

# CONSÓRCIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE ITAOCARA

## AHE ITAOCARA I

### ESTUDOS DE HIDRÁULICA FLUVIAL E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

**POTITA-001-1-TC-RTF-0001-R0**

**Abril/2014**

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>APRESENTAÇÃO .....</b>                        | <b>3</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                        | <b>4</b>  |
| <b>2. DADOS BÁSICOS .....</b>                    | <b>4</b>  |
| <b>3. CRITÉRIOS E PREMISSAS.....</b>             | <b>5</b>  |
| 3.1. Série de Vazões .....                       | 5         |
| 3.2. Geometria do Trecho Avaliado .....          | 8         |
| 3.3. Curva-chave de Sedimento Transportado ..... | 11        |
| 3.4. Curva Granulométrica de Sedimento.....      | 16        |
| <b>4. METODOLOGIA .....</b>                      | <b>21</b> |
| <b>5. RESULTADOS .....</b>                       | <b>22</b> |
| <b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>             | <b>33</b> |

## APRESENTAÇÃO

Belo Horizonte, 24 de abril de 2014.

Ao  
Consórcio da Usina Hidrelétrica de Itacara  
At. Eng. Antônio Carlos Borges Batista  
SCN, Quadra 4, Bloco B, Salas 904 e 1004  
CEMIG  
Belo Horizonte/MG

Prezados Senhores,

Estamos apresentando o relatório técnico final referente aos estudos de hidráulica fluvial e transporte de sedimentos para AHE Itacara I, a ser implantado no rio Paraíba do Sul. O objetivo principal dos estudos é estabelecer a curva guia de operação do reservatório da AHE Itacara I, considerando os níveis de restrição em São Sebastião do Paraíba nas cotas 92,80; 92,50 e 92,00 m.

Colocamo-nos à disposição de V. Sas. para quaisquer esclarecimentos adicionais que se fizerem necessários.

Atenciosamente,

**POTAMOS ENGENHARIA E HIDROLOGIA LTDA.**  
Avenida Barão Homem de Melo, 4386, 15º andar - conj. 1504, Estoril  
CEP: 30.494-270 - Belo Horizonte/MG  
e-mail: [geral@potamos.com.br](mailto:geral@potamos.com.br)  
Tel.: (31) 2534-5100

## 1. INTRODUÇÃO

O presente documento foi elaborado com o objetivo de estabelecer a curva guia de operação do reservatório do AHE Itaipava I, por meio da análise da hidráulica fluvial, do transporte de sedimento e do nível de água resultante na comunidade denominada São Sebastião do Paraíba para o cenário atual e após 10 e 30 anos de operação da usina. Os níveis de restrição considerados para elevação da água na referida comunidade foram as cotas 92,80 m, 92,50 m e 92,0 m.

Com a implantação da usina, o reservatório tende a aumentar o depósito de sedimento devido ao aumento do nível de água e a diminuição da velocidade de escoamento. Para determinar o transporte de sedimento e o perfil de depósito ao longo do tempo de operação da usina, é de suma importância estabelecer a relação entre a descarga sólida de arraste e a descarga sólida total. O presente trabalho avaliou as relações de 5%, 10% e 15%, apesar de o estudo básico ter adotado o valor de 5%. Para a definição da descarga de sedimento, a granulometria dos sedimentos do leito e do material afluente, foram incorporadas as novas campanhas de medições de descarga sólidas e granulométricas contratadas pela CEMIG e realizadas nos anos de 2011 e 2012.

Além deste capítulo introdutório, o relatório foi organizado em outros 05 (cinco) capítulos: **Capítulo (2)**, que apresenta os dados básicos utilizados na elaboração deste documento; **Capítulo (3)**, que trata dos critérios e premissas considerados nas modelagens hidráulicas; **Capítulo (4)**, que trata dos aspectos metodológicos; **Capítulo (5)**, que contém uma síntese dos resultados obtidos; e **Capítulo (6)**, no qual são apresentadas as conclusões.

## 2. DADOS BÁSICOS

Para o desenvolvimento do presente estudo, foram disponibilizados e consultados os seguintes dados básicos e estudos:

- × Documento PJ0722-B-R00-GR-RL-101-1A: “AHE Itaipava I – Projeto Básico”, elaborado pela PCE em abril/2010;
- × Documento S0813B01-1-G00-REF-0001: “AHE Itaipava I – Projeto Básico Otimizado”, elaborado pela SPEC em Setembro/2010;
- × Documento 0323-RT001-R01: “UHE Itaipava I – Estudo de Remanso com Fundo Móvel”, elaborado pela Potamos em Dezembro 2010;
- × Curva de Descarga do Vertedouro de Itaipava I, disponibilizada pela CEMIG em Outubro/2010;
- × Monitoramento Hidrossedimentométrico – I Campanha Estação Porto do Tuta e Roda D’água, elaborado pela HAC em Junho 2013;
- × Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico da UHE Itaipava, Relatório Técnico Final, elaborado pela Hidrogest em Abril/2012;

- \* Levantamento de Seções Topobatómicas instalação e manutenção de estações, transporte de cotas e medição de vazão a jusante do canal de fuga, elaborado pela Hidrogest em Maio/2012;

### 3. CRITÉRIOS E PREMISSAS

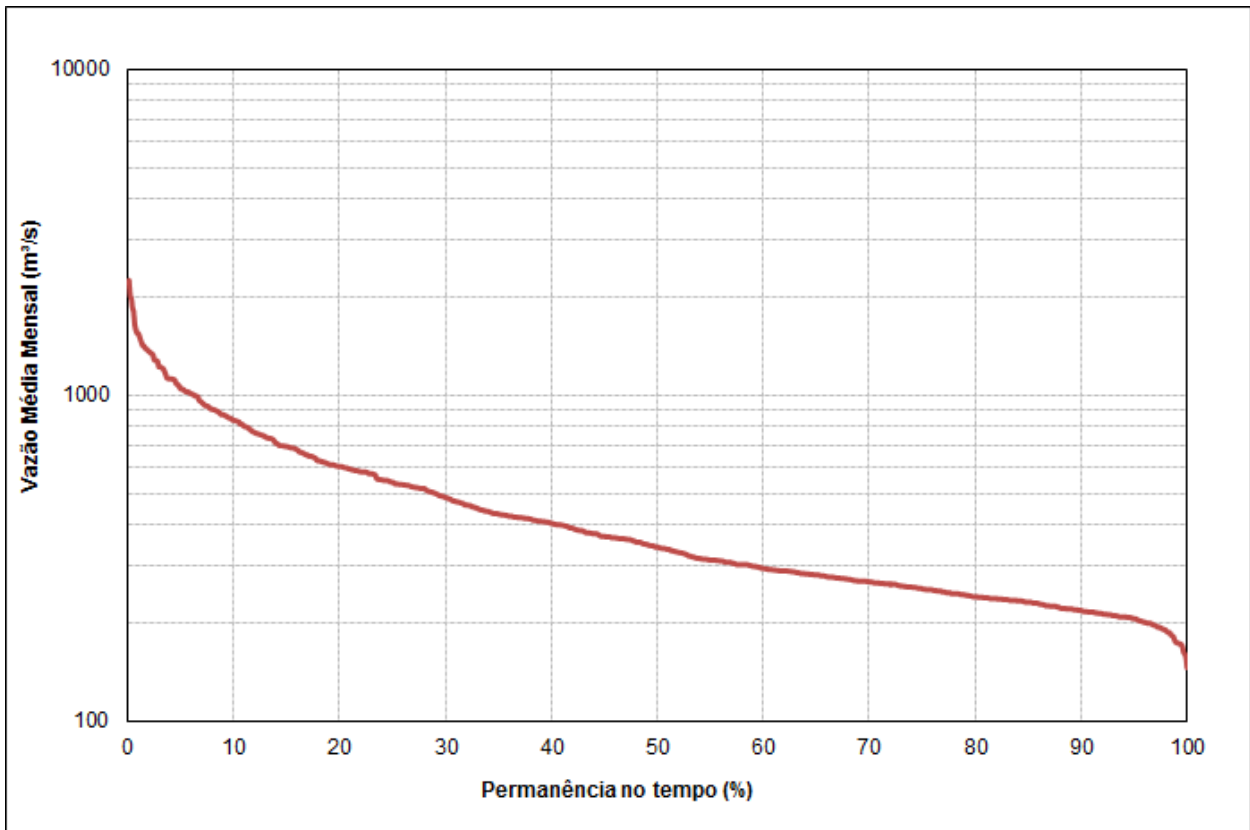
A definição da curva guia de operação foi realizada com o auxílio do programa HEC-RAS – 4.0.1 – *River Analysis System*, desenvolvido pelo *U.S. Army Corps of Engineers*. Os principais dados de entrada para a simulação são: (i) vazão afluente; (ii) geometria do trecho avaliado; e (iii) coeficiente de rugosidade (*Manning*).

