfície perfeitamente plana, nivelada e lisa após a soldagem. A trifurcação deverá ser montada e fixada em obra de maneira a impedir qualquer deslocamento durante a sua concretagem.

5.4.2.3. Injeção de Concreto

Deverão ser instalados nos locais em que a trifurcação é envelopada por concreto, principalmente na parte superior, bujões com diâmetro interno de 50 mm, rosca NPT, para possibilitar a execução da injeção de concreto de contato. Deverá ser previsto, para cada virola calandrada, 04 (quatro) bujões rosqueados para injeção. A pressão da injeção de contato não deverá exceder 0,35 MPa (3,5 kgf/cm²).

Após injeção e cura do concreto deverá ser feita inspeção para detectar vazios entre a camada de concreto e a trifurcação. Nos pontos detectados deverão ser executados furos roscados com DN 40 para conexão do bico de injeção. A pressão de injeção não deverá exceder 0,20 MPa (2,0 kgf/cm²).

A seguir é apresentada uma relação mínima dos componentes do fornecimento, porém com caráter não limitativo, para a blindagem do Túnel.

Blindagem

- 1 (um) trecho blindado com anéis anti-percolação;
- 1 (um) conjunto de bujões rosqueáveis para injeção de concreto;
- 1 (um) conjunto de calços, apoios, espaçadores e aranhas para evitar deformações da blindagem durante o transporte e concretagem.

Trifurcação

- 1 (uma) Trifurcação autoportante totalmente envolvida por concreto;
- 1 (um) conjunto de bujões rosqueáveis para injeção de concreto;
- 1 (um) conjunto de calços, apoios, espaçadores e aranhas para evitar deformações da trifurcação durante o transporte e concretagem.

Conduto de Ligação

- 3 (três) cones entre a trifurcação e as virolas cilíndricas de ligação com a Casa de Força, totalmente embutidos em concreto;
- 3 (três) virolas cilíndricas de ligação entre os cones e a Válvula Borboleta, sendo parte embutida na parede de montante da Casa de Força com anéis anti percolação e parte exposta com sobre metal para conexão com a virola de montante da Válvula Borboleta;

PCH MACAÉ

- 1 (um) conjunto de bujões rosqueáveis para injeção de concreto;
- 1 (um) conjunto de calços, apoios, espaçadores e aranhas para evitar deformações nas virolas durante o transporte e concretagem.

Cada Conduto de ligação deverá ser provido de uma captação para esgotamento do Conduto e uma captação para suprimento de água de refrigeração e serviço da Usina. Deverá ser prevista uma boca de visita na parte exposta do Conduto forçado, no interior da Casa de Força, próximo a conexão com a turbina.

As características básicas são:

TRIFURCAÇÃO

- Tipocircular
- Quantidade 3
- Vazão Total24,39 m3/s
- Diâmetro da entrada da transiçãoØ 2700 mm
- Diâmetro da saída da transiçãoØ 1700 mm
- Comprimento da transição 3500 mm
- Espessura Mínima Recomendada (c/ sobresspessura para corrosão) ... 1/2"
- Sobresspessura Mínima para Corrosão 1,0 mm
- Elevação da Linha de Centro da entrada da transição 33,10 m
- Nível Max. Maximorum de Montante (excepcional) 126,90 m
- Nível Máximo Normal de Montante 120,00 m
- Sobrepressão Máxima 35 %

BLINDAGEM

- Tipo Metálica
- Quantidade 1
- Vazão Total24,39 m3/s
- Diâmetro Interno 2700 mm
- Espessura Mínima Recomendada (c/ sobresspessura para corrosão) ... 1/2"
- Sobresspessura Mínima para Corrosão 1,0 mm
- Extensão da Blindagem ~125 m
- Elevação da Linha de Centro no Final do Conduto 33,10 m
- Nível Max. Maximorum de Montante (excepcional) 126,90 m
- Nível Máximo Normal de Montante 120,00 m
- Sobrepressão Máxima 35 %

CONES DE LIGAÇÃO

PCH MACAÉ

- Tipo Cone Metálico Embutido no Concreto
- Quantidade 3
- Vazão Unitária 8,13 m³/s
- Diâmetro Interno de Entrada 1700 mm
- Diâmetro Interno de Saída 1500 mm
- Ângulo da Curva conforme arranjo civil
- Espessura Mínima Recomendada (c/ sobresspessura para corrosão) .. 1/2"
- Sobresspessura Mínima para Corrosão 1,0 mm
- Nível Max. Maximorum de Montante (excepcional) 126,90 m
- Nível Máximo Normal de Montante 120,00 m
- Sobrepressão Máxima 35 %

TRECHOS RETOS DE LIGAÇÃO

- Tipo Metálica
- Quantidade 1
- Vazão Total 8,13 m³/s
- Diâmetro Interno 1700 mm
- Espessura Mínima Recomendada (c/ sobresspessura para corrosão) ... 1/2"
- Sobresspessura Mínima para Corrosão 1,0 mm
- Extensão da Blindagem 17,0 m
- Elevação da Linha de Centro no Final do Conduto 33,10 m
- Nível Max. Maximorum de Montante (excepcional) 126,90 m
- Nível Máximo Normal de Montante 120,00 m
- Sobrepressão Máxima 35 %

TRECHOS LATERAIS DE LIGAÇÃO

- Tipo Metálica
- Quantidade 1
- Vazão Total 8,13 m³/s
- Diâmetro Interno 1700 mm
- Espessura Mínima Recomendada (c/ sobresspessura para corrosão) ... 1/2"
- Sobresspessura Mínima para Corrosão 1,0 mm
- Extensão da Blindagem 23,0 m
- Elevação da Linha de Centro no Final do Conduto 33,10 m
- Nível Max. Maximorum de Montante (excepcional) 126,90 m

- Nível Máximo Normal de Montante 120,00 m
- Sobrepressão Máxima 35 %

5.4.3. EQUIPAMENTOS HIDROMECAÑICOS

O projeto estrutural deverá ser feito de acordo com uma só norma ou um grupo de normas comuns não conflitantes. Seu dimensionamento deverá atender as normas ABNT NBR 8883 – Cálculo de Comportas Hidráulicas e ABNT NBR 11213 – Cálculo de Grades de Tomada de Água para Instalações Hidráulicas.

O projeto atenderá, sob todos os aspectos, as exigências deste documento, com respeito ao desempenho, durabilidade e operação satisfatórios. O contratado será responsável pela qualidade técnica de todo o projeto de maneira a garantir uma operação e durabilidade compatíveis com o equipamento em questão e uma maior facilidade de manutenção

5.4.3.1. Grades da Tomada de Água

A Tomada de Água será protegida por grades do tipo removível formada por painéis, para retenção de detritos. A movimentação dos painéis será efetuada através de uma viga pescadora, provida de mecanismo de engate e desengate automáticos. As grades deverão ser dimensionadas para uma perda de carga mínima possível.

Os painéis das grades e a viga pescadora serão guiados e apoiados em peças fixas embutidas no concreto de segundo estágio da Tomada de Água. Os painéis deverão ser constituídos de barras verticais igualmente espaçadas, suportadas por um quadro estrutural formado por dois montantes em cada extremidade e vigas horizontais apoiadas nos montantes, que transmitem às peças fixas a carga aplicada no painel.

Os painéis deverão ser manuseados, por guindaste móvel (na sua instalação) e talha elétrica (durante sua operação), por meio da viga pescadora incluída no fornecimento. Sua movimentação deverá ser feita sem fluxo de água, com a comporta fechada. Os ganchos da viga pescadora deverão ser acionados por contrapeso.

Os painéis das grades serão de construção soldada, constituídos por barras verticais contínuas apoiadas sobre uma estrutura composta por vigas horizontais, convenientemente espaçadas de modo a evitar a ressonância e vigas verticais que transmitirão todas as reações ao concreto.

Possuirão batentes laterais revestidos com material anti-fricção, com possibilidade de regulagem de folga com as peças fixas na obra.

As peças fixas de segundo estágio serão constituídas basicamente por soleira e guias laterais, embutidas, em recessos deixados na concretagem primária, posicionadas e reguladas por meio de chumbadores soldados nas peças fixas de primeiro estágio.

A viga pescadora dos painéis das grades será em estrutura de aço carbono de construção soldada, dimensionada para movimentar a grade, sem torções ou deflexões excessivas.

As características básicas da grade da Tomada de Água são:

- Forma Construtiva Removível
- Quantidade de Emboques 1
- Quantidade de Grades por Emboque 1
- Quantidade de Painéis por Grade..... 4
- Quantidade de Peças Fixas por Emboque..... 1 conjunto
- Largura do Vão 7,40 m
- Altura do Vão 8,70 m
- Inclinação da Grade..... 1H:0,1V
- Nível Max. Maximorum de Montante (excepcional) 126,90 m
- Elevação do piso de Operação/Manobra 127,90 m
- Elevação da Soleira da Grade 112,00 m
- Altura Total das Peças Fixas 16,00 m
- Espaçamento Mínimo das Barras Verticais..... 50 mm

5.4.3.2. Comportas Ensecadeiras

Serão fornecidas comportas Ensecadeiras para a Tomada de Água e para o Tubo de Sucção.

A comporta Ensecadeira da Tomada de Água terá por função possibilitar a manutenção da Tomada de Água e Túnel de adução. A movimentação da comporta Ensecadeira será efetuada através de uma viga pescadora, provida de mecanismo de engate e desengate automáticos, acionada por meio do pórtico da Tomada de Água.

As comportas Ensecadeiras do Tubo de Sucção terão por função possibilitar a manutenção das turbinas. A movimentação da comporta Ensecadeira será efetuada através de uma viga pescadora, provida de mecanismo de engate e desengate automáticos, acionada por meio da talha da monovia do Tubo de Sucção.

A movimentação de ambas será sempre feita com equilíbrio de pressões. A comporta Ensecadeira e a viga pescadora serão guiadas por peças fixas embutidas nos pilares de concreto, as quais servirão também para transmitir as reações ao concreto. Ambas as comportas possuirão válvula by-pass em seu paramento acionadas através da viga pescadora.

A comporta Ensecadeira será de construção soldada, constituída por paramento e vedação à montante para a Tomada de Água e à montante para o Tubo de Sucção, reforçado por vigas horizontais e verticais.

As comportas Ensecadeiras possuirão duas sapatas de guia lateral de cada lado, alinhadas com os olhais de acoplamento com a viga pescadora. As sapatas permitirão regulagem no campo.

As vedações serão de borracha revestida com teflon (apenas para perfil nota musical), projetadas e instaladas de modo a permitir a estanqueidade total. O quadro de vedação será formado por vedações superior e laterais com seção tipo nota musical simples e vedação inferior com seção retangular.

As peças fixas de segundo estágio serão constituídas basicamente por soleira, frontal, peças verticais de apoio e vedação e guias laterais, embutidas em recessos deixados na concretagem primária, posicionadas e reguladas por meio de chumbadores soldados nas peças fixas de primeiro estágio. Haverá prolongamentos laterais nas peças fixas da soleira no sentido de jusante, a fim de possibilitar o apoio das chapas de cabeceira da comporta.

As guias laterais serão constituídas por um perfil laminado ou de construção soldada, com resistência suficiente para guiar a comporta Ensecadeira lateralmente e no sentido montante-jusante, estendendo-se desde a soleira até os dispositivos de calagem no topo das ranhuras. Possuirão um alargamento na extremidade superior, para facilitar a introdução e retirada da comporta Ensecadeira e da viga pescadora.

A viga pescadora para manobra da comporta será em estrutura de construção soldada, dimensionada para movimentar a comporta Ensecadeira, sem torções ou deflexões excessivas.

As características básicas da comporta Ensecadeira da Tomada de Água são:

- Forma ConstrutivaVedação a jusante
- Quantidade de Emboques 1
- Quantidade de Comportas por Emboque..... 1
- Quantidade de Painéis por Comporta 3
- Quantidade de Comportas 1
- Quantidade de Peças Fixas por Emboque..... 1 conjunto
- Largura do Vão 6,00 m
- Altura do Vão..... 6,00 m
- Nível Max. Maximorum de Montante (excepcional) 126,90 m
- Elevação do piso de Operação/Manobra 127,90 m
- Elevação da Soleira 112,00 m
- Altura Total das Peças Fixas 15,90 m

As características básicas da comporta Ensecadeira do Tubo de Sucção são:

- Forma ConstrutivaVedação a Montante
- Quantidade de Emboques 3
- Quantidade de Comportas por Emboque..... 1
- Quantidade de Painéis por Comporta 1
- Quantidade de Comportas 1

- Quantidade de Peças Fixas por Emboque..... 1 conjunto
- Largura do Vão 1,07 m
- Altura do Vão..... 1,90 m
- Nível Max. Maximorum de Jusante (excepcional) 44,90 m
- Elevação do piso de Operação/Manobra 45,90 m
- Elevação da Soleira 28,70 m
- Altura Total das Peças Fixas 16,60 m

5.4.3.3. Comporta Vagão da Tomada de Água

Serão fornecidas comportas do tipo vagão para a estrutura da Tomada de Água.

A comporta vagão da Tomada de Água terá por função permitir o fechamento do circuito hidráulico em caso de ruptura da blindagem no Túnel de adução ou manutenção no Túnel. A comporta será projetada com vedação do lado de montante.

A movimentação da comporta será efetuada através de hastes de levantamento e viga pescadora acionadas por meio de talha em monovia e seu fechamento se efetuará por gravidade.

As comportas serão de construção soldada, constituída por paramento e vedação, reforçadas por vigas horizontais e verticais.

As rodas principais, rodas de guia e de contra-guia possuirão mancais autolubrificantes. As rodas principais deverão ser forjadas conforme especificação ASTM A-668 Grau C ou superior.

As vedações serão de borracha com revestimento de teflon (apenas nos perfis tipo nota musical), projetadas e instaladas de modo a permitir a máxima estanqueidade. O quadro de vedação será formado por vedações superior e laterais com seção tipo nota musical simples e vedação inferior com seção retangular.

As peças fixas de segundo estágio serão constituídas basicamente por soleira, frontal, peças verticais de apoio e vedação e guias laterais. Serão embutidas em recessos deixados na concretagem primária, posicionadas e reguladas por meio de chumbadores soldados nas peças fixas de primeiro estágio. Haverá prolongamentos laterais nas peças fixas da soleira no sentido do paramento para o vigamento, a fim de possibilitar o apoio das chapas de cabeceira da comporta.

As guias laterais serão constituídas por um perfil laminado ou de construção soldada, com resistência suficiente para guiar a comporta vagão lateralmente e no sentido montante-jusante, devendo estender-se desde a soleira até os dispositivos de calagem no topo das ranhuras.

As características básicas da comporta vagão do Desvio do Rio são:

- Forma ConstrutivaVedação a Montante
- Quantidade de Emboques 1

PCH MACAÉ

- Quantidade de Comportas por Emboque..... 1
- Quantidade de Painéis por Comporta 3
- Quantidade de Comportas 1
- Quantidade de Peças Fixas por Emboque..... 1 conjunto
- Largura do Vão 6,0 m
- Altura do Vão 6,0 m
- Nível Max. Maximorum de Montante (excepcional)..... 126,90 m
- Elevação da Soleira 112,00 m
- Altura Total das Peças Fixas 15,90 m

5.4.3.4. Equipamentos de Levantamento

Ponte Rolante da Casa de Força

A ponte rolante deve ser utilizada nas diversas montagens dos equipamentos contidos na Casa de Força, destacando-se o içamento e transporte dos conjuntos montados mais pesados das turbinas e geradores, bem como as montagens parciais desses equipamentos.

O gerador montado deve ser a peça mais pesada a ser içada e transportada pela ponte rolante.

A ponte rolante deve ser capaz de içar este equipamento. Este içamento deve ser feito com o auxílio de uma viga especial denominada viga de içamento, a ser montada diretamente no gancho principal da ponte rolante.

A ponte será comandada por uma botoeira que atuará por meio de sinais de rádio.

A ponte rolante deve ser equipada com um carro, do tipo sem cobertura, para operar em ambiente fechado.

Neste carro devem ser instalados os mecanismos de elevação principal e auxiliar, bem como o mecanismo de direção conduzido sobre o caminho de rolamento montado ao longo das vigas principais da Ponte Rolante.

A ponte rolante deslocar-se-á sobre trilhos, instalados sobre as vigas de concreto, permitindo a movimentação das mesmas por sobre toda a área de descarga/montagem e unidades geradoras.

A alimentação elétrica da ponte rolante se fará através de um sistema de barramento rígido, fixado às vigas de montante do caminho de rolamento, ao longo de toda extensão da Casa de Força. O suprimento de força para este barramento se fará através de uma caixa de ligação a ser instalada nas proximidades do meio do caminho de rolamento.

Lateralmente a cada uma das vigas principais deve ser prevista uma plataforma, constituída de chapas antiderrapantes, parapeitos e rodapés. Esta plataforma deve servir de suporte aos armários dos equipamentos elétricos.

A ponte rolante deve ser provida de escadas, plataformas e degraus para permitir acesso para lubrificação, inspeção e manutenção. Todos os

PCH MACAÉ

passadiços devem ser providos de chapas de piso xadrez antiderrapante, projetadas para uma carga de 3 kPa, onde podem ser depositados materiais e 1,5 kPa destinados somente para pessoas, devendo ser providos com corrimãos feitos com tubulação de diâmetro não inferior a 42 mm, e com rodapés. As escadas devem ser do tipo marinho e providas de guarda-corpos e seus degraus devem ser de barras de seção circular.

Devem ser montadas em cada lado da ponte rolante e nos redutores de velocidade placas de identificação permanente, de projeto e dizeres em português e aprovados, indicando o nome e endereço do fabricante, número de série, data de fabricação e a capacidade nominal.

As rodas devem ser monobloco de aço forjado ou fundido, com qualidades mínimas iguais às exigidas nas normas ABNT-NBR-8401 ou similar (FEM), com tratamento térmico na banda de rodagem. Não devem ser usadas rodas em ferro fundido nodular.

As polias para cabo de aço devem ser fabricadas em aço fundido, qualidade ASTM A27 Grau 70-36 ou de construção soldada em aço laminado ASTM A36 ou equivalente ou de construção usinada em aço forjado ASTM A668 –B, ASTM A504-C ou equivalente. Não devem ser utilizadas polias de ferro fundido.

Os cabos de aço terão comprimento suficiente para permitir o levantamento total e duas voltas extras de cada perna em cada tambor. Além disso, devem ser providos comprimentos adequados de cabos para fixação aos tambores. A tensão nos cabos deve ser considerada no ponto de máximo desenrolamento e deve incluir o rendimento global do moitão, do tambor e o peso da carga, gancho, polias e seu peso próprio.

As características básicas da ponte rolante principal são:

- Quantidade 1
- Tipo Bi viga
- Capacidade Nominal (Principal) 50 Ton (500 kN)
- Capacidade Nominal (Auxiliar) 10 Ton (100 kN)
- Grupo (Principal/Auxiliar) 1Am (FEM)
- Classe de Funcionamento V 0,5
- Vão da Ponte Rolante 9,00 m
- Acionamento remoto
- Curso do Gancho 20,75 m
- Elevação dos Trilhos da Ponte Rolante 53,10 m
- Elevação da Área de Montagem 46,00 m
- Elevação do Piso Inferior da Casa de Força 31,90 m
- Comprimento do Caminho de Rolamento 41,00 m

Talha com monovia da Tomada de Água

A monovia e talha destina-se, basicamente, aos serviços de montagem, manutenção, colocação e retirada dos painéis da comporta Ensecadeira na Tomada de Água nas respectivas ranhuras de operação.

Para a realização desses serviços, a talha deve ser dotada de um mecanismo de elevação e de translação, resistentes às intempéries locais, comandada por botoeira pendente.

A talha terá movimento de translação sob a monovia, percorrendo em linha reta toda a extensão das ranhuras das comportas até o local de descarga dos equipamentos.

A alimentação elétrica deve ser feita através de um cabo flexível enrolado em um tambor motorizado, do tipo tensão constante. A tomada de força será instalada em um dos pilares de concreto de suporte da monovia.

A monovia será instalada em estrutura fixa de concreto.

A operação de movimentação dos painéis da comporta Ensecadeira será realizada com auxílio de viga pescadora. O pórtico de estrutura fixa será dimensionado com altura suficiente para permitir a remoção dos painéis da comporta, para alcance de caminhão no piso de manobra do Tubo de Sucção.

As características básicas da talha e monovia da TA são:

- Quantidade 1 conjunto
- Capacidade Mínima da Talha 10 Ton (100 kN)
- Grupo 1Am (FEM)
- Classe de Funcionamento V 0,5
- Acionamento..... botoeira pendente
- Curso do Gancho..... 23,45 m
- Elevação do Piso de Manobra 127,90 m
- Curso da Talha na Monovia 6,5 m

Talha Elétrica com Monovia do Tubo de Sucção

A monovia e talha destina-se, basicamente, aos serviços de montagem, manutenção, colocação e retirada dos painéis da comporta Ensecadeira do Tubo de Sucção nas respectivas ranhuras de operação.

Para a realização desses serviços, a talha deve ser dotada de um mecanismo de elevação e de translação, resistentes às intempéries locais, comandada por botoeira pendente.

A talha terá movimento de translação sob a monovia, percorrendo em linha reta toda a extensão das ranhuras das comportas até o local de descarga dos equipamentos.

PCH MACAÉ

A alimentação elétrica deve ser feita através de um cabo flexível enrolado em um tambor motorizado, do tipo tensão constante. A tomada de força será instalada em um dos pilares de concreto de suporte da monovia.

A monovia será instalada em estrutura fixa de concreto.

A operação de movimentação dos painéis da comporta Ensecadeira será realizada com auxílio de viga pescadora. O pórtico de estrutura fixa será dimensionado com altura suficiente para permitir a remoção dos painéis da comporta, para alcance de caminhão no piso de manobra do Tubo de Sucção.

As características básicas da talha e monovia do Tubo de Sucção são:

- Quantidade 1 conjunto
- Capacidade Mínima da Talha 3 Ton (30 kN)
- Grupo 1Am (FEM)
- Classe de Funcionamento V 0,5
- Acionamento..... botoeira pendente
- Curso do Gancho..... 22,30 m
- Elevação do Piso de Manobra 45,90 m
- Curso da Talha na Monovia 25 m

5.4.3.5. SISTEMAS AUXILIARES MECÂNICOS

A PCH MACAÉ será atendida pelos seguintes sistemas auxiliares mecânicos:

- Sistema de Drenagem;
- Sistema de Esgotamento e Enchimento das Unidades;
- Sistema de Água de Resfriamento;
- Sistema de Proteção contra Incêndio;
- Sistema de Água Potável;
- Sistema de Separação Água - Óleo;
- Sistema de Água de Serviço;
- Sistema de Esgoto Sanitário;
- Sistema de Ar Comprimido.
- Sistema de Ar Condicionado da sala de controle;
- Sistema de Ventilação e Exaustão da Casa de Força;
- Sistema de Medições Hidráulicas.

Sistema de Drenagem

A finalidade deste sistema consiste em coletar toda a água de drenagem de equipamentos, infiltrações pelo concreto e lavagem de pisos na Casa de Força, por meio de ralos, canaletas e tubulações encaminhando este volume

ao separador água-óleo e em seguida ao poço de drenagem. A partir deste poço à água é recalçada e descarregada para jusante a um nível acima do N.A. Máximo *Maximorum* de jusante. Os pisos acima da elevação do deck da Casa de Força, não sujeitos a contaminações serão drenados por gravidade diretamente para jusante.

Duas bombas submersíveis, instaladas dentro do poço de drenagem, farão o recalque do volume drenado, sendo que cada uma das bombas deverá ser dimensionada para realizar individualmente a drenagem da Casa de Força, ou seja, tendo cada uma das bombas a capacidade única suficiente para a demanda de drenagem que possibilite a coleta das águas de limpeza de pisos, dos selos do eixo da turbina, da retro lavagem dos filtros automáticos, descarga dos filtros hidrociclones, contenção das unidades hidráulicas, eventuais vazamentos de tubulações da Casa de Força e das infiltrações através das paredes de concreto da Casa de Força.

Para o comando manual das bombas, serão providos, no painel local, botões liga e desliga, além de uma chave seletora "manual-automático", que na posição manual habilitará o comando pelos referidos botões. Haverá também uma chave seletora que permita a comutação das bombas principal e reserva, de maneira a garantir a possibilidade de balancear o tempo de operação das bombas, diminuindo assim seu desgaste.

No painel local serão providas sinalizações (supervisões) de níveis do poço e sinalização de estado operacional da bomba (ligada ou desligada).

Para o Sistema Digital de Supervisão e Controle serão encaminhados (supervisão remota), através do Painel de Supervisão e Controle dos Serviços Auxiliares, o sinal do transdutor de nível instalado no poço de drenagem correspondente ao range de níveis no sistema, com alarme para nível muito baixo, nível muito alto e nível de água no poço. Serão enviados sinais correspondentes às ações de partida e desligamento das bombas. Haverá também indicação de posição da chave "manual-automático" como sinal discreto oriundo do Painel de Comando Local.