O prognóstico do assoreamento do reservatório avaliado para 10 e 30 anos de operação do AHE Itaocara I foi realizado com o auxílio do programa HEC-6 - *Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs*, desenvolvido pelo *U.S. Army Corps of Engineers*, versão 4.2. Os principais dados de entrada para a simulação são: (i) série de vazão afluente; (ii) geometria do trecho avaliado; (iii) descarga de sedimento total afluente e; (iv) granulometria do leito e do material afluente.

#### 3.1. Série de Vazões

A série de vazões médias mensais adotada para simulação no HEC-6 abrange o período de janeiro de 1978 a dezembro de 2007, correspondente aos últimos 30 anos de dados apresentados no projeto básico.

Para a avaliação do nível de restrição de água em São Sebastião do Paraíba e definição dos principais quantis de vazões, analisou-se toda a série de vazões apresentada no projeto básico, sendo ele de janeiro de 1931 a dezembro de 2007. A curva de permanência está representada na Figura 3.1, sendo seus respectivos valores listados na Tabela 3.1. Na Tabela 3.2 estão apresentadas as vazões para os quantis de referência obtidos.



**Figura 3.1** – Curva de permanência das vazões médias mensais regularizadas pelo reservatório AHE Itaocara I. Fonte: Projeto Básico

**Tabela 3.1 – Vazões da curva de permanência.**

| Permanência (%) | Vazão (m <sup>3</sup> /s) |
|-----------------|---------------------------|
| 0,1             | 2255                      |
| 1               | 1541                      |
| 5               | 1047                      |
| 10              | 838                       |
| 15              | 696                       |
| 20              | 604                       |
| 25              | 541                       |
| 30              | 486                       |
| 35              | 432                       |
| 40              | 404                       |
| 45              | 369                       |
| 50              | 342                       |
| 55              | 312                       |
| 60              | 295                       |
| 65              | 281                       |
| 70              | 268                       |
| 75              | 255                       |
| 80              | 241                       |
| 85              | 232                       |
| 90              | 218                       |
| 95              | 206                       |
| 100             | 146                       |

**Tabela 3.2 – Vazões para quantis de referência.**

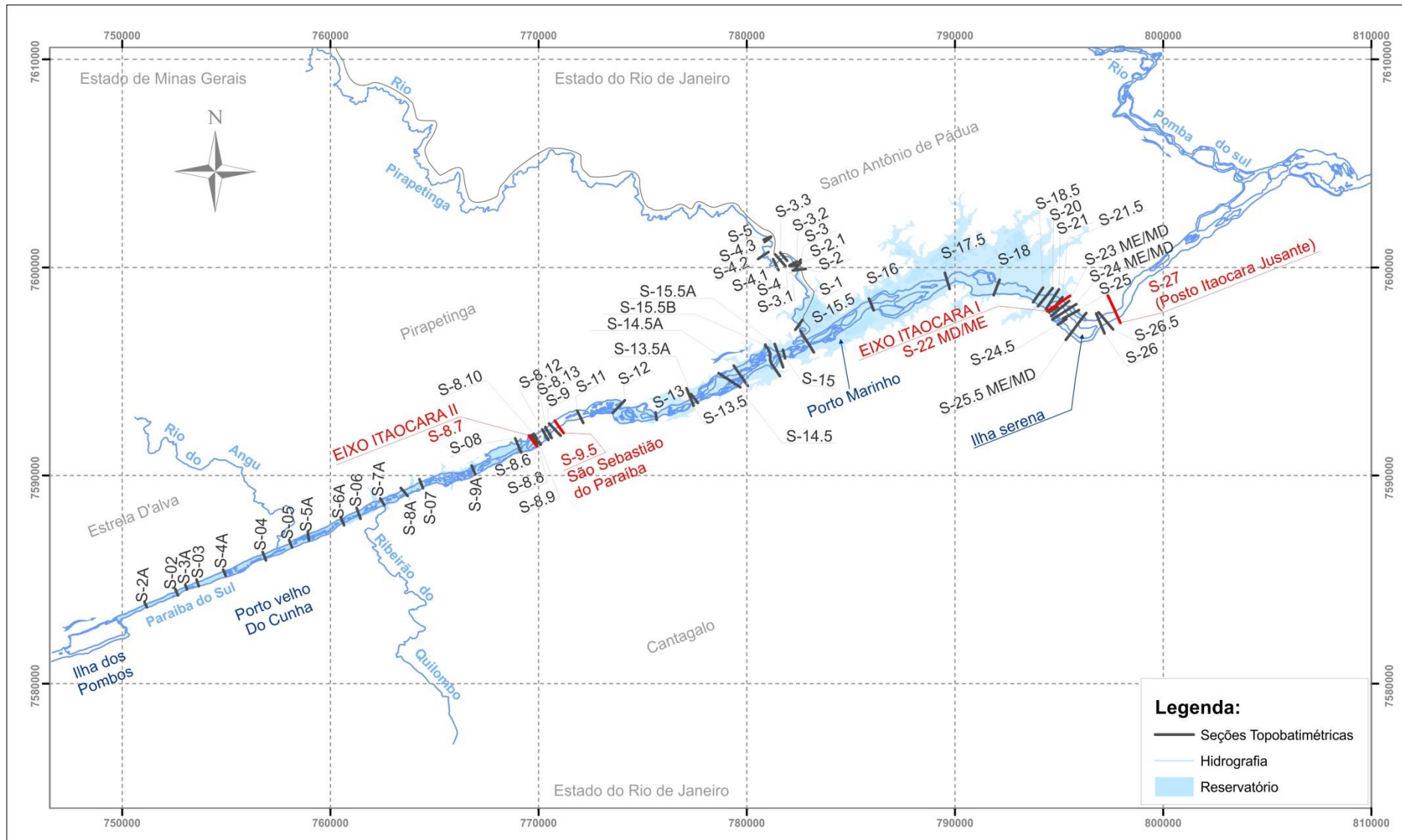
| Tempo de Retorno (anos) | Vazão (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------------------|---------------------------|
| 2                       | 2305                      |
| 5                       | 3231                      |
| 10                      | 3844                      |
| 25                      | 4619                      |
| 50                      | 5194                      |
| 100                     | 5764                      |
| 200                     | 6332                      |
| 500                     | 7082                      |
| 1000                    | 7649                      |
| 10.000                  | 9530                      |

\*Fonte: Projeto Básico

### 3.2. Geometria do Trecho Avaliado

Para a simulação do perfil de deposição de sedimento e avaliação do perfil de nível de água resultante, foram utilizadas 41 e 48 seções topobatimétricas, essa diferença no número de seções refere-se ao trecho a jusante do eixo de Itaocara I, onde as simulações que possuem a presença do barramento têm como limite de jusante a seção do próprio eixo e as simulações sem a presença do barramento na seção do Posto Itaocara Jusante. Na Figura 3.2 são apresentadas em planta as localizações das seções utilizadas e na Tabela 3.2 as suas principais descrições com a nomenclatura utilizada, com destaque para as seções S-22 – Eixo Itaocara I, S-9.5 - Posto São Sebastião do Paraíba e S-8.7 - Eixo Itaocara II, seções essas onde foram retirados os valores de nível de água nas simulações. O nível de água no eixo de Itaocara II foi avaliado devido à geração de usinas em cascata. A regra de operação da AHE Itaocara I pode influenciar e determinar o nível de água no canal de fuga da AHE Itaocara II e, conseqüentemente, impactar a geração de energia da mesma.





**Figura 3.2** – Localização das seções topobatimétricas utilizadas nos estudos de hidráulica fluvial do reservatório Itaocara I.