O sistema de drenagem contará com uma tubulação extravasora, que conduzirá as águas de drenagem para o poço de esgotamento em caso de vazões acima das previstas, desta forma, as bombas do poço de esgotamento poderão atuar auxiliando a drenagem da Casa de Força em situações extraordinárias. Este extravasor será dotado de válvula de retenção e válvula borboleta de acionamento automático, intertravada com uma chave de posição que indicará o estado de abertura/fechamento das tampas de acesso ao poço de esvaziamento.

O sistema está representado no fluxograma 1557-MC-B-DE-G33-0001 - Sistema de Drenagem.

Sistema de Esgotamento e Enchimento das Unidades

O sistema esvaziamento deverá ser utilizado para esvaziar e manter vazio durante serviços de manutenção, todo o circuito hidráulico de cada Unidade Geradora, até a comporta do Tubo de Sucção. O esvaziamento deverá ser feito através de uma tubulação embutida, que descarregará a água diretamente no poço de Esvaziamento. Deste poço, a água será bombeada

para o Canal de Fuga, acima do N.A. Máximo *Maximorum* de jusante, através de tubulação de recalque.

O sistema deverá ser dimensionado para esgotar a água de 1 (uma) unidade, em 4 (quatro) horas, considerando o N.A. Máximo Normal no Canal de Fuga e o funcionamento simultâneo de 2 bombas. O sistema deverá manter a unidade vazia enquanto for necessário. Deverá ser computado, no dimensionamento do Sistema, o vazamento nas comportas (montante e jusante) da ordem de 0,1l/s por metro linear de vedação.

As válvulas de esvaziamento dos tubos de sucção serão de acionamento manual e serão instaladas a montante das caixas espirais.

Deverão ser previstas 02 bombas iguais, com respectivas tubulações de recalque, medidores de nível e um painel de controle. As bombas deverão ser do tipo submersíveis.

O poço deverá ser estanque dotado de tampas com chaves de posição, escada para acesso ao fundo e tubo de aeração com saída acima do N.A. Máximo *Maximorum* do Canal de Fuga. A laje superior do poço deverá ter aberturas para içamento das bombas, em caso de manutenção destas. Deverá ser prevista uma terceira abertura, para instalação de outra bomba igual às demais.

Além das bombas, deverão ser instalados, no poço, dois medidores de nível, sendo um principal e retaguarda, para comando de partida e parada das bombas e alarmes de nível alto no poço. O painel de controle deverá contar com todos os elementos necessários ao comando, controle e sinalizações, inclusive uma chave comutadora, que permitirá selecionar o modo de operação das bombas: “manual”, “automático” e “fora de operação”.

Haverá uma interligação do poço de drenagem com o poço de esgotamento, que permitirá extravasar água de drenagem para o poço de esgotamento em caso de necessidade. Esta interligação será dotada válvula de bloqueio, situada no piso da Casa de Força que deverá ser obrigatoriamente fechada quando uma unidade estiver em operação de esgotamento. Além disso, contam com válvulas de retenção de forma a impedir o fluxo de água do poço de esgotamento para o poço de drenagem.

O poço de esgotamento e o Tubo de Sucção deverão possuir tubulações de aeração, para as operações de enchimento e esvaziamento das unidades.

A base dos sensores de nível e as escotilhas de acesso ao poço e de passagem das bombas deverão ser do tipo estanque, caso estes acessos sejam via interior da Casa de Força.

O sistema está representado no fluxograma 1557-MC-B-DE-G34-001 - Sistema de Esgotamento.

Sistema de Resfriamento

O sistema de água de resfriamento tem a finalidade de fornecer água filtrada para retirar o calor proveniente das perdas térmicas das unidades através dos trocadores de calor dos mancais, do sistema de pressão do regulador, vedações dos eixos e água de serviço da Casa de Força.

O Sistema de Água de resfriamento funcionará por gravidade e deverá contar com três tomadas de água a montante das unidades geradoras, seguidas de três filtros de limpeza automática, alimentando um coletor para distribuição geral. A partir do coletor principal deverão ser alimentados os Sistemas de Resfriamento, de Vedação da Turbina e de Água de Serviço.

A capacidade deverá ser definida de acordo com a necessidade da unidade geradora, do sistema de combate a incêndio e água de serviço. Cada filtro deverá ter capacidade de 1,5 vezes a capacidade de consumo de uma (01) unidade mais o sistema de água de serviço.

Os filtros deverão ser do tipo automático, com retrolavagem e grau de filtragem da ordem de 0,76 mm. O fabricante das turbinas deverá fornecer filtros e bombas centrífugas suplementares adequando a água disponível dentro dos parâmetros requeridos para o Sistema de Vedação do Eixo, caso necessário.

Deverá ser previsto um Painel de Controle, onde serão instalados todos os elementos necessários ao comando, controle e sinalizações, inclusive uma chave comutadora, que permitirá selecionar o modo de operação das bombas: “manual”, “automático” e “fora de operação”. O filtro deverá ter painel de comando local com possibilidade de indicar pressão de jusante no SDSC.

Toda a água utilizada no Sistema de Resfriamento das Unidades Geradoras deverá ser descarregada diretamente no Canal de Fuga, acima do N.A. Máximo *Maximorum*.

Cada unidade geradora contará com uma válvula de isolamento principal que será acionada remotamente, e interromperá o fluxo pelos trocadores de calor quando a unidade não estiver em operação.

O filtro deverá ter instrumentação para disponibilizar informações locais e remotas assim como para seu adequado funcionamento.

Para o Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) serão encaminhados (supervisão remota), via painel de supervisão de serviços auxiliares da Casa de Força, sinais individualizados de filtro sujo, de filtro em limpeza e de falha no filtro.

O acionamento das válvulas de isolamento de água de resfriamento das unidades será tanto manual como pelo Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC), através da Unidade de Aquisição de Dados e Controle instalada no respectivo Painel de Proteção e Controle da Unidade.

O sistema está representado no fluxograma 1557-MC-B-DE-G35-001 - Sistema de Resfriamento.

Sistema de Água de Serviço

O Sistema de Água de Serviço deverá ser um subsistema do Sistema de Água de resfriamento. Este sistema abastecerá de água filtrada os serviços gerais da Casa de Força e sistema de água potável (se aplicável).

A tubulação principal do Sistema de Água de Serviço se estenderá pela Casa de Força, abastecendo tomadas com engate rápido para conexão de mangueiras, além dos demais consumidores citados acima. Essas tomadas

PCH MACAÉ

serão localizadas sempre ao lado de uma tomada de ar comprimido de serviço.

De um modo geral, as águas servidas, provenientes deste sistema, deverão ser drenadas, pelas canaletas, para o Sistema de Drenagem Interna da Casa de Força.

Sistema de Proteção Contra Incêndio

Este sistema tem por finalidade combater incêndios nas instalações e nos equipamentos da usina, incluindo as instalações prediais e demais locais que necessitem de proteção.

Será composto basicamente de extintores e sistema de hidrantes.

Para proteção geral das instalações, serão distribuídos pelos diversos ambientes da usina extintores portáteis e/ou sobre rodas.

O sistema de proteção contra incêndio por extintores, portáteis e/ou sobre rodas, deve ser projetado considerando-se a classe de risco a ser protegida e respectiva área, a natureza do fogo a ser extinto, o agente extintor a ser utilizado, a capacidade extintora do extintor e a distância máxima a ser percorrida.

O sistema de hidrantes deverá ser do tipo fixo, entrando em funcionamento através da abertura manual de qualquer hidrante.

Todas as informações destinadas à supervisão remota serão enviadas ao sistema de aquisição de dados, através de contatos secos, livres de tensão.

O sistema de hidrantes será constituído basicamente por tomadas de captação de água bruta a montante dos filtros no sistema de água de resfriamento da Usina, tubulações, rede de projetores, redes de detectores por água e instrumentação para controle. Estes sistemas possuirão um filtro tipo cesta duplo de acionamento manual, para fornecimento de água filtrada para os sistemas de hidrantes.

Todos os alarmes deverão ter sinalização no Quadro de Alarme de Incêndio. Todas as informações destinadas à supervisão remota (sala de controle) deverão ser enviadas ao SDSC, através de contatos secos, livres de tensão.

A necessidade de pressurização do sistema de nebulização e de hidrantes, através de conjunto de bombas centrífugas será determinado no projeto executivo.

O sistema está representado no fluxograma 1557-MC-B-DE-G36-001 - Sistema de Combate a Incêndio.

Sistema de Água Potável

O Sistema de Água Potável será abastecido a partir de um poço artesiano (ou ETA) a ser perfurado próximo da Casa de Força.

A tubulação de recalque, desde o poço até as Caixas D'água está incluída no presente escopo de fornecimento, com conexões, válvulas de bloqueio e válvulas de boia.

Encontra-se ainda no escopo o fornecimento de 2 (dois) reservatórios da água potável em PVC reforçado com fibra de vidro com capacidade de 1000 litros cada.

As tubulações de distribuição de água potável, entre os reservatórios até os consumidores da Usina serão em PVC rosqueadas com conexões de ferro maleável galvanizado.

Opcionalmente a água para consumo humano poderá ser fornecida através de bebedouros dotados de galões de 20 litros.

O sistema está representado no fluxograma 1557-MC-B-DE-G37-001 - Sistema de Água Potável.

Sistema de Separação Água e Óleo

O sistema de separação água/óleo é responsável pela coleta, drenagem e separação de óleo isolante e lubrificante da água, produto do incêndio e conseqüentemente da ruptura do fusível do reservatório de óleo dos transformadores e de vazamentos de óleo no interior da Casa de Força.

Para os transformadores, as bacias coletoras possuirão, em sua parte superior, uma grelha metálica suspensa para permitir a estocagem de pedra britada e, na sua parte inferior, um volume útil destinado a armazenar parte do óleo que venha a ser derramado, no caso de sinistro. A finalidade da camada de pedras britadas é abafar o fogo proveniente do óleo incandescente, quando este é forçado a infiltrar-se pelas mesmas.

Para o sistema da Casa de Força, as drenagens serão conduzidas através de tubulações por gravidade para o tanque separador e posteriormente para o poço de drenagem, de onde, será descartada a jusante da usina. Após a separação, o óleo ficará armazenado em um tanque apropriado com uma chave de nível para sinalizar a necessidade de coleta deste óleo e uma abertura para utilização de bomba portátil.

O tanque separador água/óleo possuirá os seguintes componentes:

- Câmara de Entrada – Esta câmara possui a função de reduzir a turbulência na entrada da mistura de água/óleo;
- Câmara de Separação – Esta câmara tem a função de separar a mistura água/óleo através da sua diferença de densidade, ela é dimensionada de acordo com os critérios da norma API 421 que levam em consideração fatores de turbulência e curto-circuito do sistema, além dos demais critérios de projeto;
- Câmara Armazenadora de Óleo – Tanque onde fica armazenado o óleo separado para posterior coleta;
- Câmara Niveladora e de Saída de Água – Nesta câmara sairá a água separada do óleo. Esta câmara conta com um Vertedouro e uma válvula com bóia, que tem a finalidade de manter um selo de água dentro do tanque separador, para que a mistura de água/óleo não passe diretamente pela câmara separadora (na ausência do selo de água) e seja descarregada a jusante.

Para o Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) será encaminhado (supervisão remota) um sinal de nível alto no tanque de óleo.

O sistema está representado no fluxograma 1557-MC-B-DE-G38-001 Sistema de Separação Água/Óleo.

Sistema de Esgoto Sanitário

A finalidade do sistema de esgoto sanitário é coletar, tratar e descartar os efluentes líquidos de todas as áreas sanitárias e afins do banheiro e da copa da Casa de Força.

Será composto basicamente por uma rede de coleta de esgoto, incluindo sifões, ralos sifonados, ralos secos, ponto de inspeção e caixa de gordura (exclusivamente para o efluente da copa), que conduzirão, por gravidade, todo o efluente sanitário, proveniente da Casa de Força, para uma estação tratamento de esgoto, instalada externamente à Casa de Força.

O tratamento do esgoto sanitário será composto por uma fossa séptica que fará a recepção dos efluentes, seguida de um filtro anaeróbico e uma vala de infiltração - sumidouro. O projeto do sistema de esgoto sanitário deverá atender as exigências das normas ABNT NBR 7229, NBR 8160, NBR 13969 e NR-24.

O sistema está representado no fluxograma 1557-MC-B-DE-G39-001 - Sistema de Esgoto Sanitário.

Não haverá nenhum tipo de supervisão sobre este sistema.

Sistema de Ar Comprimido de Serviço

O sistema de ar comprimido de serviço será composto basicamente por 02 (dois) compressores de ar do tipo estacionário, alternativo, de deslocamento positivo, acionados por motor elétrico, de uso industrial, trabalhando entre as pressões máxima de 8,0 bar e mínima de 6,0 bar, com reservatórios acoplados.

Será instalada uma rede principal de distribuição de ar comprimido a partir dos reservatórios dos compressores, alimentando o sistema de frenagem do gerador, as válvulas dos filtros retro laváveis do sistema de água de resfriamento e de serviço e pontos de engate rápido para equipamentos de manutenção, como esmerilhadora, bico de limpeza, pistola de pintura, lixadeira, aparafusadeira, entre outros.

Os pontos de tomada de ar de serviço, distribuídos por todos os ambientes da Casa de Força, terão válvula esfera e engate rápido para mangueira.

A alimentação do compressor será oriunda do quadro de distribuição de cargas gerais da Casa de Força.

O sistema de ar comprimido de serviço da Casa de Força será projetado para operação "stand alone".

Para o Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) serão encaminhados (supervisão remota), através do Painel de Comando Local (PCL) dos serviços auxiliares da Casa de Força, o sinal do transdutor de pressão instalado no compressor correspondente ao range da pressão no sistema.

O sistema está representado no fluxograma 1557-MC-B-DE-G40-001 - Sistema de Ar Comprimido.

Sistema de Ar Condicionado

O sistema de ar condicionado terá o objetivo de assegurar condições adequadas aos ocupantes e equipamentos locados no interior da sala de controle da Casa de Força, através do controle da temperatura, distribuição e renovação do ar. O sistema será composto por condicionadores tipo “split” com unidade evaporadora de teto e unidade condensadora de parede instalada na área externa adjacente. Por se tratar de uma unidade isolada, a renovação de ar se processará por conjunto renovador de ar com veneziana instalada na parede da sala de controle.

O sistema está representado no fluxograma 1557-MC-B-DE-G41-001 - Sistema de Ar Condicionado.

Não haverá nenhum tipo de supervisão sobre este sistema, além da disponível no aparelho de ar condicionado.

Sistema de Ventilação

O sistema de ventilação fará a renovação do ar nos vários ambientes da Casa de Força para proporcionar as condições adequadas de operação dos equipamentos eletromecânicos e conforto e segurança para os ocupantes.

A exaustão do ar aquecido do interior da Casa de Força será feita através dos ventiladores dos geradores e de venezianas localizadas na cobertura da Casa de Força. Para a sala de baterias será respeitado o limite de concentração de 3% de concentração do hidrogênio.

A sala de bateria deverá ter ventilação forçada com dois exaustores, sendo um reserva, instalados na parede externa da sala com motor a prova de explosão. Alternativamente, dependendo do tipo de baterias utilizado, deverá ser substituído o sistema de ventilação por sistema de ar condicionado.

Para a Sala elétrica será fornecido um sistema de exaustão e troca de ar de forma que a diferença de temperatura interna e externa não exceda em 5°C.

O projeto, os equipamentos, a instalação e os testes do Sistema estarão de acordo com as últimas edições das normas da ASHARE, da SMACNA e da ABNT.

O sistema está representado no fluxograma 1557-MC-B-DE-G43-001 - Sistema de Ventilação.

Sistemas de Medições Hidráulicas

O Sistema de Medições Hidráulicas tem por finalidade medir os níveis de água de montante (reservatório), Chaminé de Equilíbrio, nível de jusante (Canal de Fuga), detectar as perdas de cargas nas grades da Tomada de Água e detectar o equilíbrio de pressões nas comportas da Tomada de Água.

Um medidor de nível do tipo Limnómetro deverá ser instalado no Reservatório e outro no Canal de Fuga, para registrar as variações dos respectivos níveis d'água, indicá-las no local e transmiti-las através de sinal 4-20mA ao SDSC. Os aparelhos ficarão o mais afastado possível de locais onde deverá haver sensível variação de nível, tais como na entrada do circuito hidráulico e na

saída dos tubos de sucção. Abrangerão toda a variação de N.A. possível, isto é, do N.A. Máximo *Maximorum* ao N.A. Mínimo Normal, tanto no Reservatório como no Canal de Fuga. Para a instalação desses aparelhos, deverão ser previstas tubulações embutidas e expostas, que permitirão, não só a sua instalação, como também a sua limpeza e manutenção.

A detecção de perdas de cargas nas grades da Tomada de Água terá por finalidade detectar o grau máximo aceitável, preestabelecido, de obstrução das aberturas das grades por detritos, através comparação do nível de montante com o de jusante e transmitir esta informação, através de sinal 4-20mA, ao SDSC. Para tanto, deverá ser utilizado medidor de nível do tipo piezométrico localizado a jusante das grades, em comparação com o nível de montante obtido com a leitura do nível do reservatório.

A detecção do equilíbrio de pressão nas Comportas da Tomada de Água terá por finalidade detectar o equilíbrio entre o nível de montante e o nível de jusante das comportas, quando estas estiverem posicionadas para o fechamento de qualquer um dos tubos de sucção, permitindo a liberação da retirada delas. Para tanto, deverão ser utilizados medidores de nível do tipo piezométricos para indicação local e remota.

O sistema está representado no fluxograma 1557-MC-B-DE-G44-001 - Sistema de Medições Hidráulicas.

5.5. EQUIPAMENTOS E SISTEMAS ELÉTRICOS

5.5.1. Geradores e Equipamentos Associados

Deverão ser fornecidos 2 (dois) geradores em corrente alternada, síncrono, trifásico, ligação em estrela, com neutro aterrado, eixo horizontal, com arranjo de mancais para acoplamento direto à turbina hidráulica, tipo Francis Eixo Horizontal, com carenagem fixada ao concreto, com sistema de ventilação interna e externa do gerador do tipo aberto (auto-ventilado), e sistema de excitação do tipo “brushless”.

O projeto, a fabricação e o desempenho dos geradores e equipamentos associados atenderão aos requisitos do submodulo 3.6 do módulo 3, em sua última revisão, dos Procedimentos de Rede do ONS.

O gerador e seus equipamentos associados deverão ser projetados para um ciclo diário de partida e parada. Os geradores e todos os seus componentes e acessórios deverão ser idênticos entre si e suas partes deverão ser intercambiáveis.

Cada gerador e equipamentos associados deverão ser constituídos basicamente de:

- Gerador síncrono completo, de eixo horizontal, com sistema de ventilação interna e externa do gerador do tipo aberto (auto-ventilado), dotados de bases de apoio, chumbadores para o estator, mancais e bases, elementos de acoplamento ao eixo e/ou roda da turbina;
- Sistema de frenagem completo acoplado ao eixo da unidade;

PCH MACAÉ

- Equipamentos de aterramento do neutro do gerador;
- Equipamentos de proteção contra surtos e transformadores de potencial instalados em cubículo do tipo “Metal-Clad”.
- 6 (seis) cubículos de média tensão, sendo 3 (três) para as unidades geradoras (uma para cada), 2 (dois) para os transformadores de serviços auxiliares, 1 (um) cubículo para o transformador elevador;
- Transformadores de corrente para proteção, controle e supervisão;
- Instrumentos, sensores e dispositivos de supervisão dos equipamentos associados;
- Sistema de monitoramento contínuo de temperatura dos geradores com todas as interfaces necessárias a supervisão remota;
- Cubículos e painéis de interface e de comandos locais.

Segue abaixo as características principais de cada gerador:

| | |
|---|-------------------------------------|
| Quantidade | 3 |
| Potência nominal..... | 6556 kVA |
| Tensão nominal..... | 13800 Vef |
| Frequência nominal..... | 60 Hz |
| Fator de potência | 0,90 (indutivo) |
| Faixa de variação de tensão | - 10% / + 5% |
| Tipo de ligação..... | Estrela aterrada |
| Rotação nominal | Conforme rotação nominal da turbina |
| Número de polos..... | Conforme rotação nominal |
| Distorção harmônica máxima | 5% |
| Rendimento nominal mínimo (FP nominal) | 97% |
| Sobrecarga de longa duração (1h) | 1,1 |
| Sobrecarga momentânea (30 s) | 1,5 |
| Classe de isolamento do estator / rotor | F |
| Temperatura | 40 °C |
| Temperatura no enrolamento do estator (ponto mais quente) | 80° C |
| Temperatura no enrolamento do rotor (temperatura média) | 80° C |
| Temperatura no metal do mancal guia | 80° C |
| Temperatura no óleo do mancal guia | 65° C |
| Forma construtiva | Eixo horizontal |
| Grau de proteção da carcaça | IP 21 |
| Sistema de refrigeração | IC 21 |
| Nível máximo de ruído | 80 dB(A) |
| Enrolamento amortecedor | Sim |
| Vibração máxima em operação..... | 2,3 mm/s |
| Sobrevelocidade (600s) | 2,8 |

Tipo de acoplamento..... Direto
Sentido de rotação Conforme fabricante

As perdas nos geradores serão medidas pelo método calorimétrico, em conformidade com a Norma IEEE Std. 115 e deverão ser informadas pelo fabricante em sua documentação definitiva de fornecimento.

Capacidade de suportar curto-circuito e desequilíbrio permanente de corrente de acordo com os requisitos da ANSI C-50.12.

Rigidez dos mancais tal que os níveis de vibração atendam a VDI 2056.

Os geradores deverão ser projetados, fabricados e testados de forma que o valor mínimo, sem considerar tolerâncias inferiores, requeridas para o rendimento de cada gerador a 100% da carga nominal com fator de potência nominal é de 98%, aplicando-se as normas IEEE 115 ou IEC 60034-2 na sua determinação.

Os geradores isolados em classe F deverão operar nas condições de potência, fator de potência e tensão nominais, utilizando como limite a elevação de temperatura referida para classe B, de acordo com os valores apresentados na norma ANSI C50.12.

O Fornecedor deverá desenvolver e submeter à aprovação a análise de velocidades críticas, onde deverão ser consideradas todas as massas, a flexibilidade dos mancais inclusive a do óleo, o empuxo magnético desbalanceado do gerador e as forças radiais não equilibradas e torques pulsantes que atuem no rotor da turbina.

Deverão ser computadas as frequências naturais relativas aos diversos estados de carga considerados, discriminando a flexional direta de 1ª ordem, a torcional e as correspondentes composições paramétricas.

A velocidade crítica da parte girante deverá se situar acima da velocidade máxima de rejeição de carga, com afastamento igual ou maior que 25% dessa velocidade e da velocidade de disparo da unidade.

Todas as peças e componentes do gerador deverão ser projetados e construídos para suportar com segurança as tensões e temperaturas resultantes da operação na velocidade de disparo durante um período de pelo menos 5 (cinco) minutos, sem necessidade de qualquer serviço subsequente de reparo.

A partida de uma unidade geradora não deverá exigir nenhuma fonte de energia auxiliar além da alimentação da excitação.

A unidade geradora deverá poder ser operada localmente, em emergência, através de controle local e em condições normais, operadas remotamente através do sistema de controle digital, instalado na Sala de Controle Central.

No final do período de garantia, antes do seu término, o Fornecedor deverá executar medidas das dimensões registradas no controle durante a montagem na obra, para verificar as eventuais deformações ou deslocamentos ocorridos durante a operação. Além disso, irá verificar as superfícies deslizantes de segmentos dos mancais, conexões entre polos,

PCH MACAÉ

cunhagem de enrolamento do estator e outras partes consideradas críticas. Estas instruções deverão fazer parte do manual de manutenção do gerador.

Deverão ser fornecidos todos os materiais, componentes, acessórios, equipamentos e serviços que forem necessários para o perfeito funcionamento dos geradores e seus equipamentos associados.

Mancais

O rotor do gerador deverá ser suportado por mancais do tipo bucha, com casquilhos bipartidos permitindo a inspeção e remoção sem a necessidade da retirada do gerador do local de instalação. Os mancais deverão ser montados na base de apoio, que deverá ser chumbada ao concreto para conservar o alinhamento e nivelamento entre os eixos do gerador e da turbina.

Os níveis de vibração dos mancais não deverão exceder os limites definidos pela VDI 2056.

O mancal do lado não acoplado deverá ser isolado de forma a garantir a não circulação da corrente induzida no eixo do gerador.

Os mancais deverão operar continuamente sem danos ou avarias em velocidades compreendidas entre 0 e 150% (zero e cento e cinquenta por cento) da rotação nominal. Estes deverão também funcionar corretamente durante a velocidade de disparo e com velocidades compreendidas entre 5 e 50% da nominal.

Deverá ser fornecido sistema de lubrificação de emergência para a lubrificação dos mancais que será do tipo forçada conectada a unidade hidráulica de lubrificação fornecida juntamente com a turbina.

As superfícies de deslizamento devem garantir a circulação de óleo nas zonas de contato entre as partes estacionária e móvel do mancal direcionando o ingresso de óleo frio e a ejeção do óleo aquecido para o sistema externo de resfriamento.

A superfície de deslizamento radial do mancal escora deverá ser lubrificado continuamente através de um sistema dual de injeção de óleo de modo a garantir filme de óleo mesmo na perda de pressão de óleo da bomba principal.

Deve ser previsto o ajuste da folga e de alinhamento através de dispositivo efetivo e seguro com travamento e marcação da posição de ajuste localizado na carcaça do mancal.

O tipo de óleo lubrificante dos mancais deverá ser o mesmo para todo o fornecimento das unidades. Desta forma deverá haver coordenação com o fabricante da turbina, para que o mesmo óleo adotado para os geradores, também seja utilizado nos correspondentes mancais da turbina.

O óleo utilizado para lubrificação dos mancais deverá ser de fácil aquisição no Brasil.

Instrumentação do Gerador

Os dispositivos inerentes ao controle e supervisão das unidades geradoras deverão ser compatíveis com o sistema de automação digital da PCH e toda a instrumentação do gerador deverá ser projetada e fornecida com instrumentos, dispositivos de proteção, controle, alarme e rearmes, de forma a possibilitar a operação remota da unidade geradora através da sala de comando da PCH.

O Fornecedor poderá propor instrumentos adicionais, conforme seu padrão, desde que os mesmos preencham no mínimo as exigências dos requisitos mencionados na Especificação Técnica específica do gerador.

5.5.2. Sistema de Excitação

O sistema de excitação deve ser do tipo “brushless” e o regulador de tensão deverá ser do tipo digital. Deverá estar apto a operar normalmente integrado, através de canais de comunicação digitais, aos níveis superiores do Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) da PCH.

O sistema de excitação poderá ser apresentado com excitação “Brushless” e alimentação via excitatriz auxiliar (PMG), porém opcionalmente, pode-se apresentar sistema do tipo estático com os retificadores alimentados através de um transformador trifásico para a função de excitação, conectado diretamente aos terminais do gerador.

O desempenho do Sistema de Excitação deverá atender aos requisitos descritos no item 7.3 do Submódulo 3.6 dos Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), em sua última revisão.

Deverá ser fornecido notebook com todos os softwares do sistema de excitação. Os softwares deverão ser fornecidos com licenças para operação completa e edição de todos os parâmetros do regulador.

5.5.3. Regulador de Tensão

Será projetado e fornecido para operação individual de cada gerador, 1 (um) regulador automático de tensão digital.

O regulador automático de tensão é um dispositivo eletroeletrônico que controla o nível de tensão no terminal do gerador, e deve estar localizado no painel de excitação.

O sistema de regulação deverá ser adequado para ser interligado ao SDSC (Sistema Digital de Supervisão e Controle), o qual controlará a operação conjunta ou individual das unidades.

O regulador deverá possuir as seguintes funções padrões, além das demais funções necessárias para o funcionamento correto do regulador de tensão não citadas abaixo:

- Regulador de tensão, regulador de fator de potência e regulador de potência reativa com algoritmo PID;
- Regulador de corrente de excitação com algoritmo PI;

PCH MACAÉ

- Valores digitais de referência interno;
- Transferência entre todos os modos de operação sem surtos;
- Função soft-start;
- Limitador Voltz/Hertz;
- Detecção de subtensão;
- Limitador de corrente de excitação mínima;
- Limitador de corrente máxima de excitação em três níveis temporizados (dependente da temperatura)
- Limitador de corrente reativa em função da potência ativa (P/Q);
- Limitador da tensão do estator;
- Limitador de corrente do estator (dependente da temperatura);
- Distribuição de potência reativa Mestre/Escravo
- Detecção de subtensão para disparar uma corrente externa e suportar curtos-circuitos;
- Controle da tensão de saída em loop aberto, para fins de teste;
- Função teste de degrau integrada;
- Modo Stand-by para o sistema de canal redundante;
- Sinais de Alarmes e Trip.

5.5.4. Transformador Elevador

A PCH conterá 1 (um) transformador elevador, alimentado pelo cubículo CTE-01 do barramento das unidades geradoras, para elevar a tensão de 13,8 kV para 138 kV, tensão de transmissão da PCH.

O transformador deverá ser do tipo trifásico, com enrolamentos imersos em óleo mineral isolante, resfriados por meio de circulação de ar-óleo e refrigeração por meio de ventilação normal (ONAN), dotado de conservador de óleo e comutador de derivações sem carga e adequado para instalação externa.

O transformador será fornecido com rodas.

Potência nominal, em serviço contínuo, será de 18/22 MVA (ONAN/ONAF), operando em qualquer tensão na faixa do comutador sem carga de +/- 2x2,5%.

As buchas de tensão inferior, serão instaladas em caixa lateral própria para conexão das muflas terminais dos cabos de 13,8 kV.

As buchas de tensão superior, deverão ser condensivas e instaladas na parte superior do tanque do transformador, com isolação externa em porcelana

PCH MACAÉ

vitrificada, completas, incluindo conectores para ligação ao circuito externo da SE 138 kV.

Na potência nominal, a impedância entre os enrolamentos de alta e baixa tensão não deverá ser superior a 12%.

Características Principais:

- Enrolamento de Alta Tensão
 - Tensão nominal..... 138 kV
 - Ligação..... Estrela aterrada
 - Isolamento..... Uniforme

- Tensões suportáveis no terminal de linha à:
 - impulso atmosférico pleno 550 kV
 - à frequência industrial, 1 minuto 230 Kv

- Tensões suportáveis no terminal de neutro:
 - a impulso atmosférico pleno 110 kV
 - à frequência industrial 34 kV

- Enrolamento de Baixa Tensão
 - Tensão nominal..... 13,8 kV
 - Ligação..... Triângulo
 - Isolamento..... Uniforme

- Tensões suportáveis:
 - a impulso atmosférico pleno 110 kV
 - à frequência industrial, a seco, 1 minuto..... 34 kV

- Limites de elevação de temperatura, considerando temperatura ambiente de 40 °C:
 - Média dos enrolamentos medida pelo método de variação de resistência 65 °C
 - Ponto mais quente dos enrolamentos..... 80 °C
 - Óleo isolante, medida por termômetro no topo do tanque 65 °C
 - Partes metálicas em contato ou adjacentes à isolação..... 65 °C

PCH MACAÉ

Os valores de elevação de temperatura média do enrolamento e do ponto mais quente não serão excedidos para as condições mais severas de frequência, tensão e carga e devem estar de acordo com a NBR 5356.

- Impedância percentual estimada $\leq 8\%$
- Nível de ruído audível 73 dB
- Deslocamento angular dYN1

Os transformadores de potência deverão ser fornecidos completos, com todos os materiais, componentes, acessórios, equipamentos e serviços que forem necessários para o seu perfeito funcionamento, facilidades na manutenção como indicadores e dispositivos de içamento.

5.5.5. Transformador de Serviços Auxiliares

Estão previstos dois transformadores de serviços auxiliares alimentados a partir de uma derivação dos cubículos CMT-SA1 e CMT-SA2, provindos das unidades geradoras, como pode ser observado no desenho 1557-MC-B-DU-C61-0001. Cada transformador deverá ter potência suficiente para alimentar todas as cargas dos sistemas auxiliares da PCH.

Os transformadores são para uso interno, instalados dentro de painéis metálicos com IP23, isolados a seco (epóxi), resfriamento natural (AN). O grupo de ligações será Dyn1, a relação de transformação será de 13800-380 V e a potência será de 225 kVA (a ser confirmada durante o projeto executivo) para cada transformador.

As características elétricas gerais do transformador são as seguintes:

- Tensão nominal do enrolamento primário 13,8 kV
- Tensão nominal de enrolamento secundário 380/220 V
- Isolamento Epoxi (seco)
- Potência nominal 225 kVA (**)
- Frequência nominal 60 Hz
- Comutador de taps s/ carga (secundário) $\pm 4 \times 1,25\%$
- Grupo de conexão Dyn11
- Tensão suportável a frequência industrial no primário (1 min.) 34 kV
- Tensão suportável a impulso atmosférico no primário (Pleno) 110 kV
- Tensão suportável a impulso atmosférico no primário (Cortado) 121 kV
- Tensão suportável a frequência industrial no secundário (1 min.) 4 kV
- Tensão suportável a frequência industrial no neutro (1 min.) 4 kV

** A potência do transformador deverá ser confirmada e/ou redefinida por memória de cálculo durante a elaboração do projeto executivo.

PCH MACAÉ

Devido à distância da Tomada de Água até a Casa de Força, está previsto um transformador elevador para alimentar os serviços auxiliares da Tomada d'Água, que elevará a tensão de 380V para 13,8kV. As características elétricas gerais do transformador são as seguintes:

| | |
|--|----------------------|
| Tensão nominal do enrolamento primário | 13,8 kV |
| Tensão nominal de enrolamento secundário..... | 380/220 V |
| Isolamento | Epoxi (seco) |
| Potência nominal..... | 75 kVA (**) |
| Frequência nominal..... | 60 Hz |
| Comutador de tapes s/ carga (secundário) | $\pm 2 \times 2,5\%$ |
| Grupo de conexão..... | Dyn11 |
| Tensão suportável a frequência industrial no primário (1 min.) | 34 kV |
| Tensão suportável a impulso atmosférico no primário (Pleno) | 110 kV |
| Tensão suportável a frequência industrial no secundário (1 min.) | 4 kV |
| Tensão suportável a frequência industrial no neutro (1 min.) | 4 kV |

** A potência do transformador deverá ser confirmada e/ou redefinida por memória de cálculo durante a elaboração do projeto executivo.

5.5.6. Sistemas Auxiliares Elétricos

Na PCH, será implantado um sistema auxiliar elétrico em corrente alternada, conforme mostrado nos desenhos nº 1557-MC-B-DU-G70-0001 e um sistema auxiliar elétrico em corrente contínua mostrado no desenho nº 1557-MC-B-DU-G75-0001.

5.5.6.1. Corrente Alternada

O Sistema de distribuição de corrente alternada deverá constar de um sistema de distribuição de cargas descentralizadas, sendo que o quadro de distribuição de cargas gerais em CA (QDCA-GR) será dividido em duas barras interligadas por um disjuntor de acoplamento, na tensão de 380/220V. Estes barramentos deverão ser alimentados através de disjuntores por um transformador de serviços auxiliares TSA-01 (alimentação proveniente dos geradores).

O QDCA-GR alimentará as cargas gerais da PCH, como a Subestação, unidades e contará com um transformador para elevar a tensão para alimentação para a Tomada de Água.

Como fonte de emergência, um gerador acionado por motor diesel será utilizado para manter todas as cargas essenciais da central funcionando, por um período mínimo de 24 horas, em caso de falta de tensão no sistema de alimentação. O gerador diesel será resfriado por radiador, com excitação tipo "Brushless", isolamento classe térmica "H" com painel de automatização na partida e parada, e uma potência estimada de 150 kVA.

O Sistema Auxiliar em Corrente Alternada deverá ter as seguintes características básicas:

| | |
|---|---------------------|
| Tensão nominal dos sistemas auxiliares (barramento) | 380/220 V |
| Frequência nominal..... | 60 Hz |
| Nos terminais das cargas são admitidas seguintes variações de tensão: | |
| Tensão máxima em operação normal (permanente) | 380 V + 10% (390 V) |
| Tensão mínima em operação normal (permanente)..... | 380 V – 10% (370 V) |
| Tensão mínima durante partida de motor..... | 380 V – 20% (360 V) |

5.5.6.2. Corrente Contínua

Os sistemas de proteção, de controle e das cargas elétricas de segurança da central serão supridos por um sistema em 125 Vcc, constituído de um banco de baterias seladas, dois carregadores/retificadores redundantes e um quadro de distribuição de cargas em 125 Vcc geral.

Esse sistema será responsável pela alimentação em corrente contínua da PCH.

Os carregadores/retificadores alimentarão o banco de baterias de acumuladores do tipo selada, 250Ah, 10h.

O banco de baterias terá capacidade para atender os picos de correntes dos serviços auxiliares em 125Vcc e no caso de falha ou falta de energia do carregador, atender ao ciclo de descarga do sistema em 125Vcc.

O retificador terá tensão de entrada 380V, trifásico, tensão de saída 125Vcc, será do tipo auto-ventilado, automaticamente regulado e fabricado apenas com componentes estáticos. O retificador irá manter em flutuação ou carregar a bateria, e ao mesmo tempo, fornece a corrente permanente dos serviços auxiliares, com tensão estabilizada e limitação de corrente.

Todos os componentes deste sistema serão dimensionados para atender a todas as cargas da central.

O Sistema Auxiliar em Corrente Contínua deverá ter as seguintes características básicas:

Tensões lado corrente-contínua – Funcionamento normal (carregador e baterias):

| | |
|---|----------------------------|
| Tensão nominal..... | 125 Vcc |
| Tensão máxima na carga (equalização)..... | 125 Vcc + 10% = 137,50 Vcc |
| Tensão máxima na carga (flutuação) | 125 Vcc + 5% = 131,25 Vcc |
| Tensão mínima nos terminais (carregador/baterias) ... | 125 Vcc – 10% = 112,50 Vcc |
| Tensão mínima na carga..... | 125 Vcc – 15% = 106,25 Vcc |

Tensões lado corrente-contínua - Final do ciclo de descarga das baterias (operação somente com baterias):

| | |
|--|----------------------------|
| Tensão mínima nos terminais das baterias | 125 Vcc – 15% = 106,25 Vcc |
| Tensão mínima nos terminais da carga..... | 125 Vcc – 20% = 100,00 Vcc |

PCH MACAÉ

Os cabos de interligação entre o carregador/baterias e as cargas serão dimensionados para respeitar este limite de queda de tensão.

5.5.7. Sistema de Aterramento, Iluminação, Tomadas e Vias de Cabos

5.5.7.1. Sistema de Aterramento

O sistema de aterramento será compreendido pela malha de aterramento da Casa de Força e pela malha de terra da Subestação.

O aterramento visa estabelecer condições adequadas à correta operação dos equipamentos eletromecânicos bem como segurança ao pessoal.

As malhas de terra deverão cobrir todas as áreas energizadas da central, onde houver equipamentos eletromecânicos em operação. Estas malhas devem ser interligadas às grandes massas metálicas localizadas em suas adjacências, ou seja, às carcaças dos equipamentos.

As referidas malhas serão compostas por Condutores de cobre nu, classe 3A e hastes de cobre-aço com bitola mínima de 5/8" e comprimento mínimo de 2,4 m, com caixas de medição.

Deverão ser instalados cabos de aterramento ao longo das canaletas, eletrocalhas e vias de cabos em geral. Estes cabos deverão ser interligados as malhas de terra embutidas no mínimo a cada 15,00 m.

5.5.7.2. Sistema de Iluminação e Tomadas

A PCH terá um sistema de iluminação e tomadas de uso geral, alimentado em 380/220 Vca em 60 Hz.

No piso das unidades geradoras deverão ser instaladas luminárias com lâmpadas vapor metálico. As demais áreas internas da Casa de Força deverão ter instaladas luminárias com lâmpadas fluorescentes. Nas áreas externas, tanto na Casa de Força quanto na Subestação e Tomada de Água serão utilizadas luminárias com lâmpadas vapor de sódio.

A central será atendida também por um sistema de iluminação de emergência alimentado por corrente contínua. O painel de iluminação de emergência deverá possuir um inversor, que irá receber corrente alternada do quadro QDCA-GR e corrente contínua do quadro QDCC-01 e QDCC-02. Na falta de tensão suprimento de energia, o inversor deve converter a corrente contínua advinda dos bancos de baterias em corrente alternada, e alimentar as cargas do quadro de distribuição de iluminação emergência.

As disposições das luminárias de emergência deverão estar distribuídas de acordo com as normas do corpo de bombeiros, ou seja, em escadas, corredores ou outros locais que possam oferecer risco ao trânsito de pessoas e que facilitem a manutenção em determinados locais.

5.5.7.3. Sistema de Vias de Cabos

O sistema de vias de cabos a ser implantada na central deverá atender as seguintes finalidades:

Proteção mecânica dos cabos instalados em seu interior.

Proteção contra interferências eletromagnéticas nos cabos elétricos sensíveis (sinais digitais, analógicos, etc), com a utilização de eletrocalhas fechada e/ou canaletas segregadas.

Facilidades de instalação e futuras manutenções com a utilização preferencialmente de leitos de cabos, pisos elevados com eletrocalhas, eletrodutos de aço tipo pesado aparentes, canaletas de cabos.

5.5.8. Sistema de Supervisão e Controle

O Sistema Digital de Supervisão e Controle – SDSC é responsável pela integração dos diversos equipamentos, assegurando um nível de operacionalidade conjunta e harmônica, realizando as funções de monitoração, comando, controle e proteção.

A filosofia de controle a ser adotada levará em conta a operação remota da usina (desassistida de operador), com a presença de um mantenedor na usina, trabalhando no horário administrativo. A operação remota, supervisionada 24 horas por dia, poderá ser executada por outra usina de grande porte próxima, subestação da rede de conexão assistida por operadores ou outro ponto a definir.

A arquitetura básica deste sistema está representada no desenho nº 1557-MC-B-DE-G79-0001 e será composta por todos os elementos de hardware e software necessários à realização das funções especificadas e está concebida como segue:

Nível 1: nível de controle local, realizado nos painéis.

Junto ao processo fica o nível identificado como nível 1 do SDSC.

Em cada unidade geradora o sistema de controle é constituído pelos Reguladores de Tensão e de Velocidade e pela Unidade de Aquisição de Dados e Controle (UAC), presentes nos painéis de Supervisão e Controle.

As UACs deverão ser sincronizadas via relógio GPS, através de comunicação serial ou via protocolo NTP (Network Time Protocol), de modo a incluir estampa de tempo nos pontos do SDSC (as UACs devem suportar protocolo do setor de energia capaz de transportar estampa de tempo). As UACs devem possuir interface Ethernet (não apenas para configuração) e interface serial RS-232/485. Deve ser prevista reserva técnica instalada de 10% dos pontos físicos do SDSC (entradas digitais, saídas digitais e entradas analógicas).

Os serviços auxiliares gerais formam unidades autônomas e independentes e serão supervisionados / comandados pela UAC de um painel de comando, pelo QDCA-GR e demais painéis de Serviços Auxiliares.

Nas unidades geradoras, os Reguladores e a UAC serão os responsáveis pela partida, parada e operação da unidade geradora.

A sincronização será executada pelos reguladores, SDSC e sincronizadores instalados no Painel de Proteção, Supervisão e Controle da unidade.

PCH MACAÉ

Está previsto um sistema de sincronização (sincronizador automático e verificador de sincronismo) para cada Unidade geradora que será executada com a tensão da barra no cubículo CTE.

Os equipamentos do nível 1 formam subsistemas funcionalmente autônomos e independentes entre si e do nível superior, no que se refere à execução das funções básicas de controle necessárias à operação correta e segura dos equipamentos associados.

A comunicação entre os reguladores e o SDSC será efetuada através de sinais individualizados, analógicos e binários (contatos secos) e, adicionalmente através de canais de comunicação seriais, utilizando protocolos de comunicação padronizados.

O nível 1 do SDSC deverá ser alimentado através das fontes de 125 Vcc.

Nível 2: nível de controle da usina, realizado no Centro de Operação Local da Usina (COL)

O nível identificado como nível 2, corresponde às funções centralizadas de supervisão e controle da usina.

Este nível caracterizado pela Estação de Operação, responsável pelo controle de toda usina e pelo gerenciamento da Base de Dados do SDSC. Esta Estação será instalada na sala de controle da usina.

Está previsto também um computador do tipo “notebook” para acesso direto as UAC’s do nível 1. O notebook deve possuir todo o hardware e software para operação, manutenção e configuração do SDSC (nível 3, nível 2, nível 1 e equipamentos de rede).

O nível 2 deverá ser alimentado em CA através de um sistema de alimentação ininterrupta (SAI), composto de inversor como fonte principal (energia proveniente do Sistema CC) e CA com transformador estabilizador como fonte alternativa (falha CC ou falha inversor). Deverá ser totalmente automático, com energia livre de transientes e perturbações.

Nível 3: nível do Centro Operação Remoto (COR). Esse nível estará fisicamente fora da usina e com autonomia de comandar e supervisionar a usina remotamente

A seleção do nível de controle pelo Centro de Operação Remoto ou pelo Centro de Operação Local será realizada diretamente nas estações de operação localizada nas respectivas salas de controle. O nível de controle local poderá ser selecionado apenas no painel da respectiva UAC e, uma vez selecionado, nenhuma operação de um nível superior sobre o referido painel poderá ser aceita.

As estações de Operação localizadas no COR e no COL possuirão as mesmas funcionalidades e características de desempenho. Dentre as funcionalidades, será considerado que a usina poderá ser totalmente controlada a partir das referidas estações de operação (local ou remoto), sendo desnecessária qualquer intervenção local nos painéis ou equipamentos.

Rede de Comunicação

PCH MACAÉ

As Estações de Operação do nível 2 se interconectará através de uma rede digital de comunicação de alta velocidade. Estão previstos Concentradores (Switches) ao qual estarão conectadas as UAC's, as Estações de Operação e a Impressora.

Os meios de comunicação entre as Estações de Operação e os equipamentos do nível 1 serão com cabos ethernet, I/O discretos e Modbus.

A rede utilizará o padrão IEEE 802.3, protocolo TCP-IP com velocidade de 10/100MBs.

O processador de comunicação (PRC) deverá comunicar-se com as UACs e com possíveis centros externos através de protocolos consolidados no sistema de energia, como DNP3.0, IEC60870-5-104 ou IEC61850, todos sobre TCP/IP. Caso seja necessário outro protocolo para atendimento dos procedimentos do agente de transmissão e/ou distribuição local, o mesmo deverá ser disponibilizado. O PRC deve coletar os dados diretamente das UACs, sem interferência com o nível 2 (uma falha do sistema local não pode inviabilizar a operação remota). O PRC deve ser semelhante com o nível 1 do empreendimento, em quesitos de hardware, confiabilidade e MTBF (não pode ser fornecido um equipamento tipo microcomputador para esta função).

O nível 2 terá meios de comunicação com sistemas computacionais externos.

O SDSC realizará no mínimo as seguintes funções de aplicação:

- Gerenciamento e controle da Barragem e reservatório;
- Partida Automática de Unidade Geradora;
- Controle Conjunto/Individual de Potência Ativa;
- Controle Conjunto/Individual de Potência Reativa;
- Parada Automática de Unidade Geradora;
- Controle do Conjunto de Manobras de interligação com o Sistema;
- Cálculo Estatístico sobre Equipamento do Processo;
- Geração de Relatórios;
- Supervisão e Comando dos Sistemas Auxiliares das Unidades;
- Supervisão da Proteção;
- Geração de Alarmes;
- Registro de Dados Históricos;
- Geração de Relatórios de Alarmes.

O comando de “parada de emergência” é independente do automatismo e do modo primário de comando, atuando diretamente na bobina de abertura do disjuntor do gerador, no fechamento do distribuidor e fechamento das comportas, por unidade.

Preveem-se as seguintes telas geradas no sistema de supervisão:

PCH MACAÉ

- Diagrama esquemático do fluxo hidráulico por unidade geradora;
- Diagrama do fluxograma dos sistemas auxiliares mecânicos por unidade geradora;
- Diagrama unifilar do circuito elétrico da planta;
- Diagrama unifilar do serviço auxiliar em corrente contínua e alternada;
- Supervisão da instrumentação da turbina, do gerador, dos níveis de montante e jusante, das bombas de drenagem, de esgotamento e de água de serviço;
- Supervisão dos equipamentos do sistema digital, (CLPs, remotas e LAN e segurança eletrônica);
- Função de alarme visual e sonoro;
- Elaboração, apresentação e arquivo de relatórios gerenciais (níveis de montante e jusante, energia elétrica gerada, interrupções programadas e forçadas, entre outras).

O mobiliário da sala de comando deve possuir no mínimo:

Um rack para acondicionamento de todos os equipamentos do nível 2 do SDSC (estações de operação, switch, GPS, entre outros);

Mesas em número suficiente para acondicionar os equipamentos do SDSC (monitores, impressora, entre outros, além de um computador administrativo; com pelo menos 2 poltronas (com atestado que atendam às exigências da NR-17) e dois armários.

Devem ser fornecidos todos os softwares para operação, manutenção e configuração de todo o SDSC (sistema operacional, base de dados, programas de suporte e desenvolvimento, programa de diagnósticos).

O sistema computacional deverá ser projetado em hardware e software de forma a suportar as funções de comandos, sequência de partida e parada, intertravamentos, aquisição de dados, gerenciamento do banco de dados, coleta e armazenamento de dados histórico, confecções de relatórios, manutenção, desenvolvimento e testes, e gráficos.

Deverão ser obrigatoriamente atendidas os procedimentos do agente de transmissão e/ou distribuição local.

A avaliação da disponibilidade funcional global do SDSC deverá ser feita num período móvel de 90 dias (ou seja: 2160 horas). O índice a ser atingido neste período será de 99,95%.

Deverão ser previstos cursos de operação, manutenção e configuração do SDSC.

PCH MACAÉ

Caso sejam necessários hardwares para comunicação externa (roteadores, switches, modem, etc), os mesmos deverão ser fornecidos.

O SDSC deverá utilizar tecnologia digital e os equipamentos fornecidos deverão ter comprovada utilização com sucesso em usinas similares, tanto em porte quanto em complexidade. A empresa integradora deverá ter comprovada experiência e capacidade técnica na implantação de sistemas de supervisão e controle em empreendimentos similares no setor elétrico nacional.