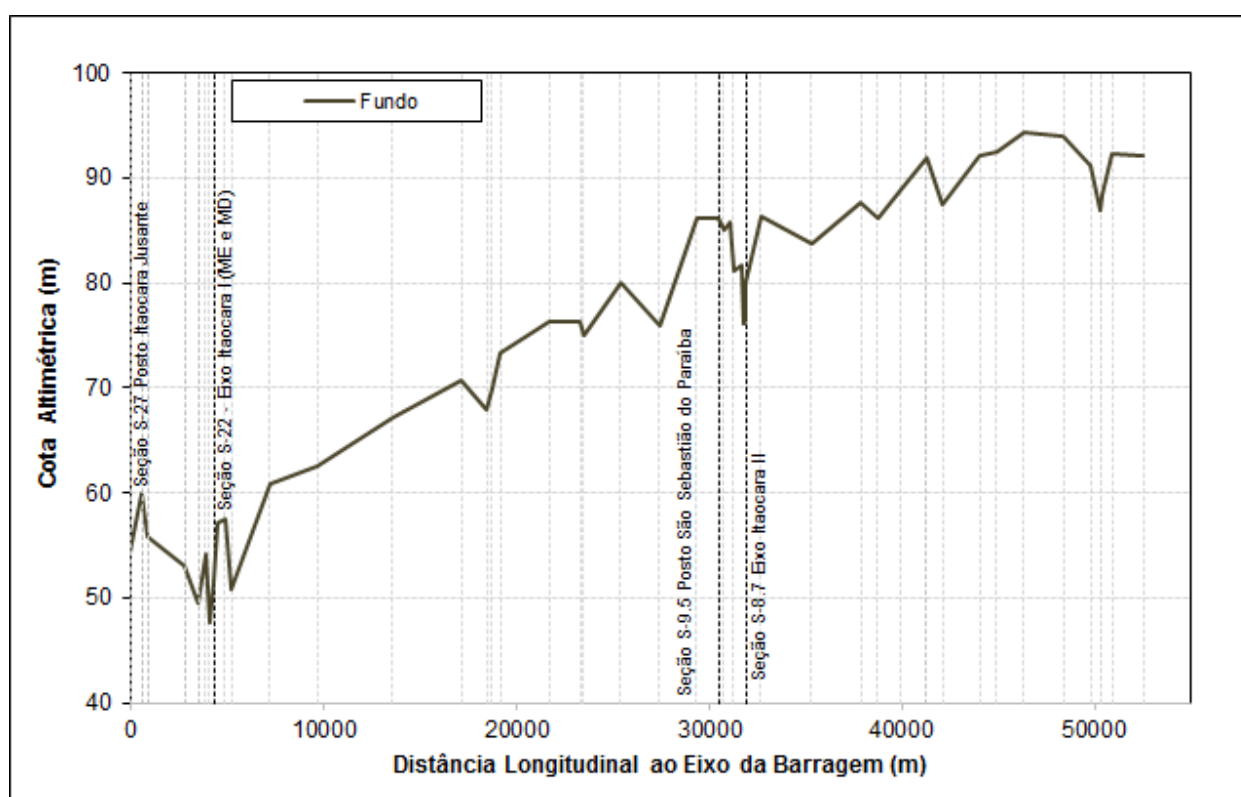
**Tabela 3.3 – Seções utilizadas para simulação.**

| <b>Descrição</b>                                  | <b>Seção</b> | <b>Distância (m)</b> | <b>Fundo (m)</b> |
|---|--------------|----------------------|------------------|
| <b>Seção S-27 Posto Itaocara Jusante</b>          | <b>1,00</b>  | <b>0,00</b>          | <b>54,35</b>     |
| Seção S-26.5                                      | 2,00         | 612,51               | 60,00            |
| Seção S-26 Jusante Ilha Serena                    | 3,00         | 902,49               | 55,85            |
| Seção S-25.5 (ME e MD)                            | 6,00         | 2847,49              | 52,96            |
| Seção S-25 ME e Seção S-24.5 MD                   | 6,50         | 3531,54              | 49,46            |
| Seção S-24 (ME e MD)                              | 7,00         | 3888,67              | 54,08            |
| Seção S-23 (ME e MD)                              | 9,00         | 4090,66              | 47,62            |
| <b>Seção S-22 - Eixo Itaocara I (ME e MD)</b>     | <b>11,00</b> | <b>4365,32</b>       | <b>51,55</b>     |
| Seção S-21 Montante Ilha Serena                   | 14,00        | 4551,32              | 57,15            |
| Seção S-20  | 15,00        | 4910,32              | 57,46            |
| Seção S-18.5                                      | 18,00        | 5254,32              | 50,86            |
| Seção S-18  | 19,00        | 7233,32              | 60,89            |
| Seção S-17.5 Porto das Cruzes                     | 20,00        | 9729,32              | 62,59            |
| Seção S-16  | 23,00        | 13586,32             | 67,24            |
| Seção S-15.5 Porto Marinho                        | 24,00        | 17189,33             | 70,64            |
| Seção S-15  | 25,00        | 18483,61             | 67,87            |
| Seção S-15.5A                                     | 25,30        | 18757,61             | 69,90            |
| Seção S-15.5B                                     | 25,60        | 19213,61             | 73,35            |
| Seção S-14.5A                                     | 25,90        | 21717,61             | 76,36            |
| Seção S-13.5A                                     | 27,00        | 23343,61             | 76,29            |
| Seção S-13.5 Porto do Tuta                        | 28,00        | 23491,61             | 74,94            |
| Seção S-13  | 29,00        | 25411,61             | 80,05            |
| Seção S-12  | 31,00        | 27421,61             | 75,89            |
| Seção S-11  | 33,00        | 29371,61             | 86,14            |
| <b>Seção S-9.5 Posto São Sebastião do Paraíba</b> | <b>35,00</b> | <b>30536,61</b>      | <b>86,10</b>     |
| Seção S-9   | 37,00        | 30796,61             | 85,10            |
| Seção S-8.13                                      | 37,10        | 31099,61             | 85,79            |
| Seção S-8.12                                      | 37,20        | 31293,31             | 81,18            |
| Seção S-8.10                                      | 37,30        | 31735,21             | 81,71            |
| Seção S-8.9                                       | 37,40        | 31811,10             | 76,16            |
| Seção S-8.8                                       | 37,50        | 31870,26             | 76,41            |
| <b>Seção S-8.7 Eixo Itaocara II</b>               | <b>37,60</b> | <b>31923,89</b>      | <b>80,05</b>     |
| Seção S-8   | 38,00        | 32695,82             | 86,32            |
| Seção S-9A  | 39,00        | 35331,52             | 83,76            |
| Seção S-7   | 40,00        | 37897,52             | 87,68            |
| Seção S-8A  | 41,00        | 38778,93             | 86,21            |
| Seção S-7A  | 42,00        | 39990,11             | 89,02            |
| Seção S-06  | 43,00        | 41306,80             | 91,96            |
| Seção S-06A                                       | 44,00        | 42162,79             | 87,40            |
| Seção S-5A  | 45,00        | 44061,64             | 92,17            |
| Seção S-05  | 46,00        | 44944,01             | 92,47            |
| Seção S-04  | 47,00        | 46332,21             | 94,25            |

**Tabela 3.3 continuação – Seções utilizadas para simulação.**

| Descrição   | Seção | Distância (m) | Fundo (m) |
|-------------|-------|---------------|-----------|
| Seção S-04A | 48,00 | 48416,10      | 93,91     |
| Seção S-03  | 49,00 | 49801,88      | 91,18     |
| Seção S-2.5 | 50,00 | 50337,50      | 86,93     |
| Seção S-03A | 51,00 | 50396,36      | 88,32     |
| Seção S-02  | 52,00 | 50919,78      | 92,26     |
| Seção S-2A  | 53,00 | 52529,86      | 92,07     |

A Figura 3.3 apresenta o perfil longitudinal das referidas seções, com destaque para a localização do Posto Itacocara Jusante, São Sebastião do Paraíba e o eixo Itacocara II.



**Figura 3.3 – Perfil topográfico do trecho do reservatório Itacocara I.**

Os coeficientes de Manning utilizados foram os mesmos obtidos na calibração realizada no estudo anterior (POTAMOS, 2010).

### 3.3. Curva-chave de Sedimento Transportado

Para a definição da curva-chave de sedimento afluente foram avaliados os dados de medição de descarga sólida em suspensão realizadas pelo Consórcio UHE Itacocara desde o ano de 1998 até as 14 medições mais recentes de 2011 e 2012. A Tabela 3.4 apresenta os resumos das campanhas de medições levantadas.

**Tabela 3.4 – Resumo das campanhas de medições de sedimento.**

| Local da Medição | Campanha   | Data                           | Vazão (m³/s) | Concentração Sólidos Suspensão (mg/l) |
|------------------|------------|--------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Itaocara Jusante | Anteriores | 30/12/1998                     | 547,0        | -                                     |
|                  |            | 14/01/1999                     | 453,0        | -                                     |
|                  |            | 18/01/1999                     | 705,0        | -                                     |
|                  |            | 25/01/1999                     | 582,0        | 55,0                                  |
|                  |            | 19/02/1999                     | 565,0        | 35,0                                  |
|                  |            | 27/02/1999                     | 762,0        | 47,0                                  |
|                  |            | 02/03/1999                     | 1034,0       | 117,0                                 |
|                  |            | 06/04/1999                     | 348,0        | 70,0                                  |
|                  |            | 09/04/1999                     | 343,0        | 63,0                                  |
|                  |            | 05/05/1999                     | 258,0        | 20,0                                  |
|                  |            | 10/08/1999                     | 209,0        | 52,0                                  |
|                  |            | 14/09/1999                     | 204,0        | 20,0                                  |
|                  |            | 14/10/1999                     | 220,0        | 16,0                                  |
|                  |            | 30/11/1999                     | 312,0        | 67,0                                  |
|                  |            | 21/12/1999                     | 315,0        | 26,0                                  |
|                  |            | 25/01/2000                     | 416,0        | 55,0                                  |
|                  |            | 14/03/2000                     | 577,0        | 57,0                                  |
|                  |            | 25/04/2000                     | 271,0        | 14,0                                  |
|                  |            | 30/05/2000                     | 237,0        | 6,0                                   |
|                  |            | 04/07/2000                     | 218,0        | 4,0                                   |
|                  |            | 10/08/2000                     | 249,0        | 47,0                                  |
|                  |            | 12/09/2000                     | 212,0        | 12,0                                  |
|                  |            | 03/10/2000                     | 231,0        | 6,0                                   |
|                  |            | 08/11/2000                     | 236,0        | 25,0                                  |
|                  |            | 12/12/2000                     | 308,0        | 48,0                                  |
|                  |            | 06/02/2001                     | 498,0        | 79,0                                  |
|                  |            | 27/03/2001                     | 255,0        | 28,0                                  |
|                  |            | 17/04/2001                     | 327,0        | 30,0                                  |
|                  |            | 16/05/2001                     | 337,0        | 33,0                                  |
|                  |            | 10/07/2001                     | 199,0        | 14,0                                  |
|                  |            | 07/03/2002                     | 258,0        | 60,0                                  |
|                  |            | Itaocara II – Formiga Montante |              | 03/03/2009                            |
| 03/03/2009       | 951,0      |                                |              | 229,0                                 |
| 04/03/2009       | 833,0      |                                |              | 165,0                                 |
| 10/03/2009       | 713,0      |                                |              | 82,0                                  |
| 11/03/2009       | 770,0      |                                |              | 114,0                                 |
| 24/03/2009       | 584,0      |                                |              | 87,0                                  |
| 24/03/2009       | 659,0      |                                |              | 87,0                                  |