5.5.9. Sistema de Proteção

O subsistema de proteção destina-se a realizar a função de proteção dos diferentes componentes da instalação: geradores, transformadores elevadores e linhas.

As proteções são implementadas em um ou mais equipamentos com emprego de tecnologia de processamento digital numérico.

Preveem-se no mínimo as seguintes funções, segundo o padrão ANSI:

| Unidades Geradoras | |
|------------------------|---|
| Proteção | 24,25,27/59,40,32,46,51V,50/51,59N,67,81,50/62BF,87G,47,50/51N,21G,81,64G1-95%,64G2-100% |
| Medições | U, Hz, I, P, Q, S, FP, Energia, Demanda |
| Sincronismo | 25 |
| Serviços Auxiliares | |
| Proteção | 50/51,50/51N |
| Linhas de Transmissão | |
| Proteção | Principal: 67/67N,50/51,21,21N,25,60,50/62BF,27,85,78,59,46,87L,LFL,OSC. Retaguarda: 67,67N,50/51,50/51N,OSC. |
| Medições | MULTIMEDIDOR |
| Transformador elevador | |
| Proteção | 50/51, 50/51N, 87T, 87N, 50/62BF, OSC |

PCH MACAÉ

Defeitos:

Hidráulicos: afetam o sistema de regulação de velocidade ou turbinas e provocam a parada da unidade por defeitos hidráulicos, com rejeição de carga;

Elétricos de 1º nível: afetam os componentes elétricos do sistema, do gerador ou auxiliares levando a parada da unidade por defeitos elétricos com rejeição de carga.

Elétricos de 2º nível: afetam o funcionamento do sistema de regulação de tensão, levando ao estado de parada parcial com rejeição de carga.

Elétricos de 3º nível: afetam o funcionamento dos transformadores elevadores, levando ao estado de parada normal sem rejeição de carga.

Mecânicos: afetam os componentes mecânicos do sistema, do gerador ou auxiliares, levando à parada da unidade por defeitos mecânicos sem rejeição de carga.

Os sistemas de proteção podem ser observados nos desenhos 1557-MC-B-DU-G81-0001 para a proteção das unidades, e 1557-MC-B-DU-S81-0001 para proteção da Subestação.

O sistema de proteção da usina e da subestação se comunicará com o SDSC da usina.

5.5.10. Sistema de Telecomunicações

O Sistema de Telecomunicações da PCH tem por objetivo prover toda comunicação interna e externa à usina, com equipamentos e meios que permitam a comunicação de voz e dados e está prevendo os seguintes itens:

- Sistema de telefonia e comunicações internas;
- Sistema de transmissão digital (Switch gerenciável, interfaces ópticas e sistemas a satélite se aplicável);
- Rede interna de voz e dados.

O sistema de Telecomunicação será composto basicamente de multiplexadores, PABX, switches e sistema de alimentação. Deverá ser fornecido um painel autoportante para acondicionamento dos equipamentos do sistema (patch panels, DIOS, switch, roteadores, multiplexadores, PABX, entre outros).

Os swithes devem ser gerenciáveis e possuir funções de Layer 3 (roteamento) e portas ópticas para comunicação externa. Deverá possuir pelo menos 24 portas.

Os equipamentos fornecidos deverão ter comprovada utilização com sucesso em usinas similares, tanto em porte quanto em complexidade. A empresa integradora deverá ter comprovada experiência e capacidade técnica na implantação de sistemas de supervisão e controle em empreendimentos similares no setor elétrico nacional, devendo ainda os funcionários envolvidos serem qualificados para realização dos trabalhos de suas competências.

PCH MACAÉ

O projeto, as especificações técnicas e a proposta do fornecedor deverão ser apresentados para apreciação pelo Agente de Transmissão, de forma a verificar a adequação e compatibilidade ao seu Sistema de Telecomunicação. A instalação dos cabos ópticos nas subestações de conexão e a fixação de equipamentos nas salas de telecomunicação das subestações de conexão, dependem de consulta e aprovação do Agente de Transmissão.

Deverá ser fornecido um notebook, com todo o hardware e software para operação, manutenção e configuração do Sistema de Telecomunicação e Sistema de CFTV.

Todo cabeamento utilizado no empreendimento deverá ser certificado.

O sistema de alimentação será composto de dois conversores 125Vcc/48Vcc, com alimentação proveniente do sistema CC da usina.

Deverá ser previsto treinamento para operação, configuração e manutenção do Sistema de Telecomunicação.

O diagrama em blocos do sistema de telecomunicações pode ser observado no desenho de nº 1557-MC-B-DE-G82-0001.

5.5.11. Sistema de Circuito Fechado de TV (CFTV)

Está sendo previsto um CFTV, que ficará a cargo do empreendedor sua instalação.

Este sistema tem por objetivo prover os recursos necessários à segurança operacional, patrimonial e de acesso ao complexo da usina, incluindo funções de detecção de intrusão, presença e movimentação de pessoas em locais pré-determinados, alarme, sinalização e controle de acesso com captura de alarmes e imagens em tempo real, para áreas da Tomada de Água, Casa de Força e acessos.

O sistema de CFTV deverá ser totalmente baseado em tecnologia digital sobre rede TCP/IP.

As câmeras serão com protocolo TCP/IP nativo, Megapixel (não serão utilizadas câmeras analógicas ou híbridas). Deverão ser previstas câmeras PTZ e fixas, de acordo com a necessidade da usina.

O meio físico de comunicação será fibra óptica ou cabo STP (de acordo com a distância).

Deverão ser previstas uma estação de operação, uma mesa e uma poltrona (igual à do SDSC) para o operador de segurança.

A estação de segurança deverá possuir 2 monitores, console/joystick dedicado para movimentação das câmeras, software instalado com API aberto, permitindo a inclusão de câmeras de diferentes modelos.

Deverá ser fornecido um switch gerenciável para concentração das câmeras, estação de trabalho e conexões externas.

Deverá ser previsto um sistema de sonorização, para que o operador possa advertir e emitir alertas sonoros em áreas externas da usina (pátio, Tomada de Água, subestação, entre outras localidades necessárias para segurança

PCH MACAÉ

do empreendimento e de pessoas). Deve ser previsto um setorizador na mesa do segurança. Deverá ser previsto controle de acesso remoto no portão do empreendimento.

6. ESTUDOS AMBIENTAIS

Os estudos Socioambientais, para a implantação da PCH Macaé, são apresentados no Volume III - APÊNDICE E - ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS.

7. INFRA-ESTRUTURA E LOGÍSTICA

O planejamento do canteiro de obras e acampamentos deverá ser desenvolvido de forma a atender as necessidades dos serviços e garantir o fiel cumprimento dos prazos estabelecidos no cronograma de execução das obras.

A partir das localizações das obras, do tipo de obra e do planejamento executivo, ficarão estabelecidos os tipos, as quantidades, as capacidades e as funções do canteiro de obra.

Considera-se a adoção do canteiro de obras para atender a região do barramento e circuito de geração.

As premissas mínimas para escolha da localização do canteiro será aquela determinada pelas condições de acesso (estradas), facilidades de acesso ao provedor de Internet e a existência de rede de telefonia instalada.

Para o início das obras, foram consideradas as implantações de canteiros provisórios, para subsidiarem a montagem do canteiro definitivo e fornecer suporte técnico-administrativo aos serviços iniciais de implantação e construção. Estes canteiros serão localizados próximos às instalações do canteiro definitivo, podendo ser em containers, que servirão como almoxarifado no futuro. O início do canteiro de obras se caracterizará pela execução e/ou melhorias da estrada de acesso não pavimentada. Este trecho de estrada deverá ser ensaiado, ter seu sistema de drenagem reforçado com a inclusão de novos.

Já o canteiro definitivo será composto de instalações de britagem e produção de concreto, instalações industriais e de apoio, instalações da montagem eletromecânica e acampamentos, previstos para serem construídos próximo ao local de implantação da PCH Macaé.

Especial atenção deve ser dedicada ao dimensionamento das instalações industriais, objetivando o adequado atendimento das necessidades da obra, sejam elas de produção ou de qualidade. As instalações de apoio, por sua importância e pelo porte da obra, deverão ser dimensionadas e projetadas em áreas de construções adequadas às condições previstas no planejamento. A humanização do espaço, sem perda da noção de disciplina, orienta o planejamento do acampamento. A valorização da área de lazer e o conjunto esportivo, a disposição e o dimensionamento dos conjuntos habitacionais, e os cuidados com a alimentação visaram tornar a mobilização e a fixação temporária da população residente mais harmoniosa com as condições existentes.

PCH MACAÉ

Poderão ser previstos canteiros auxiliares, baseados no uso de containers, que serão montados conforme a necessidade de cada obra, dependendo da logística de construção. Esses canteiros serão construídos com estruturas semelhantes às utilizadas no canteiro provisório.

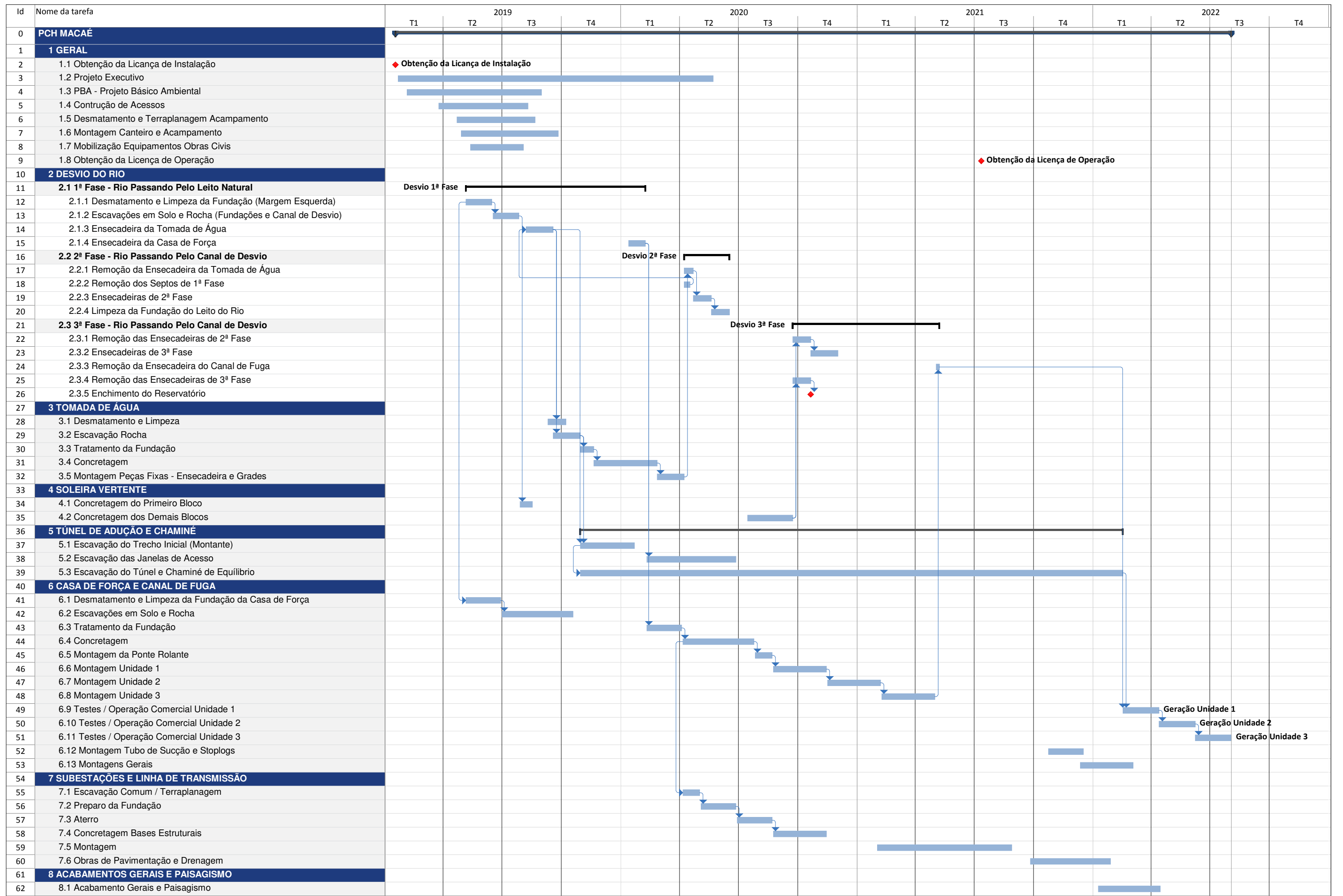
O dimensionamento da população ocupada no empreendimento será elaborado a partir dos cronogramas de execução das obras, assim como das quantidades envolvidas e dos respectivos histogramas de produção (demandas médias mensais).

Desta forma, será determinada a necessidade total de mão de obra por ano, tomando para efeito de dimensionamento a quantidade máxima necessária.

Vale lembrar que a mão de obra local poderá contribuir bastante para a formação dos contingentes necessários às obras, reduzindo, em consequência, o número de alojamentos previstos, desde que sejam alocados recursos com transporte necessário para o deslocamento.

A empresa de construção civil a ser contratada tem consigo as necessidades para alojamentos, escritórios e parque industrial detalhadas para cada tipo de empreendimento.

8. CRONOGRAMA FÍSICO



9. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS (OPE)



PROJETO BÁSICO
Rio: RIO MACAÉ
Projeto: PCH MACAÉ
Item: ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS

| | |
|--------------------|--------------------|
| Data: | dezembro-17 |
| Elaborado: | IMG |
| Verificado: | MFB |
| Aprovado: | CV |

| CONTA | ITEM | UN. | PREÇO UNIT. R\$ | QUANTIDADE | CUSTO |
|---------------------|---|-----------|-------------------|------------|-----------------------|
| .10. | TERRENOS, RELOCAÇÕES E OUTRAS AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS | | | | 6.174.780,00 |
| .10.10 | AQUISIÇÃO DE TERRENOS E BENFEITORIAS | | | | 182.280,00 |
| .10.10.11 | PROPRIEDADES RURAIS | gl | | | 173.600,00 |
| .10.10.11.10 | Reservatório | ha | 12.400,00 | 4 | 49.600,00 |
| .10.10.11.11 | Canteiro, Acampamento, Jazidas e Áreas Afins | ha | 12.400,00 | 8 | 99.200,00 |
| .10.10.11.40 | Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente | ha | 12.400,00 | 2 | 24.800,00 |
| .10.10.12 | DESPESAS LEGAIS E DE AQUISIÇÃO | % | 173.600,00 | 5% | 8.680,00 |
| .10.15 | OUTRAS AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS | gl | | | 5.992.500,00 |
| .10.15.44 | COMUNICAÇÃO SÓCIO-AMBIENTAL | gl | 450.000,00 | 1 | 450.000,00 |
| .10.15.45 | MEIO FÍSICO-BIÓTICO | gl | | | 827.500,00 |
| .10.15.45.18 | Limpeza do Reservatório | ha | 147.500,00 | 0,20 | 29.500,00 |
| .10.15.45.40 | Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente | ha | 85.000,00 | 2 | 170.000,00 |
| .10.15.45.45 | Conservação da Flora | gl | 92.000,00 | 2 | 184.000,00 |
| .10.15.45.46 | Conservação da Fauna | gl | 114.000,00 | 2 | 228.000,00 |
| .10.15.45.47 | Qualidade da Água | gl | 22.000,00 | 3 | 66.000,00 |
| .10.15.45.48 | Recuperação de Áreas Degradadas | gl | 150.000,00 | 1 | 150.000,00 |
| .10.15.46 | MEIO SÓCIO-ECONÔMICO-CULTURAL | gl | | | 350.000,00 |
| .10.15.46.42 | Comunidades Indígenas e outros grupos étnicos | gl | 300.000,00 | 0 | 0,00 |
| .10.15.46.51 | Salvamento do Patrimônio Cultural | gl | 150.000,00 | 1 | 150.000,00 |
| .10.15.46.52 | Apoio aos Municípios | gl | 100.000,00 | 2 | 200.000,00 |
| .10.15.47 | LICENCIAMENTO E GESTÃO INSTITUCIONAL | gl | | | 4.365.000,00 |
| .10.15.47.53 | Licenciamento | gl | 4.215.000,00 | 1 | 4.215.000,00 |
| .10.15.47.55 | Gestão Institucional | gl | 150.000,00 | 1 | 150.000,00 |
| | Subtotal da conta .10 | | | | 6.174.780,00 |
| .10.27 | EVENTUAIS DA CONTA .10 | % | | | 0,00 |
| .11. | ESTRUTURAS E OUTRAS BENFEITORIAS | | | | 5.759.006,40 |
| .11.13 | CASA DE FORÇA | | | | 5.484.768,00 |
| .11.13.00.12 | Escavação | gl | | | 816.962,03 |
| .11.13.00.12.10 | Comum | m³ | 15,37 | 22.211 | 341.383,07 |
| .11.13.00.12.12 | Em Rocha Sã a céu aberto | m³ | 58,54 | 8.124 | 475.578,96 |
| .11.13.00.13 | Tratamentos | | | | 102.071,94 |
| .11.13.00.13.10 | Cimento | t | 462,13 | 5 | 2.218,22 |
| .11.13.00.13.11 | Concreto Projetado sem cimento | m³ | 2.100,00 | 12 | 25.200,00 |
| .11.13.00.13.16 | Chumbadores (CA50, Ø25mm, L=4m, furos @3,00m) | un | 369,60 | 40 | 14.784,00 |
| .11.13.00.13.17 | Proteção Vegetal | m² | 9,30 | 1.915 | 17.809,50 |
| .11.13.00.13.18 | Enrocamento | m³ | 47,50 | 190 | 9.025,00 |
| .11.13.00.13.19 | Transição | m³ | 103,96 | 95 | 9.876,20 |
| .11.13.00.13.20 | Concreto de Regularização (0,30 m) | m³ | | | |
| .11.13.00.13.21 | Cimento | t | 462,13 | 11 | 5.240,55 |
| .11.13.00.13.22 | Concreto sem cimento | m³ | 284,42 | 63 | 17.918,46 |
| .11.13.00.14 | Concreto convencional | | | | 2.965.218,03 |
| .11.13.00.14.10 | Cimento | t | 462,13 | 801 | 370.027,49 |
| .11.13.00.14.11 | Concreto sem cimento | m³ | 521,70 | 2.669 | 1.392.417,30 |
| .11.13.00.14.12 | Armadura | t | 6.933,01 | 173 | 1.202.773,24 |
| .11.13.00.21 | Tubulação Embutida | kg | 135.000,00 | 1 | 135.000,00 |
| .11.13.00.24 | Telha Simples | m² | 50,00 | 810 | 40.500,00 |
| .11.13.00.25 | Estrutura Metálica | kg | 15,00 | 13.671 | 205.065,00 |
| .11.13.00.29 | Aterramento Embutido | m | 48,00 | 5.200 | 249.600,00 |
| .11.13.00.30 | Peças Fixas | kg | 40.000,00 | 1 | 40.000,00 |
| .11.13.00.34 | Miscelâneas Metálicas | kg | 15,00 | 60.000 | 900.000,00 |
| .11.13.00.37 | Aterro Compactado | m³ | 13,40 | 2.265 | 30.351,00 |
| .11.27 | EVENTUAIS DA CONTA .11 | % | | 5% | 274.238,40 |
| .12. | BARRAGENS E ADUTORAS | | | | 108.809.825,60 |
| .12.16 | DESVIO DO RIO | | | | 962.710,92 |
| .12.16.22 | ENSECADEIRAS | gl | | | 511.780,72 |

| CONTA | ITEM | UN. | PREÇO UNIT. R\$ | QUANTIDADE | CUSTO |
|---------------------|---|-----------|-----------------|------------|-----------------------|
| .12.16.22.12 | Escavação | gl | | | 8.991,45 |
| .12.16.22.12.10 | Comum | m³ | 15,37 | 585 | 8.991,45 |
| .12.16.22.17 | Ensecadeira segunda fase | | | | 117.447,12 |
| .12.16.22.17.10 | Solo Lançado | m³ | 12,73 | 3.528 | 44.911,44 |
| .12.16.22.17.17 | Remoção de ensecadeiras | m³ | 20,56 | 3.528 | 72.535,68 |
| .12.16.22.18 | Ensecadeira terceira fase | m³ | | | 59.176,15 |
| .12.16.22.18.11 | Solo Compactado | m³ | 14,91 | 1.207 | 17.996,37 |
| .12.16.22.18.13 | Enrocamento Compactado | m³ | 47,50 | 127 | 6.032,50 |
| .12.16.22.18.15 | Transição Compactada | m³ | 103,96 | 62 | 6.445,52 |
| .12.16.22.18.17 | Remoção de ensecadeiras | m³ | 20,56 | 1.396 | 28.701,76 |
| .12.16.22.19 | Ensecadeira Tomada de Água | | | | 230.939,89 |
| .12.16.22.19.11 | Solo Compactado | m³ | 14,91 | 4.507 | 67.199,37 |
| .12.16.22.19.13 | Enrocamento Compactado | m³ | 47,50 | 554 | 26.315,00 |
| .12.16.22.19.15 | Transição Compactada | m³ | 103,96 | 268 | 27.861,28 |
| .12.16.22.19.17 | Remoção de ensecadeiras | m³ | 20,56 | 5.329 | 109.564,24 |
| .12.16.22.20 | Ensecadeira Casa de Força | | | | 95.226,11 |
| .12.16.22.20.11 | Solo Compactado | m³ | 14,91 | 1.145 | 17.071,95 |
| .12.16.22.20.13 | Enrocamento Compactado | m³ | 47,50 | 442 | 20.995,00 |
| .12.16.22.20.15 | Transição Compactada | m³ | 103,96 | 197 | 20.480,12 |
| .12.16.22.20.18 | Remoção de ensecadeiras | m³ | 20,56 | 1.784 | 36.679,04 |
| .12.16.23 | CANAL DE DESVIO | gl | | | 450.930,20 |
| .12.16.23.12 | Escavação | m³ | | | 296.903,63 |
| .12.16.23.12.10 | Comum | m³ | 15,37 | 7.571 | 116.366,27 |
| .12.16.23.12.12 | Em Rocha Sã a céu aberto | m³ | 58,54 | 3.084 | 180.537,36 |
| .12.16.23.13 | Tratamentos | gl | | | 154.026,57 |
| .11.13.00.13.10 | Cimento | t | 462,13 | 4 | 2.033,37 |
| .11.13.00.13.11 | Concreto Projetado sem cimento | m³ | 2.100,00 | 11 | 23.100,00 |
| .11.13.00.13.16 | Chumbadores (CA50, Ø25mm, L=4m, furos @3,00m) | un | 369,60 | 24 | 8.870,40 |
| .11.13.00.13.24 | Transição | m³ | 103,96 | 593 | 61.596,30 |
| .11.13.00.13.25 | Enrocamento | m³ | 47,50 | 1.185 | 56.287,50 |
| .11.13.00.13.26 | Proteção Vegetal | m² | 9,30 | 230 | 2.139,00 |
| | Outros Custos | % | | | 0,00 |
| .12.18 | VERTEDOUROS | | | | 349.144,18 |
| .12.18.28 | SOLEIRA ESPESSA | | | | 349.144,18 |
| .12.18.28.12 | Escavação | | | | 36.319,31 |
| .12.18.28.12.10 | Comum | m³ | 15,37 | 2.363 | 36.319,31 |
| .12.18.28.13 | Tratamentos | gl | | | 93.733,25 |
| .12.18.28.13.21 | Concreto de regularização (0,30m) | | | | 0,00 |
| .12.18.28.13.22 | Cimento | t | 462,13 | 13 | 6.072,39 |
| .12.18.28.13.23 | Concreto sem cimento | m³ | 284,42 | 73 | 20.762,66 |
| .12.18.28.13.27 | Proteção Vegetal | m² | 9,30 | 80 | 744,00 |
| .12.18.28.13.28 | Transição | m³ | 103,96 | 333 | 34.566,70 |
| .12.18.28.13.29 | Enrocamento | m³ | 47,50 | 665 | 31.587,50 |
| .12.18.28.16 | Concreto massa | gl | | | 219.091,63 |
| .12.18.28.16.10 | Cimento | t | 462,13 | 107 | 49.577,31 |
| .12.18.28.16.11 | Concreto sem cimento | m³ | 284,42 | 596 | 169.514,32 |
| | Outros Custos | | | | 0,00 |
| .12.19 | TOMADA D'ÁGUA E ADUTORAS | | | | 102.316.550,23 |
| .12.19.30 | TOMADA D'ÁGUA | gl | | | 3.044.299,57 |
| .12.19.30.12 | Escavação | m³ | | | 258.174,37 |
| .12.19.30.12.10 | Comum | m³ | 15,37 | 2.865 | 44.035,05 |
| .12.19.30.12.12 | Em Rocha Sã a céu aberto | m³ | 58,54 | 3.658 | 214.139,32 |
| .12.19.30.13 | Tratamentos | gl | | | 75.528,68 |
| .12.19.30.13.10 | Cimento | t | 462,13 | 3 | 1.293,96 |
| .12.19.30.13.11 | Concreto Projetado sem cimento | m³ | 2.100,00 | 7 | 14.700,00 |
| .12.19.30.13.16 | Chumbadores (CA50, Ø25mm, L=4m, Furos @3,00m) | un | 369,60 | 17 | 6.283,20 |
| .12.19.30.13.21 | Concreto de regularização (0,30m) | m | 0,00 | | 0,00 |
| .12.19.30.13.22 | Cimento | t | 462,13 | 6 | 2.911,42 |
| .12.19.30.13.23 | Concreto sem cimento | m³ | 284,42 | 35 | 9.954,70 |
| .12.19.30.13.24 | Transição | m³ | 103,96 | 153 | 15.853,90 |
| .12.19.30.13.25 | Enrocamento | m³ | 47,50 | 305 | 14.487,50 |
| .12.19.30.13.26 | Proteção Vegetal | m² | 9,30 | 1.080 | 10.044,00 |
| .12.19.30.14 | Concreto convencional | gl | | | 815.615,51 |