**Tabela 3.4 Continuação**– Resumo das Campanhas de Medições de Sedimento.

| Local da Medição      | Campanha | Data       | Vazão (m³/s) | Concentração Sólidos Suspensão (mg/l) |
|-----------------------|----------|------------|--------------|---------------------------------------|
| Itaocara II – Formiga | 1ª       | 11/02/2011 | 245,0        | 131,30                                |
| Porto do Tuta         | 2ª       | 22/03/2011 | 700,0        | 81,10                                 |
|                       | 3ª       | 12/04/2011 | 857,0        | 73,08                                 |
|                       | 4ª       | 26/04/2011 | 478,0        | 40,42                                 |
|                       | 5ª       | 24/05/2011 | 314,0        | 16,49                                 |
|                       | 6ª       | 25/05/2011 | 326,0        | 17,51                                 |
|                       | 7ª       | 14/12/2011 | 350,0        | 74,87                                 |
|                       | 8ª       | 07/02/2012 | 596,0        | 87,35                                 |
| Roda D'água           | 9ª       | 05/11/2011 | 297,0        |                                       |
|                       | 10ª      | 07/02/2012 | 517,0        |                                       |
|                       | 11ª      | 08/02/2012 | 554,0        |                                       |
|                       | 12ª      | 01/03/2012 | 384,0        |                                       |
|                       | 13ª      | 20/03/2012 | 456,0        |                                       |
|                       | 14ª      | 03/05/2012 | 574,0        |                                       |

Para o cálculo da descarga sólida em suspensão em toneladas por dia, unidade utilizada para curva de descarga de sedimento, aplicou-se a equação:

$$DSS = 0,0864 * Q * CSS$$

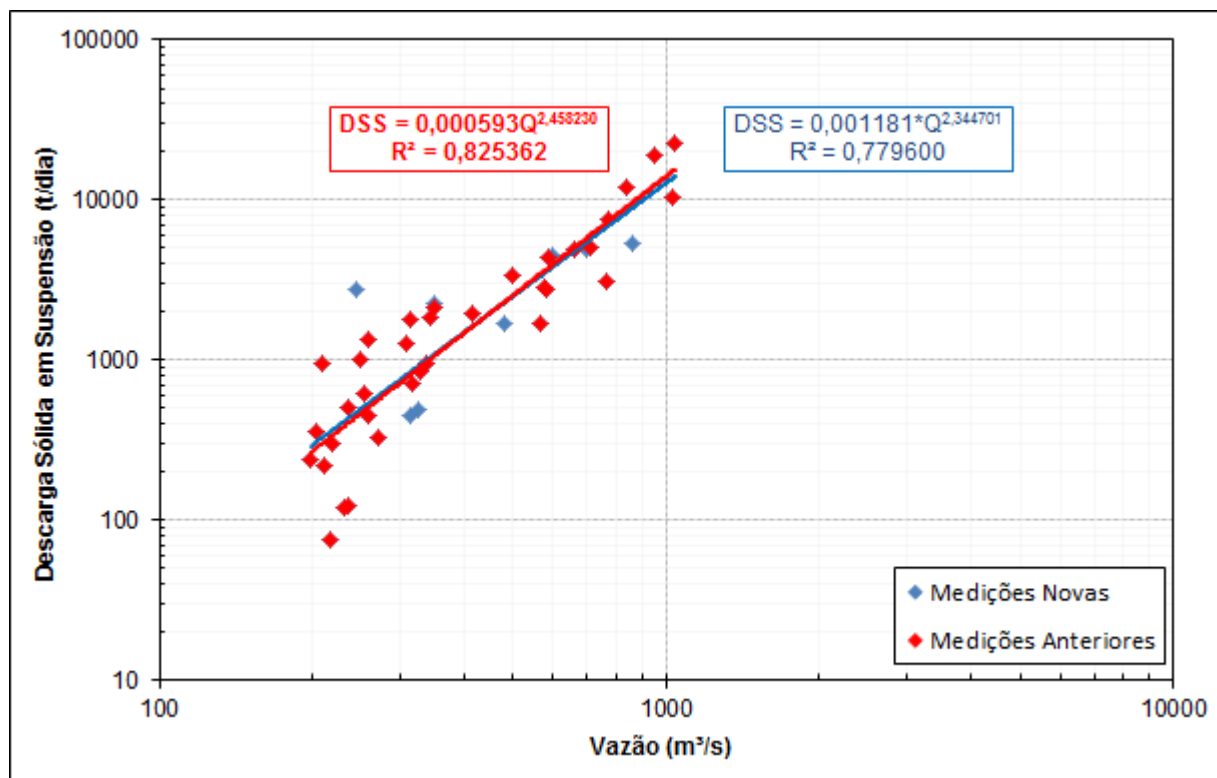
Onde:

$Q$  = vazão (m³/s);

$CSS$  = concentração de sólidos em suspensão (mg/l).

Apesar de terem sido realizadas 14 campanhas, apenas 8 delas levantaram a concentração de sólidos em suspensão, dado necessário para cálculo do sedimento afluente.

Analisando os dados levantados e as curvas de tendência ajustadas por equações de potência, para os dados com e sem a incorporação dos novos levantamentos, optou-se por manter a curva-chave de sedimento estabelecida anteriormente e utilizada no “Estudo de Remanso com Fundo Móvel” (POTAMOS, 2010), visto que as novas medições (pontos azuis na Figura 3.4) não resultaram em alterações significativas na curva de descarga sólida em suspensão.



**Figura 3.4** – Resumo das campanhas de medições e ajuste de tendência para descarga de sedimento em suspensão.

Para a definição da curva de descarga sólida total, obtida através da soma entre a descarga em suspensão e de arraste, adotou-se como premissa que o sedimento em arraste corresponde a uma parcela do sedimento total de 5% a 15%. Foi necessário adotar essa premissa, visto que não há dados medidos do sedimento de arraste no local devido a grande dificuldade de execução.

Cabe aqui ressaltar que a parcela de sedimento de arraste adotada no projeto básico foi de 5%. Entretanto, optou-se por realizar uma variação de até 15% para uma análise de sensibilidade dada a incerteza de tal relação. Porém, sabe-se que a descarga de sedimento de arraste no trecho de interesse do rio Paraíba do Sul é de pequena magnitude devido à retenção proporcionada por reservatórios localizados a montante, fato evidenciado pela ausência de delta de sedimento no reservatório da UHE Ilha dos Pombos e de bancos de areia nos afloramentos rochosos no leito do rio. Nas Figuras 3.5 a 3.7 são apresentadas as curvas de descarga de sedimento total para as relações de 5%, 10% e 15%, respectivamente.