| CONTA | ITEM | UN. | PREÇO UNIT. R\$ | QUANTIDADE | CUSTO |
|---------------------|--|-----------|-----------------|--------------|----------------------|
| .12.19.30.14.10 | Cimento | t | 462,13 | 235 | 108.554,34 |
| .12.19.30.14.11 | Concreto sem cimento | m³ | 521,70 | 783 | 408.491,10 |
| .12.19.30.14.12 | Armadura | t | 6.933,01 | 43 | 298.570,08 |
| .12.19.30.20 | Equipamentos de Fechamento | gl | | | 1.894.981,00 |
| .12.19.30.20.10 | Comporta Ensecadeira | un | 427.989,00 | 1 | 427.989,00 |
| .12.19.30.20.12 | Comporta Vagão | un | 648.469,00 | 1 | 648.469,00 |
| .12.19.30.20.13 | Pórtico Rolante | un | 371.525,00 | 1 | 371.525,00 |
| .12.19.30.20.14 | Grade | un | 446.998,00 | 1 | 446.998,00 |
| | Outros Custos | % | | | 0,00 |
| .12.19.32 | TÚNEL DE ADUÇÃO E CONDUTO FORÇADO | gl | | | 81.805.018,24 |
| .12.19.32.12 | Escavação | m³ | | | 73.979.000,00 |
| .12.19.32.12.13 | Subterrânea em rocha horizontal | m³ | 500,00 | 147.958 | 73.979.000,00 |
| .12.19.32.13 | Tratamentos | | | | 4.837.511,33 |
| .12.19.32.13.10 | Cimento | t | 462,13 | 656 | 303.342,13 |
| .12.19.32.13.11 | Concreto Projetado sem cimento | m³ | 2.100,00 | 1.529 | 3.209.892,00 |
| .12.19.32.13.13 | Concreto Projetado Reforçado com Fibras (0,05 m) | m³ | 2.100,00 | 112 | 236.208,00 |
| .12.19.32.13.14 | Fibra Metálica (40kg/m³) | kg | 26,00 | 4.499 | 116.979,20 |
| .12.19.32.13.15 | Barbacãs (L=0,50m) | un | 25,00 | 1.856 | 46.400,00 |
| .12.19.32.13.17 | Tirantes (L=2,5m) | un | 195,00 | 4.742 | 924.690,00 |
| .12.19.32.14 | Concreto convencional Conduto | gl | | | 2.988.506,90 |
| .12.19.32.14.10 | Cimento | t | 462,13 | 861 | 397.755,29 |
| .12.19.32.14.11 | Concreto sem cimento | m³ | 521,70 | 2.869 | 1.496.757,30 |
| .12.19.32.14.12 | Armadura | t | 6.933,01 | 158 | 1.093.994,31 |
| | Outros Custos | % | | | 0,00 |
| .12.19.33 | CHAMINÉS DE EQUILÍBRIO | gl | | | 5.990.478,16 |
| .12.19.33.12 | Escavação | | | | 5.966.044,05 |
| .12.19.33.12.10 | Comum | m³ | 15,37 | 2.161 | 33.214,57 |
| .12.19.33.12.12 | Em Rocha Sã a céu aberto | m³ | 58,54 | 62 | 3.629,48 |
| .12.19.33.12.14 | Subterrânea em rocha vertical | m³ | 1.200,00 | 4.941 | 5.929.200,00 |
| .12.19.33.13 | Tratamentos | | | | 24.434,11 |
| .12.19.33.13.10 | Cimento | t | 462,13 | 2 | 1.109,11 |
| .12.19.33.13.13 | Concreto Projetado Reforçado com Fibras (0,05 m) | m³ | 2.100,00 | 6 | 12.600,00 |
| .12.19.33.13.14 | Fibra Metálica (40kg/m³) | kg | 26,00 | 240 | 6.240,00 |
| .12.19.33.13.17 | Tirantes (L=2,5m) | un | 195,00 | 23 | 4.485,00 |
| | Outros Custos | % | | | 0,00 |
| .12.19.33 | JANELAS DE ACESSO | gl | | | 9.657.998,25 |
| .12.19.33.12 | Escavação | | | | 6.210.063,72 |
| .12.19.33.12.10 | Comum | m³ | 15,37 | 1.956 | 30.063,72 |
| .12.19.33.12.13 | Subterrânea em rocha horizontal | m³ | 500,00 | 12.360 | 6.180.000,00 |
| .12.19.33.13 | Tratamentos | | | | 3.215.758,18 |
| .12.19.33.13.10 | Cimento | t | 462,13 | 230 | 106.506,18 |
| .12.19.33.13.11 | Concreto Projetado sem cimento | m³ | 2.100,00 | 35 | 73.857,00 |
| .12.19.33.13.12 | Tela metálica | m² | 100,00 | 1.257 | 125.700,00 |
| .12.19.33.13.13 | Concreto Projetado Reforçado com Fibras (0,05 m) | m³ | 2.100,00 | 541 | 1.136.100,00 |
| .12.19.33.13.14 | Fibra Metálica (40kg/m³) | kg | 26,00 | 21.640 | 562.640,00 |
| .12.19.33.13.15 | Barbacãs | un | 25,00 | 194 | 4.850,00 |
| .12.19.33.13.17 | Tirantes (L=2,5m) | un | 195,00 | 1.589 | 309.855,00 |
| .12.19.33.13.18 | Cambotas | kg | 25,00 | 26.250 | 656.250,00 |
| .12.19.33.13.19 | Enfilagens | un | 7.500,00 | 32 | 240.000,00 |
| .12.19.33.16 | Concreto massa Tampão | gl | | | 211.004,35 |
| .12.19.33.16.10 | Cimento | t | 462,13 | 103 | 47.747,27 |
| .12.19.33.16.11 | Concreto sem cimento | m³ | 284,42 | 574 | 163.257,08 |
| .12.19.33.24 | Aterro compactado | m³ | 13,40 | 1.580 | 21.172,00 |
| | Outros Custos | % | | | 0,00 |
| .12.19.35 | CANAL DE FUGA | gl | | | 527.048,01 |
| .12.19.35.12 | Escavação | m³ | | | 373.507,99 |
| .12.19.35.12.10 | Comum | m³ | 15,37 | 9.489 | 145.845,93 |
| .12.19.35.12.12 | Em Rocha Sã a céu aberto | m³ | 58,54 | 3.889 | 227.662,06 |
| .12.19.35.13 | Tratamentos | gl | | | 153.540,02 |
| .12.19.35.13.10 | Cimento | t | 462,13 | 5 | 2.218,22 |
| .12.19.35.13.11 | Concreto Projetado sem cimento | m³ | 2.100,00 | 12 | 25.200,00 |
| .12.19.35.13.16 | Chumbadores (CA50, Ø25mm, L=4m, furos @3m) | un | 369,60 | 18 | 6.652,80 |
| .12.19.35.13.24 | Transição | m³ | 103,96 | 600 | 62.376,00 |

| CONTA | ITEM | UN. | PREÇO UNIT. R\$ | QUANTIDADE | CUSTO |
|-----------------|---|-----|-----------------|------------|----------------------|
| .12.19.35.13.25 | Enrocamento | m³ | 47,50 | 1.200 | 57.000,00 |
| .12.19.35.13.26 | Proteção Vegetal | m² | 9,30 | 10 | 93,00 |
| | Outros Custos | % | | | 0,00 |
| .12.20 | CONSTRUÇÕES ESPECIAIS | | | | 0,00 |
| | Subtotal da conta .12 | | | | 103.628.405,33 |
| .12.27 | EVENTUAIS DA CONTA .12 | % | | 5% | 5.181.420,27 |
| | Subtotal obras civis | | | | 112.673.851,00 |
| | Subtotal equipamentos | | | | 1.894.981,00 |
| | EVENTUAIS DA CONTA .12 obras civis | % | | | 0,00 |
| | EVENTUAIS DA CONTA .12 equipamentos | % | | | 0,00 |
| .13. | TURBINAS E GERADORES | | | | 15.160.867,05 |
| .13.13.00.23.16 | Comporta enscadeira Casa de Força | un | 77.234,00 | 1 | 77.234,00 |
| .13.13.00.23.28 | Turbinas | un | 1.842.852,00 | 3 | 5.528.556,00 |
| .13.13.00.23.29 | Geradores | gl | 2.100.000,00 | 3 | 6.300.000,00 |
| .13.13.00.23.30 | Válvula Borboleta | un | 807.347,00 | 3 | 2.422.041,00 |
| .13.13.00.23.32 | Talha | gl | 111.090,00 | 1 | 111.090,00 |
| | Subtotal da conta .13 | | | | 14.438.921,00 |
| .13.27 | EVENTUAIS DA CONTA .13 | % | | 5% | 721.946,05 |
| .14. | EQUIPAMENTO ELÉTRICO ACESSÓRIO | | | | 5.588.992,71 |
| .14.00.00.23.10 | Equipamentos Elétricos e Acessórios | gl | 3.548.566,80 | 1 | 3.548.566,80 |
| .14.00.00.23.11 | Sistemas Elétricos | gl | 1.774.283,40 | 1 | 1.774.283,40 |
| | Subtotal da conta .14 | | | | 5.322.850,20 |
| .14.27 | EVENTUAIS DA CONTA .14 | % | | 5% | 266.142,51 |
| .15. | DIVERSOS EQUIPAMENTOS DA USINA | | | | 2.867.457,60 |
| .15.13.00.23.12 | Sistemas Auxiliares Mecânicos | gl | 709.713,00 | 1 | 709.713,00 |
| .15.13.00.23.14 | Blindagem | gl | 1.291.708,00 | 1 | 1.291.708,00 |
| .15.13.00.23.15 | Conduto Forçado (Tramo Lateral) | gl | 141.711,00 | 2 | 283.422,00 |
| .15.13.00.23.16 | Conduto Forçado (Tramo Retilíneo) | gl | 104.742,00 | 1 | 104.742,00 |
| .15.13.00.23.17 | Ponte Rolante | gl | 341.327,00 | 1 | 341.327,00 |
| | Subtotal da conta .15 | | | | 2.730.912,00 |
| .15.27 | EVENTUAIS DA CONTA .15 | % | | 5% | 136.545,60 |
| .16. | ESTRADAS DE RODAGEM, DE FERRO E PONTES | | | | 0,00 |

| CONTA | ITEM | UN. | PREÇO UNIT. R\$ | QUANTIDADE | CUSTO |
|---|---|-----|-----------------|------------|-----------------------|
| .16.27 | EVENTUAIS DA CONTA .16 | % | | | 0,00 |
| TOTAL CUSTO DIRETO | | | | | 144.360.929,36 |
| .17. | CUSTOS INDIRETOS | | | | 7.209.473,85 |
| .17.21 | CANTEIRO E ACAMPAMENTO | | | | 721.804,65 |
| .17.21.38 | CONSTRUÇÕES DO CANTEIRO E ACAMPAMENTO | % | 144.360.929,36 | 2,5 | 360.902,32 |
| .17.21.49 | MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DO CANTEIRO E ACAMP. | % | 144.360.929,36 | 2,5 | 360.902,32 |
| .17.22 | ENGENHARIA E ADMINISTRAÇÃO DO PROPRIETÁRIO | | | | 6.144.360,93 |
| .17.22.40 | ENGENHARIA | % | | | 6.000.000,00 |
| .17.22.40.36 | Engenharia básica | gl | 4.000.000,00 | 1 | 4.000.000,00 |
| .17.22.40.56 | Estudos e Projetos Ambientais | gl | 2.000.000,00 | 1 | 2.000.000,00 |
| .17.22.41 | ADMINISTRAÇÃO DO PROPRIETÁRIO | % | | | 144.360,93 |
| .17.22.41.39 | Administração Geral | % | 144.360.929,36 | 1 | 144.360,93 |
| | Subtotal da conta .17 | | | | 6.866.165,58 |
| .17.27 | EVENTUAIS DA CONTA .17 | % | | 5% | 343.308,28 |
| TOTAL CUSTO DIRETO E INDIRETO | | | | | 151.570.403,21 |
| .18. | JUROS DURANTE A CONSTRUÇÃO | % | | 10% | 15.157.040,32 |
| CUSTO TOTAL COM JDC (SEM SUBESTAÇÃO) | | | | | 166.727.443,53 |
| | Potência instalada | MW | | 17,7 | |
| | Custo em R\$/kW (SEM SUBSTAÇÃO) | | | | 9.419.629,58 |
| .19. | SUBESTAÇÃO E LINHA DE TRANSMISSÃO | | | | 13.212.225,86 |
| .19.00 | SUBESTAÇÃO | gl | | | 9.619.657,25 |
| .19.00.42.12 | SE Usina | gl | 6.955.178,47 | 1 | 6.955.178,47 |
| .19.00.42.12.10 | Módulo de Manobra | gl | 1.981.653,38 | 1 | 1.981.653,38 |
| .19.00.42.12.11 | Módulo Equipamento | gl | 2.196.435,09 | 1 | 2.196.435,09 |
| .19.00.42.12.12 | Módulo Geral | gl | 2.777.090,00 | 1 | 2.777.090,00 |
| .19.00.42.24 | Bay de conexão | gl | 2.664.478,78 | 1 | 2.664.478,78 |
| .19.00 | LINHA DE TRANSMISSÃO | gl | 177.450,00 | 16,70 | 2.963.415,00 |
| | Subtotal da conta .19 | | | | 12.583.072,25 |
| .19.27 | EVENTUAIS DA CONTA .19 | % | | 5% | 629.153,61 |
| TOTAL CUSTO COM JDC (COM SUBESTAÇÃO) | | | | | 179.939.669,40 |
| | Custo em R\$ MW Instalado | | | | 10.166.083,02 |

10. FICHA RESUMO



FICHA-RESUMO - ESTUDOS DE VIABILIDADE E PROJETO BÁSICO

VERSÃO ABRIL/2008

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------|----------|-----------|-------|--|--|-----------------------|----------------|--|---------|-------------|----------|--|--|----------------------------|--|
| NOME DA USINA: | PCH Macaé | | | | | | | DATA: | DEZ/17 | | | | | | | | |
| ETAPA: | Projeto Básico | | | | | | | POT. (MW): | 17,7 | | | | | | | | |
| NOME DO(S) INTERESSADO(S): | IPAR PARTICIPAÇÕES LTDA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONTATO (resp. pelo empreendimento / e-mail): | Benjamin Benzaquen Sicsú / bsicsu@hotmail.com | | | | | TEL.: | (61) 3797-3782 | | FAX: | | | | | | | | |
| NOME DA(S) EMPRESA(S) PROJETISTA(S): | VLB ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONTATO (resp. técnico pelo estudo / e-mail): | José Henrique Rodrigues Lopes / jhrlopes@vlb.com.br | | | | | TEL.: | (41) 3086-8300 | | FAX: | | | | | | | | |
| 1. LOCALIZAÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RIO: | Macaé | | | BACIA: | 5 | | SUB-BACIA: | 59 | | DISTÂNCIA DA FOZ: | 64,0 km | | | | | | |
| MUNICÍPIO(S): | Casimiro de Abreu | | | UF: | RJ | | MUNICÍPIO(S): | Macaé | | UF: | RJ | | | | | | |
| (BARRAGEM) | Macaé | | | UF: | RJ | | (C.DE FORÇA) | | | | | | | | | | |
| COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA BARRAGEM: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LATITUDE: | 22 | | graus | 24 | | minutos | 3,58 | | segundos | SUL (S) OU NORTE (N): | | S | | | | | |
| LONGITUDE: | 42 | | graus | 12 | | minutos | 55,24 | | segundos | OESTE (W) | | | | | | | |
| COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA CASA DE FORÇA: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LATITUDE: | 22 | | graus | 25 | | minutos | 56,54 | | segundos | SUL (S) OU NORTE (N): | | S | | | | | |
| LONGITUDE: | 42 | | graus | 11 | | minutos | 5,33 | | segundos | OESTE (W) | | | | | | | |
| 2. CARTOGRAFIA / TOPOGRAFIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA: | UTM | | | ZONA: | 23 | | DATUM: | Sirgas 2000 | | MC: | 45 | | | | | | |
| CARTAS E PLANTAS TOPOGRÁFICAS: | | | | | | DATA: | 10/01/10 | | ESCALA: | 1:50.000 | | FONTE: | IBGE | | | | |
| FOTOS AÉREAS: | | | | | | DATA: | 20/01/10 | | ESCALA: | 1:30.000 | | FONTE: | Vôo 2005 | | | | |
| RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA: | | | | | | ESCALA: | 1:10.000 | | | | | | | | | | |
| 3. HIDROMETEOROLOGIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DE REFERÊNCIA: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO: | Fluviométrico | CÓD.: | 59125000 | ENTIDADE: | ANA | NOME: | Galdinópolis | RIO: | Macaé | AD (em km²): | 104 | | | | | | |
| TIPO: | Fluviométrico | CÓD.: | 59135000 | ENTIDADE: | ANA | NOME: | Piller | RIO: | Bonito | AD (em km²): | 71 | | | | | | |
| TIPO: | Fluviométrico | CÓD.: | 59120000 | ENTIDADE: | ANA | NOME: | Macaé de Cima | RIO: | Macaé de Cima | AD (em km²): | 67 | | | | | | |
| TIPO: | Fluviométrico | CÓD.: | 58651980 | ENTIDADE: | LIGHT | NOME: | UHE Ilha dos Po | RIO: | Paraíba do Sul | AD (em km²): | 34300 | | | | | | |
| TIPO: | | CÓD.: | | ENTIDADE: | | NOME: | | RIO: | | AD (em km²): | | | | | | | |
| TIPO: | | CÓD.: | | ENTIDADE: | | NOME: | | RIO: | | AD (em km²): | | | | | | | |
| VAZÕES MÉDIAS MENSIS (m³/s) – PERÍODO: | (DE JAN/1931 A FEV/2017) | | | | | | TIPO DA SÉRIE (REGULARIZADA ou NATURAL): | | | | Natural | | | | | | |
| JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | | | | | | |
| 37,2 | 34,4 | 31,1 | 25,3 | 17,6 | 13,8 | 11,7 | 9,9 | 9,8 | 11,2 | 17,4 | 27,8 | | | | | | |
| PERMANÊNCIA DE VAZÕES MÉDIAS MENSIS (m³/s): | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 % | 10 % | 20 % | 30 % | 40 % | 50 % | 60 % | 70 % | 80 % | 90 % | 95 % | 100 % | | | | | | |
| 49,5 | 39,2 | 28,0 | 23,0 | 19,3 | 16,4 | 13,9 | 11,7 | 10,2 | 8,8 | 7,8 | 5,0 | | | | | | |
| PRECIP. MÉDIA MENSAL (mm) – PERÍODO: (DE SET/1950 A MAR/2017) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | | | | | | |
| 327,2 | 219,2 | 246,4 | 163,0 | 90,7 | 56,1 | 61,8 | 57,0 | 96,5 | 144,2 | 270,6 | 333,9 | | | | | | |
| EVAPOR. MÉDIA MENSAL (mm): | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | | | | | | |
| 105,3 | 98,3 | 96,7 | 67,2 | 89,2 | 79,7 | 89,3 | 99,1 | 90,7 | 83,8 | 95,6 | 90,1 | | | | | | |
| PREC. MÉDIA ANUAL: | | | | 2072,6 | | mm | | VAZÃO MLT – PERÍODO: | | (DE JAN/1931 A FEV/2017) | | 20,6 m³/s | | | | | |
| EVAP. MÉDIA ANUAL: | | | | 1085 | | mm | | VAZÃO FIRME | | CRITÉRIO: (Q95) | | 7,82 m³/s | | | | | |
| EVAP. MÉDIA MENSAL: | | | | 90,4 | | mm | | VAZÃO MÁX. REGISTRADA | | (FEV/1979) | | 102,82 m³/s | | | | | |
| ÁREA DE DRENAGEM: | | | | 485,78 | | km² | | VAZÃO MÍN. REGISTRADA | | (SET/1963) | | 4,98 m³/s | | | | | |
| 4. RESERVATÓRIO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CARACTERÍSTICAS GERAIS | | | | | | CRISTA DA BARRAGEM: | | | | | | 120 m | | | | | |
| VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO: | | | | | | - | | anos | | ALTURA DA BARRAGEM: | | | | | | 3 m | |
| PERÍMETRO: | | | | | | 0,155 | | km | | VOLUMES | | | | | | | |
| COMPRIMENTO: | | | | | | 65 | | m | | No NA MÁX. NORMAL: | | | | | | 0,0031 x10 ⁶ m³ | |
| PROFUNDIDADE MÉDIA: | | | | | | 3 | | m | | No NA MÍN. NORMAL: | | | | | | 0,0031 x10 ⁶ m³ | |
| PROFUNDIDADE MÁXIMA: | | | | | | 3 | | m | | ÚTIL: | | | | | | 0,0031 x10 ⁶ m³ | |
| TEMPO DE FORMAÇÃO: | | | | | | 0,0022 | | dias | | ÁREAS (INCLUÍDO CALHA DO RIO) | | | | | | | |
| TEMPO DE RESIDÊNCIA: | | | | | | 0,0018 | | dias | | NA MÁX. NORMAL: | | | | | | 0,0020 km³ | |
| NÍVEIS DE MONTANTE | | | | | | NA MÁX. MAXIMORUM: | | | | | | 0,0432 km³ | | | | | |
| NA MÁX. NORMAL: | | | | | | 120,00 | | m | | NA MÍN. NORMAL: | | | | | | 0,0020 km³ | |
| NA MÁX. MAXIMORUM: | | | | | | 126,00 | | m | | VIDA ÚTIL | | | | | | | |
| NA MÍN. NORMAL: | | | | | | 120,00 | | m | | VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO (VOL. MAX. OPERATIVO): | | | | | | - anos | |
| NÍVEIS DE JUSANTE | | | | | | VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO (VOL. ÚTIL): | | | | | | - anos | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|------------|---|-----------------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|----------|-----------|
| NA NORMAL de JUSANTE: | 35,5 | m | VAZÃO SÓLIDA AFLUENTE | 75296 | t / ano | | | | | | |
| NA MÁX. de JUSANTE: | 43,8 | m | CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE SEDIMENTOS | 100 | mg / l | | | | | | |
| NA MÍN. de JUSANTE: | 34,9 | m | PRODUÇÃO ESPECÍFICA DE SEDIMENTOS | 155 | t / km².ano | | | | | | |
| ÁREAS INUNDADAS POR MUNICÍPIO (em km²) - NO NA MÁX MAXIMORUM | | | | | | | | | | | |
| MUNICÍPIO (S) | | UF | SUBTRAÍDA A CALHA DO RIO | NA CALHA DO RIO | TOTAL | | | | | | |
| Macaé | | RJ | 0,0105 | 0,0111 | 0,0216 | | | | | | |
| Casimiro de Abreu | | RJ | 0,0105 | 0,0111 | 0,0216 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| CURVAS | | | | | | | | | | | |
| PONTOS DAS CURVAS COTA x ÁREA x VOLUME DO RESERVATÓRIO | | | PONTOS DA CURVA CHAVE DO CANAL DE FUGA | | | | | | | | |
| COTA (m) | ÁREA (km²) | VOL. (hm³) | COTA (m) | ÁREA (km²) | VOL. (hm³) | N.A.JUSANTE (m) | VAZÃO (m³/s) | N.A.JUSANTE (m) | VAZÃO (m³/s) | | |
| 118 | 0 | 0 | 123 | 0,0044 | 0,0055 | 34,99 | 10 | 37,59 | 100 | | |
| 119 | 0,0011 | 0,0023 | 124 | 0,0055 | 0,0066 | 35,51 | 20 | 37,94 | 120 | | |
| 120 | 0,0020 | 0,0031 | | | | 36,22 | 40 | 38,25 | 140 | | |
| 121 | 0,0026 | 0,0038 | | | | 36,75 | 60 | 38,68 | 170 | | |
| 122 | 0,0034 | 0,0046 | | | | 37,20 | 80 | 39,08 | 200 | | |
| POLINÔMIOS | | | | | | | | | | | |
| VOLUME x COTA (RESERVATÓRIO) | | | VAZÃO X N.A.JUSANTE (CANAL DE FUGA) | | | | | | | | |
| COEFICIENTE | A0 | A1 | A2 | A3 | A4 | COEFICIENTE | A0 | A1 | A2 | A3 | A4 |
| VALOR | -1,40E+09 | 4,58E+07 | -5,63E+05 | 3,07E+03 | -6,29E+00 | VALOR | 3,43E+01 | 6,82E-02 | -6,22E-04 | 3,23E-06 | -6,12E-09 |
| COTA X ÁREA (RESERVATÓRIO) | | | | | | | | | | | |
| COEFICIENTE | A0 | A1 | A2 | A3 | A4 | | | | | | |
| VALOR | -4,31E+08 | 1,40E+07 | -1,69E+05 | 9,14E+02 | -1,85E+00 | | | | | | |
| 5. TURBINAS | | | | | | | | | | | |
| TIPO: | Francis eixo horizontal | | VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA: | 8,32 | m³/s | | | | | | |
| NÚMERO DE UNIDADES: | 3 | | VAZÃO MÁXIMA TURBINADA: | 24,96 | m³/s | | | | | | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL: | 6082 | | VAZÃO MÍNIMA TURBINADA: | 4,16 | m³/s | | | | | | |
| ROTAÇÃO SÍNCRONA: | 600 | | RENDIMENTO MÉDIO: | 93 | % | | | | | | |
| QUEDA LÍQUIDA DE REFERÊNCIA: | 80,14 | | PESO TOTAL POR UNIDADE: | 300 | kN | | | | | | |
| 6. GERADORES | | | | | | | | | | | |
| NÚMERO DE UNIDADES: | 3 | | FATOR DE POTÊNCIA: | 0,9 | - | | | | | | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL: | 6556 | | RENDIMENTO MÉDIO: | 97 | % | | | | | | |
| TENSÃO NOMINAL: | 13,8 | | PESO DO ROTOR: | 160 | kN | | | | | | |
| 7. INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE INTERESSE RESTRITO À CENTRAL GERADORA (INDICATIVA) | | | | | | | | | | | |
| SUBESTAÇÃO ELEVATÓRIA - DADOS DO TRANSFORMADOR | | | TIPO (S.E. ou SEÇÃO L.T.): | SE | | | | | | | |
| NÚMERO DE UNIDADES: | 1 | | MUNICÍPIO: | ROCHA LEÃO | | | | | | | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL: | 18000 / 22000 | | UF: | RJ | | | | | | | |
| TENSÃO ENR. PRIM.: | 13,8 | | NOME: | SE ROCHA LEÃO | | | | | | | |
| TENSÃO ENR. SEC.: | 138 | | CONCESSIONÁRIA: | AMPLA ENERGIA | | | | | | | |
| LINHA DE TRANSMISSÃO | | | SUBESTAÇÃO TRANSFORMADORA (QUANDO APLICÁVEL) | | | | | | | | |
| MUNICÍPIO (S): | CASIMIRO DE ABREU e ROCHA LEÃO | | NÚMERO DE UNIDADES: | NA | | | | | | | |
| UF (S): | RJ | | POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL: | NA | | | | | | | |
| EXTENSÃO: | 16,7 | | TENSÃO ENR. PRIM.: | NA | | | | | | | |
| TENSÃO: | 138 | | TENSÃO ENR. SEC.: | NA | | | | | | | |
| CIRCUITO (Simple ou Duplo): | Simple | | SEÇÃO DE L.T. (QUANDO APLICÁVEL) | | | | | | | | |
| PONTO DE CONEXÃO: | | | TENSÃO: | NA | | | | | | | |
| A CONSTRUIR ? (sim ou não): | não | | CIRCUITO (Simple ou Duplo): | NA | | | | | | | |
| 8. ESTUDOS ENERGÉTICOS | | | | | | | | | | | |
| QUEDA BRUTA: | 84,5 | | VAZÃO DE USOS CONSUNTIVOS: | 0 | | | | | | | |
| PERDA HIDRÁULICA: | 3,98 | | ENERGIA GERADA: | 9,62 | | | | | | | |
| FATOR DE INDISP. FORÇADA: | 1,26 | | ENERGIA FIRME: | 9,33 | | | | | | | |
| FATOR DE INDISP. PROGRAMADA: | 1,00 | | PRODUTIBILIDADE MÉDIA (NA com 65 % V.U. armazenado) | n/a | | | | | | | |
| RENDIMENTO DO CONJ. TURBINA/GERADOR: | 90,21 | | PRODUTIBILIDADE MÁXIMA (NA máximo normal) | 0,7092 | | | | | | | |
| VAZÃO REMANESCENTE: | CRITÉRIO: 20% da Qmlt | | PRODUTIBILIDADE MÍNIMA (NA mínimo normal) | 0,7092 | | | | | | | |
| 9. CUSTOS | | | | | | | | | | | |
| OBRAS CIVIS: | 114568,83 | | SISTEMA DE TRANSMISSÃO ASSOCIADO: | 13212,23 | | | | | | | |
| EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS: | 23617,32 | | CUSTO TOTAL C/ SIST. DE TRANS. ASSOCIADO: | 179939,67 | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|-----------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|--------|--|
| MEIO AMBIENTE: | 6174,78 | X 10 ³ R\$ | JUROS ANUAIS: | 10 | % | | | | | | |
| OUTROS CUSTOS: | 0 | X 10 ³ R\$ | PERÍODO DE UTILIZAÇÃO DA USINA: | 30 | anos | | | | | | |
| CUSTO DIRETO TOTAL: | 144360,93 | X 10 ³ R\$ | O & M: | 12,10 | R\$/MWh | | | | | | |
| CUSTOS INDIRETOS: | 7209,47 | X 10 ³ R\$ | CUSTO DA ENERGIA GERADA: | 245,74 | R\$/MWh | | | | | | |
| CUSTO TOTAL S/ JDC: | 151570,40 | X 10 ³ R\$ | DATA DE REFERÊNCIA: | nov/17 | | | | | | | |
| CUSTO TOTAL C/ JDC: | (JDC = 10%) | 166727,44 | X 10 ³ R\$ | TAXA DE CÂMBIO: | 3,30 R\$/US\$ | | | | | | |
| CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO (% DO CUSTO TOTAL S/ JDC) | | | | | | | | | | | |
| | ANO 1 | ANO 2 | ANO 3 | ANO 4 | ANO 5 | ANO 6 | ANO 7 | ANO 8 | ANO 9 | ANO 10 | |
| USINA (%) | 30 | 25 | 25 | 20 | | | | | | | |
| SIST. DE TRANS. ASSOC. (%) | | 30 | 20 | 50 | | | | | | | |
| 10. IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS | | | | | | | | | | | |
| POPULAÇÃO ATINGIDA (Nº HABITANTES): | | | | | | FAMÍLIAS ATINGIDAS: | | | | | |
| URBANA: | 0 | | | URBANA: | | 0 | | | | | |
| RURAL: | 0 | | | RURAL: | | 0 | | | | | |
| TOTAL: | 0 | | | TOTAL: | | 0 | | | | | |
| RELOCAÇÃO DE ESTRADAS ? (sim ou não) | Não | | | | | EXTENSÃO: | | | | | |
| RELOCAÇÃO DE PONTES ? (sim ou não) | Não | | | | | EXTENSÃO: | | | | | |
| EMPREGOS GERADOS DURANTE A CONSTRUÇÃO: | | | | | | | | | | | |
| DIRETOS: | | | | | | INDIRETOS: | | | | | |
| 11. CRONOGRAMA - PRINCIPAIS FASES | | | | | | | | | | | |
| INÍCIO DAS OBRAS ATÉ O DESVIO DO RIO: | 4 | meses | PRAZO TOTAL DA OBRA (GERAÇÃO DA ÚLTIMA UNIDADE) | | | 43 | meses | | | | |
| DESVIO DO RIO ATÉ O FECHAMENTO: | 18 | meses | | | | | | | | | |
| FECHAMENTO ATÉ GERAÇÃO DA 1ª UNIDADE: | 16 | meses | MARCO - MONTAGEM ELETROMECÂNICA (1ª UNIDADE): | | | 22 | meses | | | | |
| PRAZO DE GERAÇÃO ENTRE UNIDADES: | 1 | meses | MARCO - OPERAÇÃO PRIMEIRA UNIDADE: | | | 39 | meses | | | | |
| 12. ASPECTOS CRÍTICOS DO EMPREENDIMENTO | | | | | | | | | | | |
| NÚCLEOS URBANOS ATINGIDOS ? (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| ÁREAS INDUSTRIAIS ATINGIDAS ? (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| ÁREAS INDÍGENAS ? (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| ÁREAS DE QUILOMBOLAS ? (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA ? (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| ÁREAS DE PESQUISA OU EXPLORAÇÃO MINERAL ? (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS ? (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| CAVERNAS ? (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| DISPONIBILIDADE HÍDRICA ? (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| OUTROS ? (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| 13. DESCRIÇÃO SOBRE OS OUTROS USOS DA ÁGUA | | | | | | | | | | | |
| NAVEGAÇÃO (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| ABASTECIMENTO PÚBLICO (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| TURISMO LOCAL (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| LAZER (sim ou não) | Sim | | | | | Atividade de Rafting/Canoagem | | | | | |
| OUTROS (sim ou não) | Não | | | | | | | | | | |
| DADOS DE ARRANJO | | | | | | | | | | | |
| 14. DESVIO | | | | | | | | | | | |
| TIPO: | Canal | | | ESCAVAÇÃO COMUM: | | 8156 | m³ | | | | |
| VAZÃO DE DESVIO: | (TR = 2 ANOS) | 91 | m³/s | ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO: | | 3084 | m³ | | | | |
| NÚMERO DE UNIDADES: | - | | | ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA: | | 0 | m³ | | | | |
| SEÇÃO: | 49 | | | m² | CONCRETO (CONVENCIONAL): | | 11 | m³ | | | |
| COMPRIMENTO: | 70 | | | m | ENSECADEIRA: | | 4924 | m³ | | | |
| 15. BARRAGEM | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE ESTRUTURA / MATERIAL: | n/a | | | CONCRETO CONVENCIONAL: | | n/a | m³ | | | | |
| COMPRIMENTO TOTAL DA CRISTA: | n/a | | | m | CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR: | | n/a | m³ | | | |
| ENROCAMENTO: | n/a | | | m³ | ESCAVAÇÃO COMUM: | | n/a | m³ | | | |
| ATERRO COMPACTADO: | n/a | | | m³ | ESCAVAÇÃO EM ROCHA: | | n/a | m³ | | | |
| FILTROS E TRANSIÇÕES: | n/a | | | m³ | VOLUME TOTAL: | | n/a | m³ | | | |
| 16. DIQUES | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE ESTRUTURA / MATERIAL: | n/a | | | ATERRO COMPACTADO: | | n/a | m³ | | | | |
| COMPRIMENTO TOTAL DA(S) CRISTA(S): | n/a | | | m | FILTROS E TRANSIÇÕES: | | n/a | m³ | | | |
| ALTURA MÁXIMA: | n/a | | | m | CONCRETO CONVENCIONAL: | | n/a | m³ | | | |
| COTA DA CRISTA: | n/a | | | m | CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR: | | n/a | m³ | | | |

| | | | | | |
|---|-------------------|--------|--|-------------------|----|
| ENROCAMENTO: | n/a | m³ | VOLUME TOTAL: | n/a | m³ |
| 17. VERTEDOIRO | | | | | |
| TIPO: | Soleira Livre | | CONCRETO (MASSA): | 596 | m³ |
| VAZÃO DE PROJETO: | (TR = 1.000 ANOS) | 787 | m³/s | COMPORTAS: | |
| COTA DA SOLEIRA: | 120 | m | TIPO: | n/a | |
| COMPRIMENTO TOTAL: | 40 | m | ACIONAMENTO: | n/a | |
| NÚMERO DE VÃOS: | - | - | LARGURA: | n/a | m |
| LARGURA DO VÃO: | - | m | ALTURA: | n/a | m |
| ESCAVAÇÃO COMUM: | 2363 | m³ | ESTRUTURA DE DISSIPACÃO DE ENERGIA: | | |
| ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO: | 0 | m³ | TIPO: | n/a | |
| ESCAVAÇÃO EM ROCHA A SUBTERRÂNEA: | 0 | m³ | | | |
| 18. CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO | | | | | |
| CANAL/TÚNEL DE ADUÇÃO: | | | CONCRETO: | - | m³ |
| COMPRIMENTO: | 4496,2 | m | COMPORTAS | | |
| LARGURA / SEÇÃO: | 6 / 30,77 | m / m² | TIPO: | Segmento | |
| ESCAVAÇÃO COMUM: | 0 | m³ | ACIONAMENTO: | Hidráulico | |
| ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO: | 0 | m³ | LARGURA: | 6 | m |
| ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA: | 147958 | m³ | ALTURA: | 6 | m |
| CONCRETO: | 1641 | m³ | CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO | | |
| CÂMARA DE CARGA: | | | DIÂMETRO INTERNO: | 8 | m |
| ÁREA SUPERFICIAL: | 50,26 | m² | ALTURA: | 100 | m |
| SOBREVELEVAÇÃO MÁXIMA: | 19,7 | m | CONDUTO/TÚNEL FORÇADO | | |
| DEPLEÇÃO MÁXIMA: | 13,5 | m | NÚMERO DE UNIDADES: | 1 | - |
| TOMADA D'ÁGUA: | | | DIÂMETRO INTERNO: | 2,7 | m |
| TIPO: | Gravidade | | COMPRIMENTO MÉDIO: | 125 | m |
| COMPRIMENTO TOTAL: | 15 | m | ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO: | 0 | m³ |
| NÚMERO DE VÃOS: | 1 | - | ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA: | Incluso no túnel | m³ |
| ESCAVAÇÃO COMUM: | 2865 | m³ | CONCRETO: | 2869 | m³ |
| ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO: | 3658 | m³ | TRECHO BLINDADO: | | t |
| ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA: | 0 | m³ | | | |
| 19. CASA DE FORÇA | | | | | |
| TIPO: | Abrigada | | ESCAVAÇÃO COMUM: | 22211 | m³ |
| NÚMERO DE UNIDADES: | 3 | - | ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO: | 8124 | m³ |
| LARGURA DOS BLOCOS: | 10 | m | ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA: | 0 | m³ |
| ALTURA DOS BLOCOS: | 27 | m | CONCRETO: | 2744 | m³ |
| COMPRIMENTO DOS BLOCOS: | 9 | m | | | |
| 20. OBRAS ESPECIAIS | | | | | |
| TIPO: | n/a | | ESCAVAÇÃO EM ROCHA A SUBTERRÂNEA: | n/a | m³ |
| ESCAVAÇÃO COMUM: | n/a | m³ | CONCRETO CONVENCIONAL: | n/a | m³ |
| ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO: | n/a | m³ | CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR: | n/a | m³ |
| 21 . VOLUMES TOTAIS | | | | | |
| ESCAVAÇÃO COMUM: | 35595 | m³ | ENROCAMENTO: | 1428 | m³ |
| ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO: | 14866 | m³ | ATERRO COMPACTADO: | 3845 | m³ |
| ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA: | 147958 | m³ | CONCRETO CONVENCIONAL: | 6321 | m³ |
| SOLO: | 10387 | m³ | CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR: | 0 | m³ |
| 22. OBSERVAÇÕES | | | | | |

23. INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DA FICHA-RESUMO

- 1) A ficha deverá ser integralmente preenchida pelo interessado. Nos campos onde não se aplicar determinada informação, indicar "n/a";
- 2) Durante o preenchimento deverão ser observadas as unidades estabelecidas em cada campo;
- 3) As informações a serem inseridas deverão ser compatíveis com as constantes dos estudos de viabilidade e/ou projetos básicos (texto e desenhos) entregues a ANEEL;
- 4) O valor de potência instalada da usina deverá atender a expressão: Potência Instalada = (nº de unidades) x (potência unitária nominal dos geradores em kVA) x (fator de potência);
- 5) Não deverão ser inseridas ou excuídas linhas. Preencher apenas os campos preestabelecidos; e
- 6) Todas as folhas da ficha resumo deverão ser assinadas e carrimadas pelo responsável técnico do estudo / projeto.

PCH MACAÉ**11. PARTICIPANTES DO GRUPO DE TRABALHO**

Eng^o Civil: José Henrique Rodrigues Lopes
Eng^o Civil: José Bernardino Botelho
Eng^o Civil: Marcelo Rossi Campos
Eng^o Civil: Leonardo de Lima Lopes
Eng^o Civil: Marcelo Miranda Botelho
Eng^o Civil: Bruno Luiz Castro Martins
Eng^o Civil: Carlos Eduardo Cavaco Gomes
Eng^o Civil: Antonio Teixeira de Carvalho Júnior
Eng^a Civil: Eliane Lumi Yshihara Paiva
Eng^a Civil: Laura Guimarães Santana
Eng^o Civil: Andrey Hilu
Eng^a Civil: Celine Vasco
Eng^o Civil: Elias Wehrmeister
Eng^o Civil: Richard Roncally Beirigo
Eng^o Mecânico: Jesiel Adriano D'Aviz
Eng^o Mecânico: Evandro Luiz Bertol
Eng^o Eletricista: Cesar Henrique Moreira Espínola
Eng^o Eletricista: Thiago Lopes Bento
Eng^a Eletricista: Daiane Mara Barbosa
Arquiteto: Martín Fraga Basy
Arquiteta: Isabelle Moser Girardi
Geólogo: Cláudio Márcio da Silva
Geólogo: Paulo Cezar da Silva Júnior
Geólogo: Rodrigo Batista Fonseca
Projetista: Walter Favaron Júnior
Projetista: Jaqueline Valadares Teles
Projetista: Kethelyn Sabrina Teixeira
Projetista: Fernando Rodrigues da Silva
Estagiário (Eng. Civil): Marcela Dutka Hortega

12. SUMÁRIO EXECUTIVO

PRÉ-RELATÓRIO

Quanto ao preenchimento do Sumário Executivo:

| | |
|---|--------------------------------|
| Interessadas | ✓ |
| ARTs | ✓ |
| Cartografia | ✓ |
| Localização | ✓ |
| Níveis Operacionais | ✓ |
| Hidrometeorologia | ✓ |
| Séries de vazões médias mensais | ✓ |
| Vazões máximas | ✓ |
| Parâmetros de garantia física | ✓ |
| Compatibilidade com Inventário | ✓ |
| Reservatório | ✓ |
| Características Técnicas | ✓ |
| Curva CAV | ✓ |
| Curva-chave do canal de fuga | ✓ |
| Licenciamento ambiental | ✓ |
| Outorga de uso da água | ✓ |
| Situação do Sumário Executivo: | Pronto para ser enviado |

Quanto ao enquadramento:

| | |
|---|------------|
| Potência Instalada entre 3.000 e 30.000 kW? | SIM |
| Área alagada, excluindo a calha do leito regular do rio, informada menor que 13 km²? | SIM |
| Reservatório de regularização no mínimo semanal? | NÃO |
| O dimensionamento do reservatório foi baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica? (sim/não) | NÃO |
| Enquadramento do Aproveitamento | PCH |

Res. Norm. n° 673, de 4 de agosto de 2015:

Art. 2º Serão considerados empreendimentos com características de PCH aqueles empreendimentos destinados a autoprodução ou produção independente de energia elétrica, cuja potência seja superior a 3.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio.

§ 1º O aproveitamento hidrelétrico com área de reservatório superior a 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio, será considerado como PCH se o reservatório for de regularização, no mínimo, semanal ou cujo dimensionamento, comprovadamente, foi baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica.

§ 2º A regularização de que trata o §1º deste artigo será aferida por meio do volume útil e da vazão máxima turbinada.

Versão 5.1 Data 23/01/17

Informações Gerais:

- 1) As informações apresentadas neste Sumário Executivo devem ser as mesmas do Projeto Básico elaborado.
- 2) O quadro ao lado mostra as abas que tiveram todos campos obrigatórios preenchidos (✓) ou não (✗).
- 3) Somente quando todos os campos obrigatórios de todas as abas forem preenchidos, a "Situação do Sumário Executivo" mudará de "Há pendências" para "Pronto para ser enviado" para a ANEEL.
- 4) Para navegar pelas abas clique sobre o nome do tópico nesta tabela, ou abaixo na listagem das abas do Excel.
- 5) São de total e exclusiva responsabilidade do interessado e eventuais subcontratados o conteúdo, veracidade, consistência e legalidade das informações e documentos desenvolvidos, não os eximindo nas esferas civil, penal, administrativa e técnica, inclusive perante o CREA, compreendendo, também, os aspectos de segurança relacionados à barragem e demais estruturas

Tem dúvidas? Acesse a aba de ajuda [clikando aqui](#).

INTERESSADAS

EMPRESAS INTERESSADAS

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

INTERESSADA 1

| | |
|--|---------------------------|
| ✓ NOME/RAZÃO SOCIAL DA INTERESSADA: | IPAR PARTICIPAÇÕES LTDA |
| ✓ CPF/CNPJ DA INTERESSADA: | 22.885.667/0001-51 |
| DATA DE NASCIMENTO DA INTERESSADA (CASO CPF) (dd/mm/aaaa): | |
| ✓ EMAIL DA INTERESSADA: | bsicsu@hotmail.com |
| ✓ TELEFONE DA INTERESSADA: | (61) 3797-3782 |
| ✓ ENDEREÇO DA INTERESSADA: | Rua 24 de Outubro, nº 338 |
| ✓ CEP DA INTERESSADA: | 90510-003 |
| ✓ NOME DO RESPONSÁVEL LEGAL: | Benjamin Benzaquen Sicsú |
| ✓ CARGO DO RESPONSÁVEL LEGAL: | Sócio |
| ✓ CPF DO RESPONSÁVEL LEGAL: | 381.935.748-34 |
| ✓ DATA DE NASCIMENTO DO RESPONSÁVEL LEGAL (dd/mm/aaaa): | 21/06/50 |
| ✓ IDENTIDADE DO RESPONSÁVEL LEGAL: | 1288384 |
| ✓ EMAIL DO RESPONSÁVEL LEGAL: | bsicsu@hotmail.com |
| ✓ TELEFONE DO RESPONSÁVEL LEGAL: | (61) 98119-7990 |

INTERESSADA 2

| | |
|--|--|
| NOME/RAZÃO SOCIAL DA INTERESSADA: | |
| CPF/CNPJ DA INTERESSADA: | |
| DATA DE NASCIMENTO DA INTERESSADA (CASO CPF) (dd/mm/aaaa): | |
| EMAIL DA INTERESSADA: | |
| TELEFONE DA INTERESSADA: | |
| ENDEREÇO DA INTERESSADA: | |
| CEP DA INTERESSADA: | |
| NOME DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| CARGO DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| CPF DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| DATA DE NASCIMENTO DO RESPONSÁVEL LEGAL (dd/mm/aaaa): | |
| IDENTIDADE DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| EMAIL DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| TELEFONE DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |

INTERESSADA 3

| | |
|--|--|
| NOME/RAZÃO SOCIAL DA INTERESSADA: | |
| CPF/CNPJ DA INTERESSADA: | |
| DATA DE NASCIMENTO DA INTERESSADA (CASO CPF) (dd/mm/aaaa): | |
| EMAIL DA INTERESSADA: | |
| TELEFONE DA INTERESSADA: | |
| ENDEREÇO DA INTERESSADA: | |
| CEP DA INTERESSADA: | |
| NOME DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| CARGO DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| CPF DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| DATA DE NASCIMENTO DO RESPONSÁVEL LEGAL (dd/mm/aaaa): | |
| IDENTIDADE DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| EMAIL DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| TELEFONE DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |

Instruções gerais:

- 1) Os campos em vermelho são campos obrigatórios; há um indicador (✓ ou ✕) para alertar se o campo foi ou não preenchido.
- 2) Os campos em azul são não obrigatórios, pois podem não existir; caso existam, devem sempre ser preenchidos.
- 3) Deve haver pelo menos uma empresa interessada (ou pessoa física); são os representantes legais.
- 4) Deve haver pelo menos uma empresa projetista.
- 5) Os dados de contato devem estar atualizados e em funcionamento.
- 6) As datas de nascimento de Pessoas Físicas sempre devem ser fornecidas.