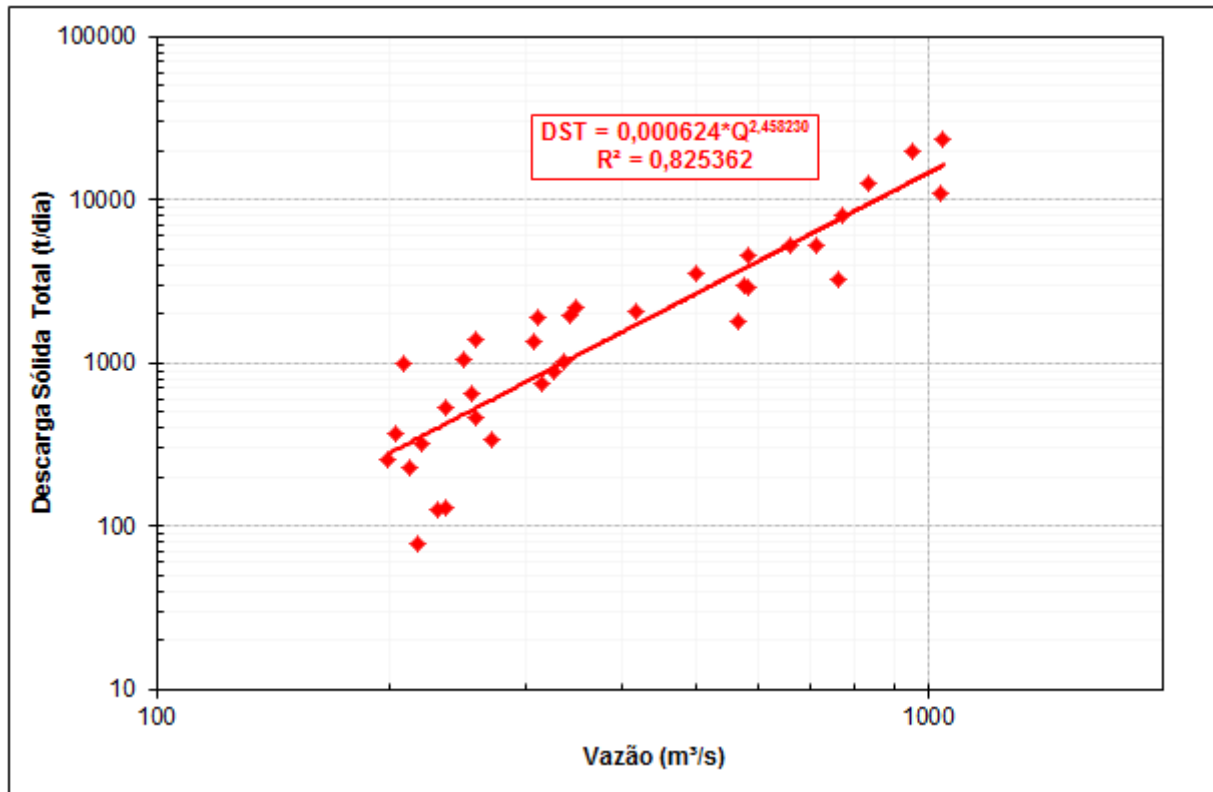


Figura 3.5 – Curva adotada para descarga de sedimento total com 5% de descarga de arraste.

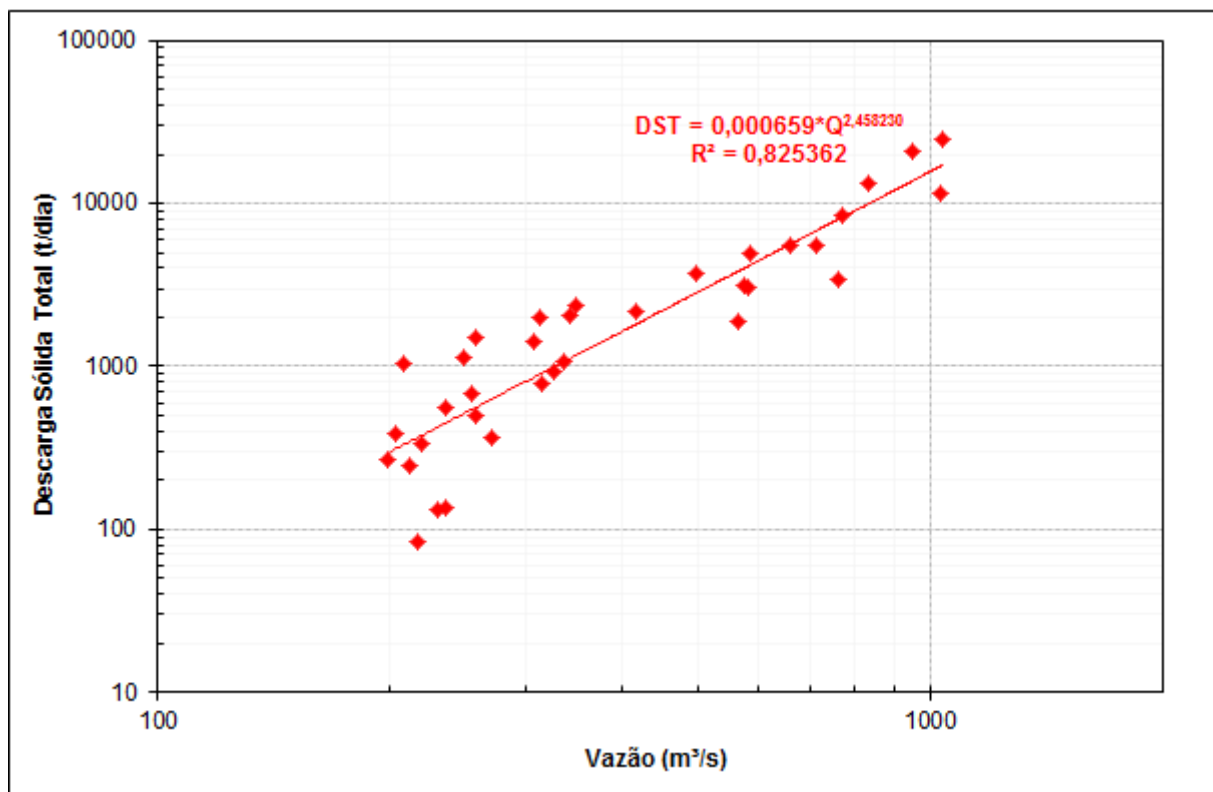
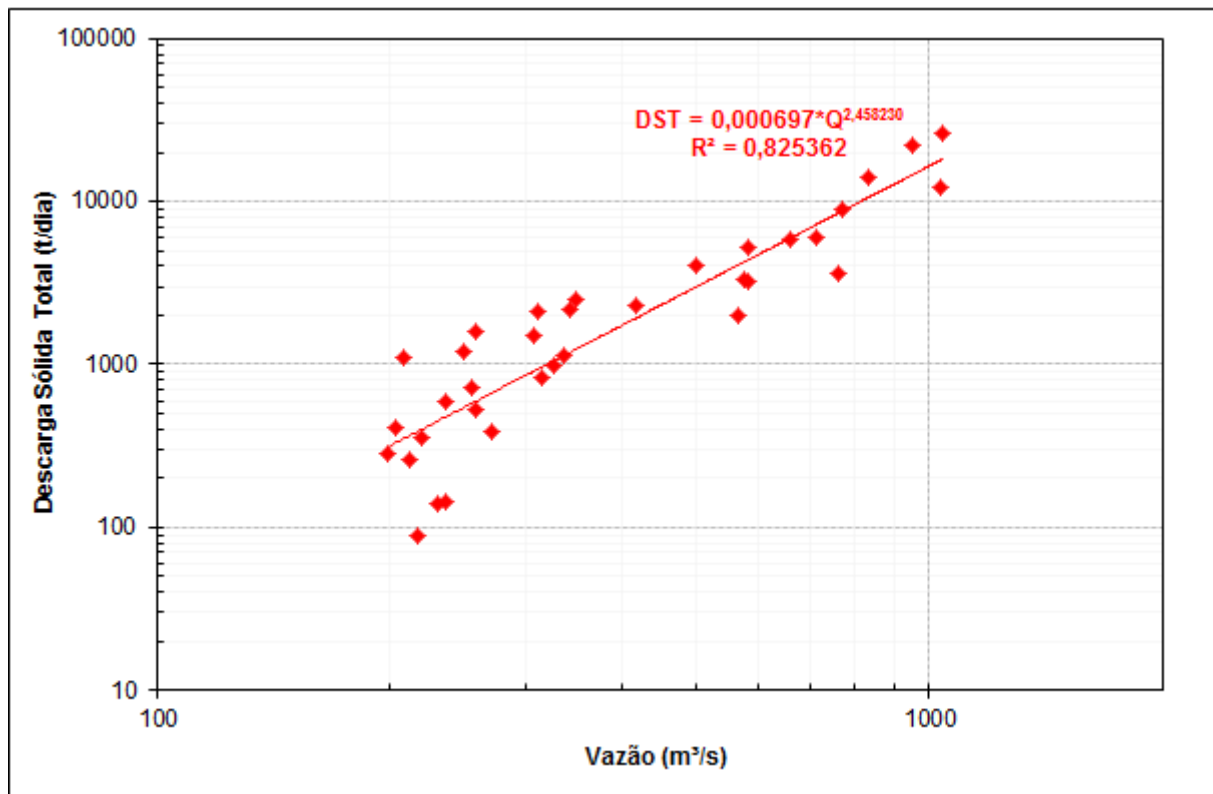


Figura 3.6 – Curva adotada para descarga de sedimento total com 10% de descarga de arraste.



**Figura 3.7** – Curva adotada para descarga de sedimento total com 15% de descarga de arraste.

### 3.4. Curva Granulométrica de Sedimento

Para definição das curvas granulométricas do leito e do material afluyente foram analisados os levantamentos granulométricos realizados anteriormente, apresentados no projeto básico e as novas amostras levantadas.

Na Tabela 3.5 estão apresentados os valores dos levantamentos granulométricos do fundo.



**Tabela 3.5 – Resumo das Campanhas de Medições de Sedimento.**

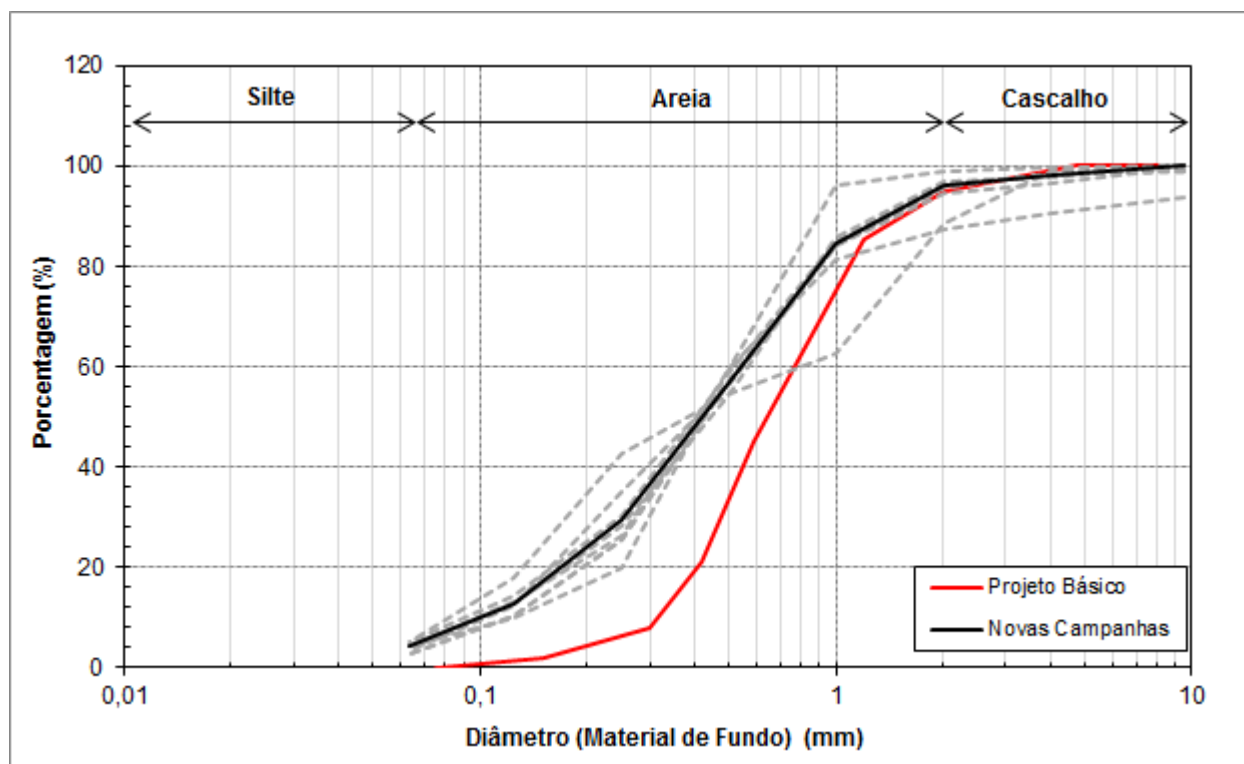
| Campanha                       | Data       | Peneira |       | ME     | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6    | 7 | 8      | 9      | 10    | MD     | Média  |       |
|--------------------------------|------------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|---|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
|                                |            | Nº      | mm    |        |        |        |        |        |        |      |   |        |        |       |        |        |       |
| Itaocara II - Formiga Montante | 11/02/2011 | 3/8"    | 9,52  | 100,00 |        | 100,00 |        |        |        |      |   |        |        |       | 100,00 | 100,00 |       |
|                                |            | 5       | 4     | 100,00 |        | 97,98  |        |        |        |      |   |        |        |       |        | 100,00 | 98,99 |
|                                |            | 10      | 2     | 100,00 |        | 77,65  |        |        |        |      |   |        |        |       |        | 99,82  | 88,74 |
|                                |            | 18      | 1     | 99,70  |        | 26,38  |        |        |        |      |   |        |        |       |        | 99,27  | 62,83 |
|                                |            | 35      | 0,5   | 98,22  |        | 12,64  |        |        |        |      |   |        |        |       |        | 97,09  | 54,87 |
|                                |            | 60      | 0,25  | 73,76  |        | 9,51   |        |        |        |      |   |        |        |       |        | 76,18  | 42,85 |
|                                |            | 120     | 0,125 | 31,19  |        | 2,55   |        |        |        |      |   |        |        |       |        | 33,09  | 17,82 |
|                                |            | 230     | 0,063 | 6,73   |        | 0,29   |        |        |        |      |   |        |        |       |        | 9,64   | 4,97  |
|                                |            | Fundo   |       | 0,00   |        | 0,00   |        |        |        |      |   |        |        |       |        | 0,00   | 0,00  |
| Porto do Tuta                  | 22/03/2011 | 3/8"    | 9,52  | 100,00 | 100,00 |        |        | 100,00 |        |      |   | 74,91  |        |       | 100,00 | 93,73  |       |
|                                |            | 5       | 4     | 100,00 | 100,00 |        |        | 100,00 |        |      |   | 62,70  |        |       | 100,00 | 90,68  |       |
|                                |            | 10      | 2     | 99,78  | 100,00 |        |        | 98,60  |        |      |   | 51,06  |        |       | 99,26  | 87,23  |       |
|                                |            | 18      | 1     | 99,33  | 99,45  |        |        | 90,53  |        |      |   | 37,87  |        |       | 97,52  | 81,34  |       |
|                                |            | 35      | 0,5   | 98,20  | 69,32  |        |        | 51,40  |        |      |   | 23,32  |        |       | 94,80  | 59,71  |       |
|                                |            | 60      | 0,25  | 81,12  | 7,71   |        |        | 9,78   |        |      |   | 5,45   |        |       | 82,18  | 26,28  |       |
|                                |            | 120     | 0,125 | 42,25  | 0,71   |        |        | 2,17   |        |      |   | 1,19   |        |       | 48,27  | 13,09  |       |
|                                |            | 230     | 0,063 | 16,40  | 0,16   |        |        | 0,47   |        |      |   | 0,10   |        |       | 16,09  | 4,21   |       |
|                                |            | Fundo   |       | 0,00   | 0,00   |        |        | 0,00   |        |      |   | 0,00   |        |       | 0,00   | 0,00   |       |
| Porto do Tuta                  | 12/04/2011 | 3/8"    | 9,52  | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |      |   | 100,00 | 100,00 | 89,79 | 100,00 | 98,87  |       |
|                                |            | 5       | 4     | 99,51  | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |      |   | 99,44  | 100,00 | 88,09 | 100,00 | 98,61  |       |
|                                |            | 10      | 2     | 99,19  | 100,00 | 100,00 | 99,58  | 99,84  | 98,87  |      |   | 78,00  | 100,00 | 88,09 | 98,42  | 95,87  |       |
|                                |            | 18      | 1     | 98,70  | 99,81  | 99,26  | 87,35  | 93,42  | 75,19  |      |   | 16,33  | 99,15  | 87,52 | 98,22  | 84,03  |       |
|                                |            | 35      | 0,5   | 97,03  | 91,50  | 63,65  | 26,69  | 56,57  | 11,06  |      |   | 1,95   | 84,22  | 84,52 | 96,77  | 57,44  |       |
|                                |            | 60      | 0,25  | 73,79  | 30,52  | 4,78   | 4,62   | 6,50   | 0,39   |      |   | 0,70   | 22,30  | 66,36 | 93,41  | 25,51  |       |
|                                |            | 120     | 0,125 | 32,50  | 4,18   | 0,53   | 0,55   | 0,56   | 0,09   |      |   | 0,28   | 2,85   | 15,88 | 66,69  | 10,18  |       |
|                                |            | 230     | 0,063 | 10,73  | 0,58   | 0,11   | 0,09   | 0,08   | 0,04   |      |   | 0,14   | 0,32   | 2,27  | 20,19  | 2,65   |       |
|                                |            | Fundo   |       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00 |   |        | 0,00   | 0,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00  |