INTERESSADA 4

| | |
|--|--|
| NOME/RAZÃO SOCIAL DA INTERESSADA: | |
| CPF/CNPJ DA INTERESSADA: | |
| DATA DE NASCIMENTO DA INTERESSADA (CASO CPF) (dd/mm/aaaa): | |
| EMAIL DA INTERESSADA: | |
| TELEFONE DA INTERESSADA: | |
| ENDEREÇO DA INTERESSADA: | |
| CEP DA INTERESSADA: | |
| NOME DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| CARGO DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| CPF DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| DATA DE NASCIMENTO DO RESPONSÁVEL LEGAL (dd/mm/aaaa): | |
| IDENTIDADE DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| EMAIL DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| TELEFONE DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |

INTERESSADA 5

| | |
|--|--|
| NOME/RAZÃO SOCIAL DA INTERESSADA: | |
| CPF/CNPJ DA INTERESSADA: | |
| DATA DE NASCIMENTO DA INTERESSADA (CASO CPF) (dd/mm/aaaa): | |
| EMAIL DA INTERESSADA: | |
| TELEFONE DA INTERESSADA: | |
| ENDEREÇO DA INTERESSADA: | |
| CEP DA INTERESSADA: | |
| NOME DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| CARGO DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| CPF DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| DATA DE NASCIMENTO DO RESPONSÁVEL LEGAL (dd/mm/aaaa): | |
| IDENTIDADE DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| EMAIL DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |
| TELEFONE DO RESPONSÁVEL LEGAL: | |

EMPRESAS PROJETISTAS**PROJETISTA 1**

| | |
|---|-----------------------------------|
| ✓ NOME/RAZÃO SOCIAL DA PROJETISTA: | VLB ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA |
| ✓ CPF/CNPJ DA PROJETISTA: | 09.664.782/0001-38 |
| DATA DE NASCIMENTO DA PROJETISTA (CASO CPF) (dd/mm/aaaa): | |
| ✓ EMAIL DA PROJETISTA: | jhrlopes@vlb.com.br |
| ✓ TELEFONE DA PROJETISTA: | (41) 3086-8300 |
| ✓ NOME DO RESPONSÁVEL TÉCNICO: | José Henrique Rodrigues Lopes |
| ✓ CPF DO RESPONSÁVEL TÉCNICO: | 175.385.996-49 |
| ✓ DATA DE NASCIMENTO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO (dd/mm/aaaa): | 01/06/51 |

PROJETISTA 2

| | |
|---|--|
| NOME/RAZÃO SOCIAL DA PROJETISTA: | |
| CPF/CNPJ DA PROJETISTA: | |
| DATA DE NASCIMENTO DA PROJETISTA (CASO CPF) (dd/mm/aaaa): | |
| EMAIL DA PROJETISTA: | |
| TELEFONE DA PROJETISTA: | |
| NOME DO RESPONSÁVEL TÉCNICO: | |
| CPF DO RESPONSÁVEL TÉCNICO: | |
| DATA DE NASCIMENTO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO (dd/mm/aaaa): | |

PROJETISTA 3

| | |
|--|--|
| NOME/RAZÃO SOCIAL DA PROJETISTA: | |
| CPF/CNPJ DA PROJETISTA: | |
| DATA DE NASCIMENTO DA PROJETISTA (CASO CPF) (dd/mm/aaaa): | |
| EMAIL DA PROJETISTA: | |
| TELEFONE DA PROJETISTA: | |
| NOME DO RESPONSÁVEL TÉCNICO: | |
| CPF DO RESPONSÁVEL TÉCNICO: | |
| DATA DE NASCIMENTO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO (dd/mm/aaaa): | |

PROJETISTA 4

| | |
|--|--|
| NOME/RAZÃO SOCIAL DA PROJETISTA: | |
| CPF/CNPJ DA PROJETISTA: | |
| DATA DE NASCIMENTO DA PROJETISTA (CASO CPF) (dd/mm/aaaa): | |
| EMAIL DA PROJETISTA: | |
| TELEFONE DA PROJETISTA: | |
| NOME DO RESPONSÁVEL TÉCNICO: | |
| CPF DO RESPONSÁVEL TÉCNICO: | |
| DATA DE NASCIMENTO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO (dd/mm/aaaa): | |

PROJETISTA 5

| | |
|--|--|
| NOME/RAZÃO SOCIAL DA PROJETISTA: | |
| CPF/CNPJ DA PROJETISTA: | |
| DATA DE NASCIMENTO DA PROJETISTA (CASO CPF) (dd/mm/aaaa): | |
| EMAIL DA PROJETISTA: | |
| TELEFONE DA PROJETISTA: | |
| NOME DO RESPONSÁVEL TÉCNICO: | |
| CPF DO RESPONSÁVEL TÉCNICO: | |
| DATA DE NASCIMENTO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO (dd/mm/aaaa): | |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ARTs

Responsável geral

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

| | |
|-----------------------|-------------------------------|
| ✓ Nº ART | 20175350320 |
| ✓ Nº REGISTRO | 48148 |
| ✓ RESPONSÁVEL TÉCNICO | JOSE HENRIQUE RODRIGUES LOPES |

Estudos cartográficos

| | |
|-----------------------|------------------------|
| ✓ Nº ART | 92221220101107578 |
| ✓ Nº REGISTRO | 0673407 |
| ✓ RESPONSÁVEL TÉCNICO | JADIR DE SOUZA MOREIRA |

Estudos geotécnicos

| | |
|-----------------------|-------------------------|
| ✓ Nº ART | 20175370054 |
| ✓ Nº REGISTRO | 48148 |
| ✓ RESPONSÁVEL TÉCNICO | JOSÉ BERNARDINO BOTELHO |

Estudos hidrológicos

| | |
|-----------------------|-------------------------|
| ✓ Nº ART | 20175370372 |
| ✓ Nº REGISTRO | 48148 |
| ✓ RESPONSÁVEL TÉCNICO | MARCELO MIRANDA BOTELHO |

Estudos energéticos

| | |
|-----------------------|---------------------------|
| ✓ Nº ART | 20175370526 |
| ✓ Nº REGISTRO | 48148 |
| ✓ RESPONSÁVEL TÉCNICO | BRUNO LUIZ CASTRO MARTINS |

Estruturas extravasoras

| | |
|-----------------------|----------------------|
| ✓ Nº ART | 20175370208 |
| ✓ Nº REGISTRO | 48148 |
| ✓ RESPONSÁVEL TÉCNICO | MARCELO ROSSI CAMPOS |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

Instruções gerais:

- 1) Deve haver um responsável técnico para cada disciplina.
- 2) Um profissional pode ser responsável por mais de uma disciplina.
- 3) Deve constar expressamente na ART: a responsabilidade específica das disciplinas e o nome da Usina a qual se refere.
- 4) Caso uma disciplina tenha mais de um responsável técnico, é possível preencher as várias informações no respectivo campo. Por exemplo: "n°

CARTOGRAFIA

PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA:

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

| | |
|---------------------------|-------------|
| ✓ ZONA: | 23 |
| ✓ DATUM: | SIRGAS 2000 |
| ✓ MERIDIANO CENTRAL (MC): | 45W |

CARTAS E PLANTAS TOPOGRÁFICAS:

| | |
|----------------------|----------|
| ✓ DATA (dd/mm/aaaa): | 10/01/10 |
| ✓ ESCALA (1:xxxx): | 50000 |
| ✓ FONTE: | IBGE |

FOTOS AÉREAS:

| | |
|----------------------|----------|
| ✓ DATA (dd/mm/aaaa): | 20/01/10 |
| ✓ ESCALA (1:xxxx): | 30000 |
| ✓ FONTE: | Vôo 2005 |

RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA:

| | |
|--------------------|-------|
| ✓ ESCALA (1:xxxx): | 10000 |
|--------------------|-------|

TRANSPORTE DE COORDENADAS:

| | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| ✓ Datum Planimétrico: | SIRGAS 2000 |
| ✓ Técnica Utilizada: | GPS |
| ✓ Ondulação Geoidal: | MapGeo2004/MapGeo2010/MapGeo2015 |
| ✓ Marcos Implantados (qtde): | 15 |
| ✓ Seções Topobatimétricas (qtde): | 18 |

Marcos Oficiais Utilizados (RBMC):

| | |
|-----------|-----------|
| ✓ Código: | SAT 91891 |
| Código: | SAT 91964 |
| Código: | |
| Código: | |
| Código: | |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

LOCALIZAÇÃO

LOCALIZAÇÃO DA PCH:

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

| | |
|--------------------------|-------|
| ✓ NOME DA USINA: | Macaé |
| ✓ RIO: | Macaé |
| ✓ BACIA (1 a 8): | 5 |
| ✓ SUB-BACIA (10 a 89): | 59 |
| ✓ DISTÂNCIA DA FOZ (km): | 11,60 |

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA BARRAGEM:

LATITUDE:

| | |
|-------------------------|------|
| ✓ Graus | 22 |
| ✓ Minutos | 24 |
| ✓ Segundos | 3,58 |
| ✓ SUL (S) OU NORTE (N): | S |

LONGITUDE:

| | |
|------------|-------|
| ✓ Graus | 42 |
| ✓ Minutos | 12 |
| ✓ Segundos | 55,24 |
| OESTE (W): | W |

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA CASA DE FORÇA:

LATITUDE:

| | |
|-------------------------|-------|
| ✓ Graus | 22 |
| ✓ Minutos | 25 |
| ✓ Segundos | 56,54 |
| ✓ SUL (S) OU NORTE (N): | S |

LONGITUDE:

| | |
|------------|------|
| ✓ Graus | 42 |
| ✓ Minutos | 11 |
| ✓ Segundos | 5,33 |
| OESTE (W): | W |

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DO PONTO FINAL DO RESERVATÓRIO:

LATITUDE:

| | |
|-------------------------|------|
| ✓ Graus | 22 |
| ✓ Minutos | 24 |
| ✓ Segundos | 1,82 |
| ✓ SUL (S) OU NORTE (N): | S |

LONGITUDE:

| | |
|------------|-------|
| ✓ Graus | 42 |
| ✓ Minutos | 12 |
| ✓ Segundos | 53,93 |
| OESTE (W): | W |

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000

Preencher o campo "NOME DA USINA" apenas com o nome. Não use "PCH XXX" ou "Pequena Central Hidrelétrica XXX".

Formato de Coordenadas: GG° MM' SS,SS"

Informar somente os números (sem °, ' ou ")

Desde 25 de fevereiro de 2015, o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil. Entre 25 de fevereiro de 2005 e 25 de fevereiro de 2015, admitia-se o uso, além do SIRGAS2000, dos referenciais SAD 69 (South American

O Ponto Final do Reservatório corresponde às Coordenadas geográficas da localização, na calha do curso d'água, onde ocorre o fechamento da curva de nível correspondente ao nível máximo normal de montante, determinada por levantamento topográfico ou por cálculo do perfil de linha d'água (estudo de remanso), conforme o caso.

MUNICÍPIOS DA BARRAGEM

| | |
|--------------------|-------------------|
| MUNICÍPIO 1 | |
| ✓ NOME: | Macaé |
| ✓ UF: | RJ |
| MUNICÍPIO 2 | |
| ✓ NOME: | Casimiro de Abreu |
| ✓ UF: | RJ |
| MUNICÍPIO 3 | |
| NOME: | |
| UF: | |
| MUNICÍPIO 4 | |
| NOME: | |
| UF: | |
| MUNICÍPIO 5 | |
| NOME: | |
| UF: | |

MUNICÍPIOS DA CASA DE FORÇA

| | |
|--------------------|-------|
| MUNICÍPIO 1 | |
| ✓ NOME: | Macaé |
| ✓ UF: | PR |
| MUNICÍPIO 2 | |
| NOME: | |
| UF: | |
| MUNICÍPIO 3 | |
| NOME: | |
| UF: | |
| MUNICÍPIO 4 | |
| NOME: | |
| UF: | |
| MUNICÍPIO 5 | |
| NOME: | |
| UF: | |

ÁREAS INUNDADAS NOS MUNICÍPIO (em km²)

| | |
|--|-------------------|
| MUNICÍPIO 1 | |
| ✓ NOME: | Macaé |
| ✓ UF: | RJ |
| ✓ ÁREA DA CALHA DO RIO (km²): | 0,01 |
| ✓ ÁREA ALAGADA SEM A CALHA DO RIO (km²): | 0,01 |
| ✓ ÁREA ALAGADA TOTAL (km²): | 0,02 |
| MUNICÍPIO 2 | |
| ✓ NOME: | Casimiro de Abreu |
| ✓ UF: | RJ |
| ✓ ÁREA DA CALHA DO RIO (km²): | 0,01 |
| ✓ ÁREA ALAGADA SEM A CALHA DO RIO (km²): | 0,01 |
| ✓ ÁREA ALAGADA TOTAL (km²): | 0,02 |
| MUNICÍPIO 3 | |
| NOME: | |
| UF: | |
| ÁREA DA CALHA DO RIO (km²): | |
| ÁREA ALAGADA SEM A CALHA DO RIO (km²): | |
| ÁREA ALAGADA TOTAL (km²): | |
| MUNICÍPIO 4 | |
| NOME: | |
| UF: | |
| ÁREA DA CALHA DO RIO (km²): | |
| ÁREA ALAGADA SEM A CALHA DO RIO (km²): | |
| ÁREA ALAGADA TOTAL (km²): | |
| MUNICÍPIO 5 | |
| NOME: | |
| UF: | |
| ÁREA DA CALHA DO RIO (km²): | |
| ÁREA ALAGADA SEM A CALHA DO RIO (km²): | |
| ÁREA ALAGADA TOTAL (km²): | |

As áreas alagadas com base no nível máximo maximorum.

NÍVEIS OPERACIONAIS

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

NÍVEIS DE MONTANTE

Justificativa:

| | |
|--------------------------|--------|
| ✓ NA MÁX. NORMAL (m): | 120,00 |
| ✓ NA MÁX. MAXIMORUM (m): | 126,90 |
| ✓ NA MIN. NORMAL (m): | 120,00 |

NÍVEIS DE JUSANTE

| | |
|------------------------------|-------|
| ✓ NA NOMINAL de JUSANTE (m): | 35,72 |
| ✓ NA MÁX. de JUSANTE (m): | 43,90 |
| ✓ NA MIN. de JUSANTE (m): | 34,90 |

| | |
|-----------------------------|-------|
| Hb: Queda bruta nominal (m) | 84,28 |
|-----------------------------|-------|

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

Informações Gerais:

- 1) Devem ser fornecidas justificativas fundamentadas caso ocorram interferências entre os níveis operacionais da PCH e dos aproveitamentos adjacentes declarados na aba "Compatibilidade com Inventário". Nestes casos, a respectiva célula da Coluna "Justificativas" ficará marcada em vermelho, até que seja preenchida.
- 2) NA NOMINAL de Jusante: correspondente à vazão máxima de engolimento de todas as turbinas, sem vertimento.
- 3) NA Máximo de Jusante: correspondente à vazão com Tempo de Recorrência (TR) adotado para proteção das estruturas civis da casa de força e outras estruturas da usina a jusante.
- 4) NA Mínimo de Jusante: correspondente ao engolimento mínimo para operação da menor turbina.
- 5) Caso a usina venha a operar com a casa de força "afogada" devido a influência de reservatório à jusante, devem ser informados os níveis de água de jusante considerando a influência do reservatório de jusante.
- 6) O campo "H_b: Queda bruta nominal" é preenchido automaticamente a partir do "NA MÁX. NORMAL" de Montante subtraído do "NA

HIDROMETEOROLOGIA

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

| | |
|--|--|
| ✓ ÁREA DE DRENAGEM DA PCH (km²): | 485,78 |
| ✓ METODOLOGIA ADOTADA PARA OBTENÇÃO DA SÉRIE DA PCH: | Transposição direta por relação de área de drenagem do posto base. |

POSTO FLUVIOMÉTRICO DE REFERÊNCIA (BASE)

| | |
|--------------------------------|---------------|
| ✓ TIPO | Fluviométrico |
| ✓ CÓDIGO (00000000 a 99999999) | 59125000 |
| ✓ ENTIDADE | ANA |
| ✓ NOME | Galdinópolis |
| ✓ RIO | Macaé |
| ✓ ÁREA DE DRENAGEM (km²): | 104,00 |

POSTO 1 FLUV/PLUV PARA PREENCHIMENTO DAS FALHAS OU EXTENSÃO DA SÉRIE

| | |
|--------------------------------|---------------|
| ✓ TIPO | Fluviométrico |
| ✓ CÓDIGO (00000000 a 99999999) | 59135000 |
| ✓ ENTIDADE | ANA |
| ✓ NOME | Piller |
| ✓ RIO | Bonito |
| ✓ ÁREA DE DRENAGEM (km²): | 71,00 |

POSTO 2 FLUV/PLUV PARA PREENCHIMENTO DAS FALHAS OU EXTENSÃO DA SÉRIE

| | |
|--------------------------------|---------------|
| ✓ TIPO | Fluviométrico |
| ✓ CÓDIGO (00000000 a 99999999) | 59120000 |
| ✓ ENTIDADE | ANA |
| ✓ NOME | Macaé de Cima |
| ✓ RIO | Macaé de Cima |
| ✓ ÁREA DE DRENAGEM (km²): | 67,00 |

POSTO 3 FLUV/PLUV PARA PREENCHIMENTO DAS FALHAS OU EXTENSÃO DA SÉRIE

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| ✓ TIPO | Fluviométrico |
| ✓ CÓDIGO (00000000 a 99999999) | 58651980 |
| ✓ ENTIDADE | LIGHT |
| ✓ NOME | UHE Ilha dos Pombos |
| ✓ RIO | Paraíba do Sul |
| ✓ ÁREA DE DRENAGEM (km²): | 34.300,00 |

POSTO 4 FLUV/PLUV PARA PREENCHIMENTO DAS FALHAS OU EXTENSÃO DA SÉRIE

| | |
|------------------------------|--|
| TIPO | |
| CÓDIGO (00000000 a 99999999) | |
| ENTIDADE | |
| NOME | |
| RIO | |
| ÁREA DE DRENAGEM (km²): | |

POSTO 5 FLUV/PLUV PARA PREENCHIMENTO DAS FALHAS OU EXTENSÃO DA SÉRIE

| | |
|------------------------------|--|
| TIPO | |
| CÓDIGO (00000000 a 99999999) | |
| ENTIDADE | |
| NOME | |
| RIO | |
| ÁREA DE DRENAGEM (km²): | |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

VAZÕES MÁXIMAS

DADOS DO VERTEDOURO

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

| | |
|--|---------------|
| ✓ VAZÃO DE PROJETO DO VERTEDOURO (m³/s): | 787,00 |
| ✓ TR (anos): | 1.000,00 |
| ✓ TIPO DE VERTEDOURO: | Superfície |
| ✓ TIPO DE ESTRUTURA DA BARRAGEM: | Concreto |
| ✓ COTA DA SOLEIRA (m): | 120,00 |
| ✓ TIPO DE COMPORTAS: | Soleira livre |
| ✓ TIPO DA ESTRUTURA DE DISSIPÇÃO: | Degraus |

POSTO FLUVIOMÉTRICO DE REFERÊNCIA

| | |
|--------------------------------|--------------|
| ✓ CÓDIGO (00000000 a 99999999) | 59125000 |
| ✓ NOME | Galdinópolis |
| ✓ RIO | Macaé |
| ✓ A.D. (km²): | 104,00 |

VERTEDOURO A MONTANTE (se houver)

| | |
|---------------------------|--------|
| ✓ EXISTE? (sim/não) | SIM |
| ✓ VAZÃO DE PROJETO (m³/s) | 670,00 |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

PARÂMETROS DE GARANTIA FÍSICA

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

| Parâmetros: | | Justificativas: |
|---|------------------------------|---|
| ✓ Potência instalada total (kW) | 17.700,00 | |
| ✓ Potência instalada por gerador (kVA) | 6.555,56; 6.555,56; 6.555,56 | |
| ✓ Fator de potência por gerador (p.u.) (0,00 a 1,00) | 0,90; 0,90; 0,90 | |
| ✓ Potência instalada por turbina (kW) | 6.082,47; 6.082,47; 6.082,47 | |
| ✓ Engolimento unitário mínimo por turbina(m ³ /s) | 4,16; 4,16; 4,16 | |
| ✓ Rendimento nominal por turbina (%) | 93,0%; 93,0%; 93,0% | |
| ✓ Rendimento nominal por gerador (%) | 97,0%; 97,0%; 97,0% | |
| ✓ TEIF: taxa equivalente de indisponibilidade forçada da usina (%) | 1,260% | Conforme Nota Técnica n° 068/2013-SRG-SGH/ANEEL. |
| ✓ IP: Indisponibilidade programada da usina (%) | 1,000% | Como a manutenção será preventiva, ela foi prevista em períodos (julho a outubro) em que não implicaria a parada total da usina, isto é, quando não há disponibilidade hídrica para a geração através da máquina em manutenção. Os cálculos são apresentados no item 4.6.2.2 do Projeto Básico. |
| ✓ H: Perdas hidráulicas nominais (m) | 3,36 | |
| H: Queda bruta nominal (m) | 84,28 | |
| ✓ Perdas _{el} : Perdas elétricas até o ponto de conexão (%) | 0,3% | |
| ✓ C _{int} : Consumo interno do aproveitamento (kW médio) | 53,10 | |
| ✓ q _r : Vazão remanescente do aproveitamento (m ³ /s) | 4,13 | |
| ✓ q _u : Vazão de usos consuntivos a montante (m ³ /s) | - | |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

Instruções gerais:

- 1) A metodologia para o cálculo da Garantia Física de Usinas Hidrelétricas não despachadas centralizadamente é definida pela Portaria MME n° 463, de 3 de dezembro de 2009.
- 2) Os campos "Potência instalada total", "Potência instalada por gerador", "Fator de potência por gerador", "Potência instalada por turbina", "Engolimento unitário mínimo por turbina", "Rendimento nominal por turbina" e "Rendimento nominal por gerador" são preenchidos automaticamente a partir dos dados fornecidos na aba "Características Técnicas".
- 3) O campo "H_r: Queda bruta nominal" é preenchido automaticamente a partir dos dados fornecidos na aba "Níveis operacionais".
- 4) A potência instalada é aquela definida no inciso VII e VIII do art. 2º na REN 583/2013: somatório das máximas potências elétricas ativas possíveis de serem obtidas nos terminais dos geradores elétricos, respeitados os limites nominais do fator de potência.
- 5) Devem ser fornecidas justificativas fundamentadas caso algum rendimento ou alguma indisponibilidade tenha valores fora dos usualmente utilizados pelas usinas do setor elétrico ou reconhecidos pela literatura. Nestes casos, a respectiva célula da Coluna "Justificativas" ficará marcada em vermelho, até que seja preenchida.
- 6) Os valores apurados e de referência para TEIF e IP são dados pela Portaria MME n° 484, de 11 de setembro de 2014.
- 7) A vazão remanescente do aproveitamento (q_r) deve ser igual à informada na aba "Licenciamento ambiental" caso já exista Licença Ambiental com essa definição. Caso haja diferença de informação, o campo ficará marcado em vermelho.
- 8) A vazão de usos consuntivos a montante (q_u) deve ser igual à informada na aba "Outorga de uso da água" caso já exista Outorga de uso da água com essa definição. Caso haja diferença de informação, o campo ficará marcado em vermelho.

COMPATIBILIDADE COM O INVENTÁRIO

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

Informações gerais dos estudos de inventário

| | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| ✓ NOME DO RIO: | Macaé |
| ✓ UF: | RJ |
| ✓ SUB-BACIA (10 a 89): | 59 |
| ✓ DESPACHO APROVAÇÃO INVENTÁRIO: | 2622 |
| ✓ DATA DO DESPACHO (dd/mm/aaaa): | 12/08/15 |
| ✓ AUTOR DO INVENTÁRIO (RESP LEGAL): | Alupar Investimento S.A. |
| ✓ N° EIXOS IDENTIFICADOS (qtde): | 3 |
| ✓ POTÊNCIA TOTAL IDENTIFICADA (kW): | 66.450,00 |

Dados da PCH segundo os estudos de inventário

| | |
|---------------------------------|-----------|
| ✓ NA Montante (m) | 120,00 |
| ✓ NA Jusante (m) | 35,00 |
| ✓ Queda Bruta (m) | 85,00 |
| ✓ Área do Reservatório (km²) | 0,01 |
| ✓ Potência Instalada Total (kW) | 17.670,00 |
| ✓ Energia Média (kWméd) | 9,70 |
| ✓ Fator de Capacidade | 0,00 |
| ✓ Vazão Q_{med} (m³/s) | 20,37 |

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA BARRAGEM, SEGUNDO O INVENTÁRIO:

LATITUDE:

| | |
|-------------------------|------|
| ✓ graus | 22 |
| ✓ minutos | 24 |
| ✓ segundos | 8,00 |
| ✓ SUL (S) OU NORTE (N): | S |

LONGITUDE:

| | |
|------------|-------|
| ✓ graus | 42 |
| ✓ minutos | 12 |
| ✓ segundos | 58,80 |
| OESTE (W): | W |

✓ Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA CASA DE FORÇA, SEGUNDO O INVENTÁRIO:

LATITUDE:

| | |
|-------------------------|-------|
| ✓ graus | 22 |
| ✓ minutos | 25 |
| ✓ segundos | 56,54 |
| ✓ SUL (S) OU NORTE (N): | S |

LONGITUDE:

| | |
|------------|------|
| ✓ graus | 42 |
| ✓ minutos | 11 |
| ✓ segundos | 5,33 |
| OESTE (W): | W |

✓ Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DO PONTO FINAL DO RESERVATÓRIO, SEGUNDO O INVENTÁRIO:

LATITUDE:

| | |
|-------------------------|------|
| ✓ graus | 22 |
| ✓ minutos | 24 |
| ✓ segundos | 3,58 |
| ✓ SUL (S) OU NORTE (N): | S |

LONGITUDE:

| | |
|------------|-------|
| ✓ graus | 42 |
| ✓ minutos | 12 |
| ✓ segundos | 55,24 |
| OESTE (W): | W |

✓ Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000

O valor do FATOR DE CAPACIDADE é calculado automaticamente a partir dos campos ENERGIA MÉDIA e POTÊNCIA TOTAL.

As coordenadas podem ser encontradas nas plantas georreferenciadas dos respectivos Estudos de Inventário.