| Campanha      | Data       | Peneira |       | ME     | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7    | 8      | 9      | 10     | MD     | Média  |        |
|---------------|------------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|               |            | Nº      | mm    |        |        |        |        |        |        |        |      |        |        |        |        |        |        |
| Porto do Tuta | 26/04/2011 | 3/8"    | 9,52  | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |      | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
|               |            | 5       | 4     | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 98,79  | 100,00 |      | 98,83  | 99,73  | 81,36  | 100,00 | 100,00 | 97,87  |
|               |            | 10      | 2     | 99,76  | 100,00 | 100,00 | 99,81  | 99,72  | 94,47  | 99,91  |      | 93,46  | 99,64  | 81,36  | 99,56  | 99,56  | 96,79  |
|               |            | 18      | 1     | 97,59  | 99,50  | 98,91  | 93,51  | 93,67  | 56,56  | 82,88  |      | 53,42  | 98,48  | 81,36  | 98,25  | 98,25  | 85,65  |
|               |            | 35      | 0,5   | 89,88  | 93,50  | 65,22  | 42,34  | 64,62  | 9,86   | 14,93  |      | 6,64   | 72,61  | 80,51  | 95,61  | 95,61  | 54,58  |
|               |            | 60      | 0,25  | 63,37  | 32,00  | 11,36  | 18,60  | 30,54  | 2,65   | 5,27   |      | 0,68   | 17,91  | 75,42  | 87,72  | 87,72  | 28,22  |
|               |            | 120     | 0,125 | 42,17  | 4,00   | 1,19   | 7,75   | 12,01  | 1,06   | 1,05   |      | 0,29   | 1,97   | 46,61  | 51,10  | 51,10  | 12,70  |
|               |            | 230     | 0,063 | 22,17  | 0,50   | 0,10   | 1,26   | 2,42   | 0,15   | 0,09   |      | 0,10   | 0,27   | 16,10  | 24,56  | 24,56  | 4,56   |
|               |            | Fundo   |       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Porto do Tuta | 24/05/2011 | 3/8"    | 9,52  | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |      | 99,63  | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 99,96  |
|               |            | 5       | 4     | 100,00 | 67,24  | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 99,61  | 100,00 |      | 98,41  | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 96,53  |
|               |            | 10      | 2     | 99,10  | 63,79  | 100,00 | 99,88  | 99,75  | 96,52  | 100,00 |      | 86,90  | 99,72  | 99,19  | 99,76  | 99,76  | 94,55  |
|               |            | 18      | 1     | 95,03  | 62,07  | 96,82  | 90,64  | 99,75  | 60,60  | 97,94  |      | 37,79  | 98,72  | 98,10  | 99,28  | 99,28  | 84,17  |
|               |            | 35      | 0,5   | 76,98  | 56,03  | 39,56  | 44,95  | 96,95  | 12,00  | 32,65  |      | 2,71   | 85,25  | 97,02  | 97,60  | 97,60  | 56,47  |
|               |            | 60      | 0,25  | 43,12  | 31,90  | 2,90   | 14,78  | 82,99  | 2,52   | 8,93   |      | 0,37   | 24,82  | 92,14  | 91,13  | 91,13  | 35,25  |
|               |            | 120     | 0,125 | 22,35  | 6,90   | 0,36   | 3,20   | 42,13  | 0,39   | 1,37   |      | 0,09   | 1,70   |        | 53,24  | 53,24  | 12,15  |
|               |            | 230     | 0,063 | 10,38  | 0,86   | 0,09   | 0,37   | 9,64   | 0,10   | 0,34   |      | 0,00   | 0,28   |        | 22,06  | 22,06  | 3,75   |
|               |            | Fundo   |       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Porto do Tuta | 25/05/2011 | 3/8"    | 9,52  | 100,00 | 97,31  | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |        |      | 100,00 | 100,00 | 98,60  | 100,00 | 100,00 | 99,55  |
|               |            | 5       | 4     | 100,00 | 85,56  | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 99,83  |        |      | 99,14  | 100,00 | 98,60  | 100,00 | 100,00 | 98,13  |
|               |            | 10      | 2     | 99,42  | 84,85  | 99,89  | 99,89  | 99,78  | 98,26  |        |      | 89,93  | 99,87  | 97,90  | 99,34  | 99,34  | 96,63  |
|               |            | 18      | 1     | 98,46  | 82,71  | 97,46  | 92,68  | 98,01  | 65,85  |        |      | 38,06  | 98,66  | 96,50  | 96,47  | 96,47  | 85,16  |
|               |            | 35      | 0,5   | 97,30  | 63,80  | 46,58  | 44,78  | 87,17  | 12,06  |        |      | 3,02   | 85,62  | 95,33  | 91,39  | 91,39  | 58,86  |
|               |            | 60      | 0,25  | 80,35  | 11,90  | 3,75   | 12,70  | 62,17  | 2,44   |        |      | 0,94   | 28,31  | 81,78  | 69,76  | 69,76  | 30,42  |
|               |            | 120     | 0,125 | 29,87  | 0,86   | 0,33   | 2,15   | 29,87  | 0,70   |        |      | 0,29   | 3,45   | 47,66  | 42,16  | 42,16  | 14,16  |
|               |            | 230     | 0,063 | 4,62   | 0,10   | 0,11   | 0,22   | 7,08   | 0,04   |        |      | 0,08   | 0,38   | 20,09  | 17,00  | 17,00  | 5,01   |
|               |            | Fundo   |       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |

| Campanha      | Data       | Peneira |       | ME     | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | MD     | Média  |       |
|---------------|------------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|----|--------|--------|-------|
|               |            | Nº      | mm    |        |        |        |        |        |        |   |   |   |   |    |        |        |       |
| Porto do Tuta | 14/12/2011 | 3/8"    | 9,52  | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |   |   |   |   |    | 100,00 | 100,00 |       |
|               |            | 5       | 4     | 98,49  | 99,74  | 99,10  | 100,00 | 99,75  | 100,00 |   |   |   |   |    | 100,00 | 99,77  |       |
|               |            | 10      | 2     | 95,14  | 99,41  | 98,28  | 99,42  | 99,32  | 99,69  |   |   |   |   |    |        | 98,77  | 99,15 |
|               |            | 18      | 1     | 88,11  | 91,47  | 96,15  | 97,01  | 96,28  | 99,14  |   |   |   |   |    |        | 97,78  | 96,31 |
|               |            | 35      | 0,5   | 71,69  | 16,54  | 57,21  | 57,96  | 56,84  | 74,45  |   |   |   |   |    |        | 96,06  | 59,84 |
|               |            | 60      | 0,25  | 43,55  | 0,98   | 6,89   | 6,65   | 6,76   | 7,32   |   |   |   |   |    |        | 91,62  | 20,04 |
|               |            | 120     | 0,125 | 22,61  | 0,26   | 0,82   | 0,68   | 1,10   | 0,93   |   |   |   |   |    |        | 55,71  | 9,92  |
|               |            | 230     | 0,063 | 8,04   | 0,07   | 0,25   | 0,19   | 0,25   | 0,23   |   |   |   |   |    |        | 26,37  | 4,56  |
|               |            | Fundo   |       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |   |   |   |   |    |        | 0,00   | 0,00  |
| Porto do Tuta | 07/02/2012 | 3/8"    | 9,52  | 100,00 | 100,00 | 100,00 |        |        |        |   |   |   |   |    | 100,00 | 100,00 |       |
|               |            | 5       | 4     | 100,00 | 100,00 | 97,77  |        |        |        |   |   |   |   |    | 100,00 | 99,26  |       |
|               |            | 10      | 2     | 100,00 | 99,64  | 93,54  |        |        |        |   |   |   |   |    | 99,55  | 97,58  |       |
|               |            | 18      | 1     | 98,55  | 91,07  | 64,63  |        |        |        |   |   |   |   |    | 98,44  | 84,71  |       |
|               |            | 35      | 0,5   | 93,95  | 29,40  | 17,14  |        |        |        |   |   |   |   |    | 96,43  | 47,66  |       |
|               |            | 60      | 0,25  | 66,59  | 12,53  | 6,23   |        |        |        |   |   |   |   |    | 84,15  | 34,30  |       |
|               |            | 120     | 0,125 | 37,53  | 3,97   | 1,37   |        |        |        |   |   |   |   |    | 44,42  | 16,59  |       |
|               |            | 230     | 0,063 | 17,43  | 0,36   | 0,17   |        |        |        |   |   |   |   |    | 16,29  | 5,61   |       |
|               |            | Fundo   |       | 0,00   | 0,00   | 0,00   |        |        |        |   |   |   |   |    |        | 0,00   | 0,00  |

\*ME= Margem Esquerda, MD= Margem Direita

Na Figura 3.8 estão apresentadas as curvas granulométricas do leito utilizadas no projeto básico e a curva obtida pela média das medianas das novas campanhas.



**Figura 3.8** – Curva granulométrica de fundo apresentada no projeto básico e os valores das novas campanhas.

Optou-se por utilizar a curva granulométrica relativa às novas campanhas ao invés da curva do projeto básico, pois foram identificados materiais mais finos (areia de menor granulometria) nas novas campanhas.

Nas campanhas de medições de sedimento não foi levantada a curva de granulometria em suspensão por não ter sido possível levantar em campo um volume de sedimento necessário para a sua definição. Dessa forma, adotou-se os mesmos valores da estação ANTA – 58630002, também localizada no Paraíba do Sul, apresentados na Tabela 3.6.

**Tabela 3.6** – Distribuição granulométrica adotada.

| Material              | Argila (%) | Silte (%) | Areia (%) |
|-----------------------|------------|-----------|-----------|
| Material em Suspensão | 35,32      | 62,94     | 1,74      |

Fonte: Avaliação da Vida Útil do Reservatório de Anta – DEC.T.068.95 – FURNAS – Dez/95

Para a definição da curva granulométrica afluente, composta pela granulometria de suspensão e a granulometria do sedimento de arraste (leito) adotou-se como critério a mesma relação entre a descarga de arraste e a total, ou seja, 5% a 15%. Dessa forma, foram obtidas 3 curvas granulométricas afluentes, apresentadas na Figura 3.9.