Formato de Coordenadas: GG° MM' SS,SS"

Informar somente os números (sem °, ' ou ")

Desde 25 de fevereiro de 2015, o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil. Entre 25 de fevereiro de 2005 e 25 de fevereiro de 2015, admitia-se o uso, além do SIRGAS2000, dos referenciais SAD 69 (South American

Coordenadas geográficas da localização, na calha do curso d'água, onde ocorre o fechamento da curva de nível correspondente ao nível máximo normal de montante, determinada por levantamento topográfico ou por cálculo do perfil de linha d'água (estudo de remanso), conforme o caso.

Características dos eixos adjacentes à PCH em análise, conforme a decisão mais recente da Aneel**APROVEITAMENTO A JUSANTE**

| | |
|--------------------------------|------------|
| ✓ Situação do eixo: | Não existe |
| Nome: | |
| Potência Total (kW) | |
| NA Montante (m) | |
| NA Jusante (m) | |
| DESPACHO: | |
| DATA DO DESPACHO (dd/mm/aaaa): | |

COORDENADAS DO LIMITE MÁXIMO DO RESERVATÓRIO DO APROVEITAMENTO A JUSANTE**LATITUDE:**

| | |
|-----------------------|--|
| graus | |
| minutos | |
| segundos | |
| SUL (S) OU NORTE (N): | |

LONGITUDE:

| | |
|------------|---|
| graus | |
| minutos | |
| segundos | |
| OESTE (W): | W |

Sistema Geodésico de Referência:

APROVEITAMENTO A MONTANTE

| | |
|----------------------------------|---------------------------|
| ✓ Situação do eixo: | Disponível (inventariado) |
| ✓ Nome: | Casimiro de Abreu |
| ✓ Potência Total (kW) | 24.280,00 |
| ✓ NA Montante (m) | 315,00 |
| ✓ NA Jusante (m) | 120,00 |
| ✓ DESPACHO: | 2622 |
| ✓ DATA DO DESPACHO (dd/mm/aaaa): | 12/08/15 |

COORDENADAS DA CASA DE FORÇA DO APROVEITAMENTO A MONTANTE**LATITUDE:**

| | |
|-------------------------|------|
| ✓ graus | 22 |
| ✓ minutos | 24 |
| ✓ segundos | 2,95 |
| ✓ SUL (S) OU NORTE (N): | S |

LONGITUDE:

| | |
|------------|-------|
| ✓ graus | 42 |
| ✓ minutos | 12 |
| ✓ segundos | 54,59 |
| OESTE (W): | W |

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000

As informações dos eixos adjacentes devem ser as mais atuais; ou seja, da decisão mais recente da Aneel, em seus Despachos.

Os Despachos da Aneel podem ser consultados no link abaixo, na aba "Legislação":
<http://biblioteca.aneel.gov.br/index.html>

O Limite Máximo do Reservatório do Aproveitamento a Jusante corresponde às Coordenadas geográficas da localização, na calha do curso d'água, onde ocorre o fechamento da curva de nível correspondente ao nível máximo normal de montante, determinada por levantamento topográfico ou por cálculo do perfil de linha d'água (estudo de remanso), conforme o caso.

As coordenadas podem ser encontradas nas plantas georreferenciadas dos respectivos estudos/projetos.

Formato de Coordenadas: GG° MM' SS,SS"

Informar somente os números (sem °, ' ou ")

Desde 25 de fevereiro de 2015, o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil. Entre 25 de fevereiro de 2005 e 25 de fevereiro de 2015, admitia-se o uso, além do SIRGAS2000, dos referenciais SAD 69 (South American

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

RESERVATÓRIO

CARACTERÍSTICAS GERAIS

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

| | |
|--|-------|
| ✓ COMPRIMENTO DA CRISTA DA BARRAGEM (m): | 78,00 |
| ✓ ALTURA DA BARRAGEM (m): | 3,00 |
| ✓ TEMPO DE FORMAÇÃO (dias): | 0 |
| ✓ TEMPO DE RESIDÊNCIA (dias): | 0 |

VOLUMES

| | |
|----------------------------|------|
| ✓ No NA MÁX. NORMAL (hm³): | 0,00 |
| ✓ No NA MÍN. NORMAL (hm³): | 0,00 |
| ✓ ÚTIL (hm³): | 0,00 |

ÁREAS (INCLUÍDO CALHA DO RIO)

| | |
|--------------------------|------|
| ✓ NA MÁX. NORMAL (km²): | 0,00 |
| NA MÁX. MAXIMORUM (km²): | 0,04 |
| ✓ NA MÍN. NORMAL (km²): | 0,00 |

O valor da Área do Reservatório no NA MÁX. MAXIMORUM é obtido automaticamente a partir da soma dos valores de ÁREA ALAGADA TOTAL de cada Município, informados na aba "Localização".

VIDA ÚTIL

| | |
|---|---|
| ✓ VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO (VOL. MAX. OPERATIVO) (anos): | - |
| ✓ VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO (VOL. ÚTIL) (anos): | - |

DIMENSIONAMENTO

| | |
|---|-----|
| ✓ O dimensionamento do reservatório foi baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica? (sim/não) | NÃO |
|---|-----|

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

Deve ser comprovado documentalmente junto ao Projeto Básico, caso o dimensionamento do reservatório ter sido baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

| | | |
|---|-----------------------|-----------|
| CÓDIGO ÚNICO DE EMPREENDIMENTO DE GERAÇÃO (CEG): | PCH.PH.RJ.034451-6.01 | |
| ✓ DESPACHO DE DRI (ou Registro Ativo de PB): | | 562 |
| ✓ DATA DO DESPACHO DE DRI (ou Registro Ativo de PB) (dd/mm/aaaa): | 03/03/16 | |
| ✓ POTÊNCIA LÍQUIDA (kW): | | 17.602,75 |
| ✓ ENERGIA MÉDIA TOTAL (kWh/médio): | | 9.624,00 |
| POTÊNCIA INSTALADA TOTAL (kW): | | 17.700,00 |
| FATOR DE CAPACIDADE: | | 0,54 |

CASA DE FORÇA

| | | |
|--------------------------------|----------|---|
| ✓ TIPO: | Abrigada | |
| ✓ NÚMERO DE UNIDADES (qtde): | | 1 |
| ✓ AO PÉ DA BARRAGEM? (sim/não) | NÃO | |

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE INTERESSE RESTRITO À CENTRAL GERADORA (INDICATIVA)

| | | |
|--------------------------------|-------------------------------|--------|
| ✓ EXTENSÃO (km): | | 16,70 |
| ✓ TENSÃO (kV): | | 138,00 |
| ✓ CIRCUITO (Simples ou Duplo): | Simples | |
| ✓ TIPO DE CABO: | Tipo CAA, bitola 397,5 (KCML) | |
| ✓ RESISTIVIDADE (Ohm/km): | | 0,17 |

BARRAGEM

| | | |
|------------------------------------|----------|-------|
| ✓ TIPO DE ESTRUTURA / MATERIAL: | Concreto | |
| ✓ COMPRIMENTO TOTAL DA CRISTA (m): | | 78,30 |

CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO

| | | |
|--------------------------------------|-----------|----------|
| CANAL/TUNEL DE ADUÇÃO: | | |
| ✓ COMPRIMENTO (m): | | 4.496,20 |
| ✓ LARGURA MÉDIA / SEÇÃO (m/m²): | 6 / 30,77 | |
| CONDUTO/TUNEL FORÇADO/GALERIA | | |
| ✓ NÚMERO DE UNIDADES (qtde): | | 1 |
| ✓ DIÂMETRO INTERNO (m): | | 2,70 |
| ✓ COMPRIMENTO MÉDIO (m): | | 125,00 |

Instruções gerais:

1) O CEG é um código único instituído pela ANEEL, para todos empreendimentos. É possível verificar se o empreendimento já tem código CEG no link: http://www2.aneel.gov.br/scg/Consulta_Empreendimento.asp
Caso ainda não exista CEG para o empreendimento, deixar o campo em branco.

2) Os valores de Potência Instalada e Líquida deverão obedecer a definição constante na Resolução Normativa nº 583/2013.

3) A ENERGIA MÉDIA TOTAL é a soma da energia agregada por todas as unidades geradoras. Não é a Energia Média Líquida, na qual se descontam as perdas por consumo interno e Linha de Transmissão.

4) O valor da POTÊNCIA INSTALADA TOTAL é determinado pela soma das Potências Instaladas de cada Unidade Geradora. Considera-se Potência Instalada de uma Unidade Geradora o menor (limitante) entre: Potência Unitária Nominal do Gerador vezes o seu Fator de Potência; ou a Potência Unitária Nominal da Turbina.

5) O valor do FATOR DE CAPACIDADE é calculado automaticamente a partir do campo ENERGIA MÉDIA e do campo POTÊNCIA INSTALADA TOTAL.

UNIDADES GERADORAS

UNIDADE GERADORA 1:

| | | |
|--|---------|----------|
| ✓ TIPO DA TURBINA 1: | Francis | |
| ✓ POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DA TURBINA 1 (kW): | | 6.082,47 |
| ✓ RENDIMENTO NOMINAL DA TURBINA 1 (%): | 93,0% | |
| ✓ VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA DA TURBINA 1 (m³/s): | | 8,32 |
| ✓ VAZÃO MÁXIMA UNITÁRIA DA TURBINA 1 (m³/s): | | 8,32 |
| ✓ VAZÃO MÍNIMA UNITÁRIA DA TURBINA 1 (m³/s): | | 4,16 |
| ✓ POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DO GERADOR 1 (kVA): | | 6.555,56 |
| ✓ RENDIMENTO NOMINAL DO GERADOR 1 (%): | 97,0% | |
| ✓ TENSÃO NOMINAL DO GERADOR 1 (kV): | | 13,80 |
| ✓ FATOR DE POTÊNCIA DO GERADOR 1 (p.u.) (0,00 a 1,00): | 0,90 | |

Atenção: potência e energia sempre em kW, e não em MW.
(1.000 kW = 1 MW)

UNIDADE GERADORA 2:

| | | |
|--|---------|----------|
| ✓ TIPO DA TURBINA 2: | Francis | |
| ✓ POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DA TURBINA 2 (kW): | | 6.082,47 |
| ✓ RENDIMENTO NOMINAL DA TURBINA 2 (%): | 93,0% | |
| ✓ VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA DA TURBINA 2 (m³/s): | | 8,32 |
| ✓ VAZÃO MÁXIMA UNITÁRIA DA TURBINA 2 (m³/s): | | 8,32 |
| ✓ VAZÃO MÍNIMA UNITÁRIA DA TURBINA 2 (m³/s): | | 4,16 |
| ✓ POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DO GERADOR 2 (kVA): | | 6.555,56 |
| ✓ RENDIMENTO NOMINAL DO GERADOR 2 (%): | 97,0% | |
| ✓ TENSÃO NOMINAL DO GERADOR 2 (kV): | | 13,80 |
| ✓ FATOR DE POTÊNCIA DO GERADOR 2 (p.u.) (0,00 a 1,00): | 0,90 | |

UNIDADE GERADORA 3:

| | | |
|--|---------|----------|
| ✓ TIPO DA TURBINA 3: | Francis | |
| ✓ POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DA TURBINA 3 (kW): | | 6.082,47 |
| ✓ RENDIMENTO NOMINAL DA TURBINA 3 (%): | 93,0% | |
| ✓ VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA DA TURBINA 3 (m³/s): | | 8,32 |
| ✓ VAZÃO MÁXIMA UNITÁRIA DA TURBINA 3 (m³/s): | | 8,32 |
| ✓ VAZÃO MÍNIMA UNITÁRIA DA TURBINA 3 (m³/s): | | 4,16 |
| ✓ POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DO GERADOR 3 (kVA): | | 6.555,56 |
| ✓ RENDIMENTO NOMINAL DO GERADOR 3 (%): | 97,0% | |
| ✓ TENSÃO NOMINAL DO GERADOR 3 (kV): | | 13,80 |
| ✓ FATOR DE POTÊNCIA DO GERADOR 3 (p.u.) (0,00 a 1,00): | 0,90 | |

UNIDADE GERADORA 4:

| | | |
|--|--|--|
| TIPO DA TURBINA 4: | | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DA TURBINA 4 (kW): | | |
| RENDIMENTO NOMINAL DA TURBINA 4 (%): | | |
| VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA DA TURBINA 4 (m³/s): | | |
| VAZÃO MÁXIMA UNITÁRIA DA TURBINA 4 (m³/s): | | |
| VAZÃO MÍNIMA UNITÁRIA DA TURBINA 4 (m³/s): | | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DO GERADOR 4 (kVA): | | |
| RENDIMENTO NOMINAL DO GERADOR 4 (%): | | |
| TENSÃO NOMINAL DO GERADOR 4 (kV): | | |
| FATOR DE POTÊNCIA DO GERADOR 4 (p.u.) (0,00 a 1,00): | | |

UNIDADE GERADORA 5:

| | | |
|--|--|--|
| TIPO DA TURBINA 5: | | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DA TURBINA 5 (kW): | | |
| RENDIMENTO NOMINAL DA TURBINA 5 (%): | | |
| VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA DA TURBINA 5 (m³/s): | | |
| VAZÃO MÁXIMA UNITÁRIA DA TURBINA 5 (m³/s): | | |
| VAZÃO MÍNIMA UNITÁRIA DA TURBINA 5 (m³/s): | | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DO GERADOR 5 (kVA): | | |
| RENDIMENTO NOMINAL DO GERADOR 5 (%): | | |
| TENSÃO NOMINAL DO GERADOR 5 (kV): | | |
| FATOR DE POTÊNCIA DO GERADOR 5 (p.u.) (0,00 a 1,00): | | |

UNIDADE GERADORA 6:

| | |
|--|--|
| TIPO DA TURBINA 6: | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DA TURBINA 6 (kW): | |
| RENDIMENTO NOMINAL DA TURBINA 6 (%): | |
| VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA DA TURBINA 6 (m³/s): | |
| VAZÃO MÁXIMA UNITÁRIA DA TURBINA 6 (m³/s): | |
| VAZÃO MÍNIMA UNITÁRIA DA TURBINA 6 (m³/s): | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DO GERADOR 6 (kVA): | |
| RENDIMENTO NOMINAL DO GERADOR 6 (%) | |
| TENSÃO NOMINAL DO GERADOR 6 (kV): | |
| FATOR DE POTÊNCIA DO GERADOR 6 (p.u.) (0,00 a 1,00): | |

UNIDADE GERADORA 7:

| | |
|--|--|
| TIPO DA TURBINA 7: | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DA TURBINA 7 (kW): | |
| RENDIMENTO NOMINAL DA TURBINA 7 (%): | |
| VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA DA TURBINA 7 (m³/s): | |
| VAZÃO MÁXIMA UNITÁRIA DA TURBINA 7 (m³/s): | |
| VAZÃO MÍNIMA UNITÁRIA DA TURBINA 7 (m³/s): | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DO GERADOR 7 (kVA): | |
| RENDIMENTO NOMINAL DO GERADOR 7 (%) | |
| TENSÃO NOMINAL DO GERADOR 7 (kV): | |
| FATOR DE POTÊNCIA DO GERADOR 7 (p.u.) (0,00 a 1,00): | |

UNIDADE GERADORA 8:

| | |
|--|--|
| TIPO DA TURBINA 8: | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DA TURBINA 8 (kW): | |
| RENDIMENTO NOMINAL DA TURBINA 8 (%): | |
| VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA DA TURBINA 8 (m³/s): | |
| VAZÃO MÁXIMA UNITÁRIA DA TURBINA 8 (m³/s): | |
| VAZÃO MÍNIMA UNITÁRIA DA TURBINA 8 (m³/s): | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DO GERADOR 8 (kVA): | |
| RENDIMENTO NOMINAL DO GERADOR 8 (%) | |
| TENSÃO NOMINAL DO GERADOR 8 (kV): | |
| FATOR DE POTÊNCIA DO GERADOR 8 (p.u.) (0,00 a 1,00): | |

UNIDADE GERADORA 9:

| | |
|--|--|
| TIPO DA TURBINA 9: | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DA TURBINA 9 (kW): | |
| RENDIMENTO NOMINAL DA TURBINA 9 (%): | |
| VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA DA TURBINA 9 (m³/s): | |
| VAZÃO MÁXIMA UNITÁRIA DA TURBINA 9 (m³/s): | |
| VAZÃO MÍNIMA UNITÁRIA DA TURBINA 9 (m³/s): | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DO GERADOR 9 (kVA): | |
| RENDIMENTO NOMINAL DO GERADOR 9 (%) | |
| TENSÃO NOMINAL DO GERADOR 9 (kV): | |
| FATOR DE POTÊNCIA DO GERADOR 9 (p.u.) (0,00 a 1,00): | |

UNIDADE GERADORA 10:

| | |
|---|--|
| TIPO DA TURBINA 10: | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DA TURBINA 10 (kW): | |
| RENDIMENTO NOMINAL DA TURBINA 10 (%): | |
| VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA DA TURBINA 10 (m³/s): | |
| VAZÃO MÁXIMA UNITÁRIA DA TURBINA 10 (m³/s): | |
| VAZÃO MÍNIMA UNITÁRIA DA TURBINA 10 (m³/s): | |
| POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL DO GERADOR 10 (kVA): | |
| RENDIMENTO NOMINAL DO GERADOR 10 (%) | |
| TENSÃO NOMINAL DO GERADOR 10 (kV): | |
| FATOR DE POTÊNCIA DO GERADOR 10 (p.u.) (0,00 a 1,00): | |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

CURVA COTA x ÁREA x VOLUME

COEFICIENTES DO POLINOMIO COTA X ÁREA

| | |
|------|-----------|
| ✓ A0 | -4,31E+08 |
| ✓ A1 | 1,40E+07 |
| ✓ A2 | -1,69E+05 |
| ✓ A3 | 9,14E+02 |
| ✓ A4 | -1,85E+00 |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

Instruções gerais:

- 1) O polinômios são do formato: $A4 * X^4 + A3 * X^3 + A2 * X^2 + A1 * X + A0$
- 2) Apresentar pontos de metro em metro (no mínimo), desde a cota mínima até a cota máxima.
- 3) Deve have no mínimo 5 pontos para as Curvas.

COEFICIENTES DO POLINOMIO COTA X VOLUME

| | |
|------|-----------|
| ✓ A0 | -1,40E+09 |
| ✓ A1 | 4,58E+07 |
| ✓ A2 | -5,63E+05 |
| ✓ A3 | 3,07E+03 |
| ✓ A4 | -6,29E+00 |

PONTOS DAS CURVAS COTA x ÁREA x VOLUME DO RESERVATÓRIO

| | COTA (m) | ÁREA (km ²) | VOL. (hm ³) |
|-----|----------|-------------------------|-------------------------|
| ✓ 1 | 118,00 | - | - |
| ✓ 2 | 119,00 | 0,00 | 0,00 |
| ✓ 3 | 120,00 | 0,00 | 0,00 |
| ✓ 4 | 121,00 | 0,00 | 0,00 |
| ✓ 5 | 122,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 123,00 | 0,00 | 0,01 |
| 7 | 124,00 | 0,01 | 0,01 |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

CURVA-CHAVE DO CANAL DE FUGA

COEFICIENTES DO POLINOMIO DO CANAL DE FUGA

| | | |
|---|----|-----------|
| ✓ | A0 | 3,43E+01 |
| ✓ | A1 | 6,82E-02 |
| ✓ | A2 | -6,22E-04 |
| ✓ | A3 | 3,23E-06 |
| ✓ | A4 | -6,12E-09 |

PONTOS DA CURVA CHAVE DO CANAL DE FUGA

| | VAZÃO (m³/s) | N.A.-JUSANTE (m) | |
|---|--------------|------------------|-------|
| ✓ | 1 | 2,49 | 34,49 |
| ✓ | 2 | 4,98 | 34,65 |
| ✓ | 3 | 9,87 | 34,94 |
| ✓ | 4 | 14,76 | 35,20 |
| ✓ | 5 | 19,66 | 35,45 |
| ✓ | 6 | 24,55 | 35,67 |
| ✓ | 7 | 29,44 | 35,87 |
| ✓ | 8 | 34,33 | 36,05 |
| ✓ | 9 | 39,22 | 36,22 |
| ✓ | 10 | 44,12 | 36,37 |
| ✓ | 11 | 49,01 | 36,51 |
| ✓ | 12 | 53,90 | 36,64 |
| ✓ | 13 | 58,79 | 36,76 |
| ✓ | 14 | 63,68 | 36,88 |
| ✓ | 15 | 68,58 | 36,98 |
| ✓ | 16 | 73,47 | 37,08 |
| ✓ | 17 | 78,36 | 37,17 |
| ✓ | 18 | 83,25 | 37,26 |
| ✓ | 19 | 88,14 | 37,34 |
| ✓ | 20 | 93,04 | 37,43 |
| ✓ | 21 | 97,93 | 37,51 |
| ✓ | 22 | 102,82 | 37,59 |
| ✓ | 23 | 205,64 | 39,20 |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

Instruções gerais:

- 1) A curva-chave deve ter seus parâmetros calibrados para as vazões na faixa de motorização, entre 50% da vazão mínima média do histórico e 200% da máxima média do histórico.
- 2) Os valores de vazões na Coluna C10 a C32 já são preenchidos automaticamente, conforme os dados informados na aba "Série de vazões médias mensais".
- 3) Deve-se preencher os N.A. de jusante (Coluna D10 a D32) correspondentes às vazões indicadas.

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

LICENCIAMENTO AMBIENTAL

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

| | |
|--|-----|
| ✓ Existe licença? | Não |
| Tipo de licença | |
| Número | |
| Órgão emissor | |
| Data de emissão (dd/mm/aaaa) | |
| Data da Validade (dd/mm/aaaa) | |
| Vazão remanescente (m ³ /s) | |
| Data de protocolo da nova solicitação | |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

Instruções gerais

- 1) As informações devem ser obrigatoriamente preenchidas, caso já haja Licença Ambiental;
- 2) Não existindo Licença, não é necessário preencher os campos.
- 3) Caso tenha sido protocolado solicitação de nova licença ainda na validade da anterior, informar a data do protocolo no campo "Data de protocolo da nova

OUTORGA DE USO DA ÁGUA

OUTORGA DE USO DA ÁGUA

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

| | |
|----------------------------------|-----|
| ✓ Existe licença? | Não |
| Tipo de Licença | |
| Número | |
| Órgão Emissor | |
| Data de emissão (dd/mm/aaaa) | |
| Data da Validade (dd/mm/aaaa) | |
| Vazão de usos consuntivos (m³/s) | |

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

Instruções gerais

- 1) A Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica - DRDH é solicitada pela própria ANEEL, após análise do Sumário Executivo.
- 2) As informações só devem ser preenchidas pelo interessado, se já tiver sido emitida DRDH para o aproveitamento.

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)

Em caso de dúvidas e pedidos de esclarecimentos, contate diretamente o técnico responsável, por e-mail ou telefone.

Telefone da secretaria da SCG: (61) 2192-8976 ou 8753

Peruntas e dúvidas frequentes:

1) Fazer o Sumário Executivo substitui fazer o Projeto Básico?

Não. O Sumário Executivo é apenas um resumo do Projeto Básico. Por meio do Sumário Executivo é que são repassadas apenas as informações que a ANEEL usa em seus procedimentos e bancos de dados - possibilitando uma análise mais célere e menos erros. O Projeto Básico correspondente também deve ser enviado à ANEEL e poderá vir a ser consultado. Portanto, devem existir tanto o Sumário Executivo, quanto o Projeto Básico, sempre com as mesmas informações.

2) Posso preencher os campos obrigatórios (em vermelho) com "-" ou "Não se aplica"?

Não. As informações obrigatórias são parâmetros mínimos necessários para a atuação da ANEEL e indispensáveis quando se execut a um bom Projeto Básico. Dessa forma, os campos obrigatórios sempre devem ser preenchidos com as informações levantadas no Projeto Básico.

3) Posso preencher somente os campos obrigatórios (em vermelho) e deixar os campos não-obrigatórios (em azul) em branco?

Não. Sempre que a informação existir, ela deverá ser fornecida. Os campos não-obrigatórios (em azul) servem para informações que podem não existir, como por exemplo: mais de uma empresa interessada no processo; ou mais de um município atingido pelo reservatório.

4) Posso enviar para a ANEEL o Sumário Executivo com pendências?

Não. Como o objetivo do Sumário Executivo é simplificar análises e dar celeridade para a etapa de Projeto Básico; a existência de pendências impede o bom desempenho e não deve ocorrer.

5) Como protocolo os documentos na ANEEL?

Há duas possibilidades: no Protocolo Geral (<http://www.aneel.gov.br/servicos-de-protocolo>) ou no Protocolo Digital (<http://www.aneel.gov.br/protocolo-digital>). Mais informações podem ser encontradas nos respectivos links.

6) Devo protocolar o Sumário Executivo e o Projeto Básico impresso e em meio digital (CD, DVD, HD -externo, etc)?

Não. Conforme a REN 673/2015, a ANEEL receberá o Sumário Executivo e o Projeto Básico somente em meio digital (CD, DVD, HD-externo, etc). Dessa forma, é primordial que se mantenha o Sumário Executivo no formato ".XLSX" para que a ANEEL possa dar celeridade às análises e procedimentos internos. Portanto, não é preciso realizar nenhuma impressão.

[Voltar ao MENU - Pré-Relatório](#)