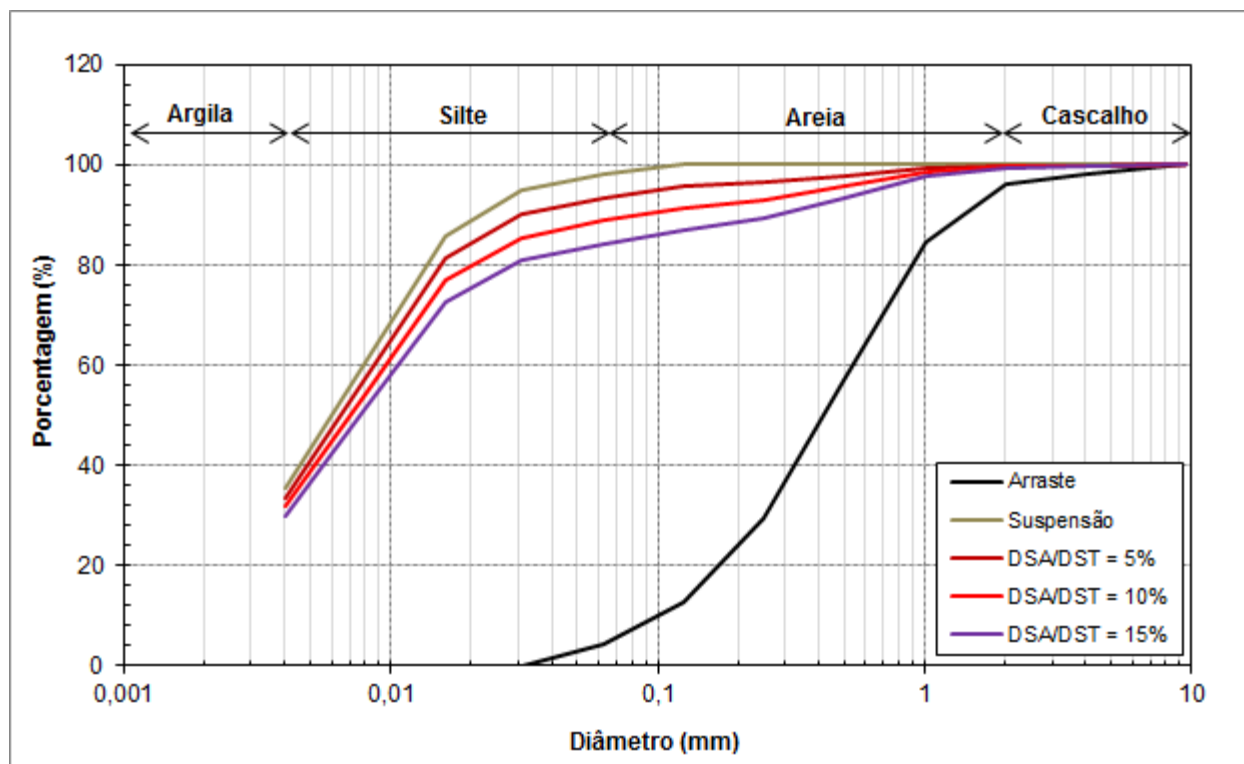


Figura 3.9 – Curvas granulométricas utilizadas.

#### 4. METODOLOGIA

Definidos os critérios e premissas, expostos no Capítulo 3, segue abaixo a descrição da metodologia adotada para a definição das curvas guias de operação do reservatório e a avaliação do perfil de deposição de sedimento ao longo do tempo.

Inicialmente, definiu-se a etapa preliminar ao estudo com a simulação no *software* HEC-6 sem a presença do barramento. Essa análise teve como objetivo avaliar a condição de equilíbrio do curso de água natural, evidenciando a coerência na definição da curva de descarga de sedimento e na sua granulometria. Para esse cenário foram utilizadas todas as 48 seções topobatimétricas apresentadas na Tabela 3.2, que correspondem ao trecho entre o Posto Itaocara Jusante e a Seção 02-A, localizada a montante do eixo Itaocara II. A condição de contorno adotada foi a curva-chave do Posto Itaocara Jusante, apresentada no Projeto Básico.

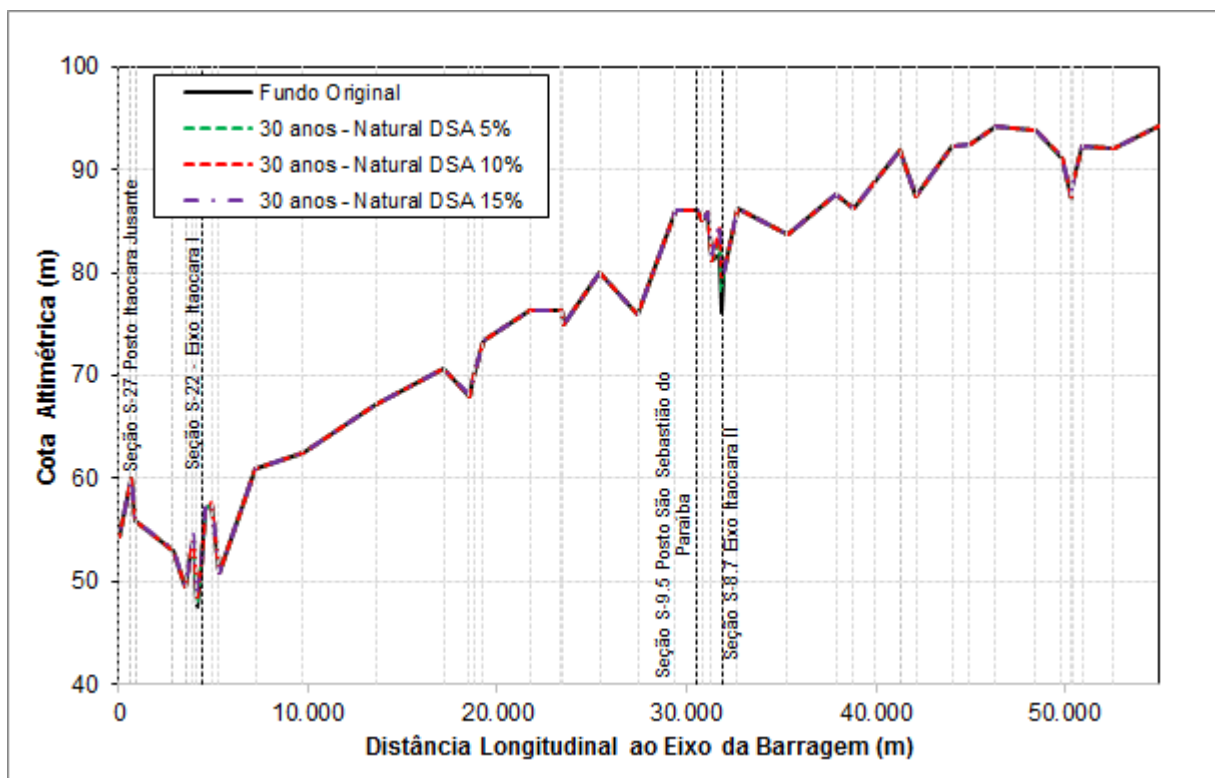
A primeira etapa, propriamente dita, se deu com a definição da **curva guia de operação com o perfil de fundo atual** das seções levantadas. Nessa avaliação e nas seguintes, foram utilizadas 41 seções topobatimétricas, sendo a seção mais de jusante a que representa o eixo de Itaocara I (Seção S-22) e a seção mais de montante a Seção 02-A. A condição de contorno foi definida como o nível de operação do reservatório de tal forma que o nível de água alcançado em São Sebastião do Paraíba respeitasse o nível de restrição imposto. O resultado dessa etapa foi a obtenção de 3 curvas guias, apresentadas no Capítulo 5, sendo a primeira para o nível de restrição de 92,0 m, a segunda para 92,50 m e a terceira para 92,80 m.

A segunda etapa consistiu na obtenção dos **perfis de deposição de sedimento para 10 e 30 anos operando com as curvas guias** do reservatório obtidas na primeira etapa. Nessa segunda etapa, para cada curva guia de operação, variou-se a relação entre a descarga sólida de arraste e a descarga sólida total em (i) 5%, (ii) 10% e (iii) 15%, assim como a respectiva curva granulométrica apresentada na Figura 3.8 e 3.9. Durante a realização dessa etapa a CEMIG optou por substituir a curva guia com restrição de nível na cota 92,80 m por uma regra otimizada. Essa regra será descrita no Capítulo 5. Portanto, o resultado dessa etapa foi a obtenção de 3 perfis de deposição de sedimentos para cada curva guia.

A terceira etapa teve como objetivo a definição das **curvas guias de operação para o perfil de deposição de 10 e 30 anos de operação**. Para essa avaliação as seções resultantes de cada cenário da segunda etapa foram inseridas no modelo HEC-RAS e avaliou-se o nível de operação no reservatório necessário para respeitar o nível de água de restrição imposto em São Sebastião do Paraíba.

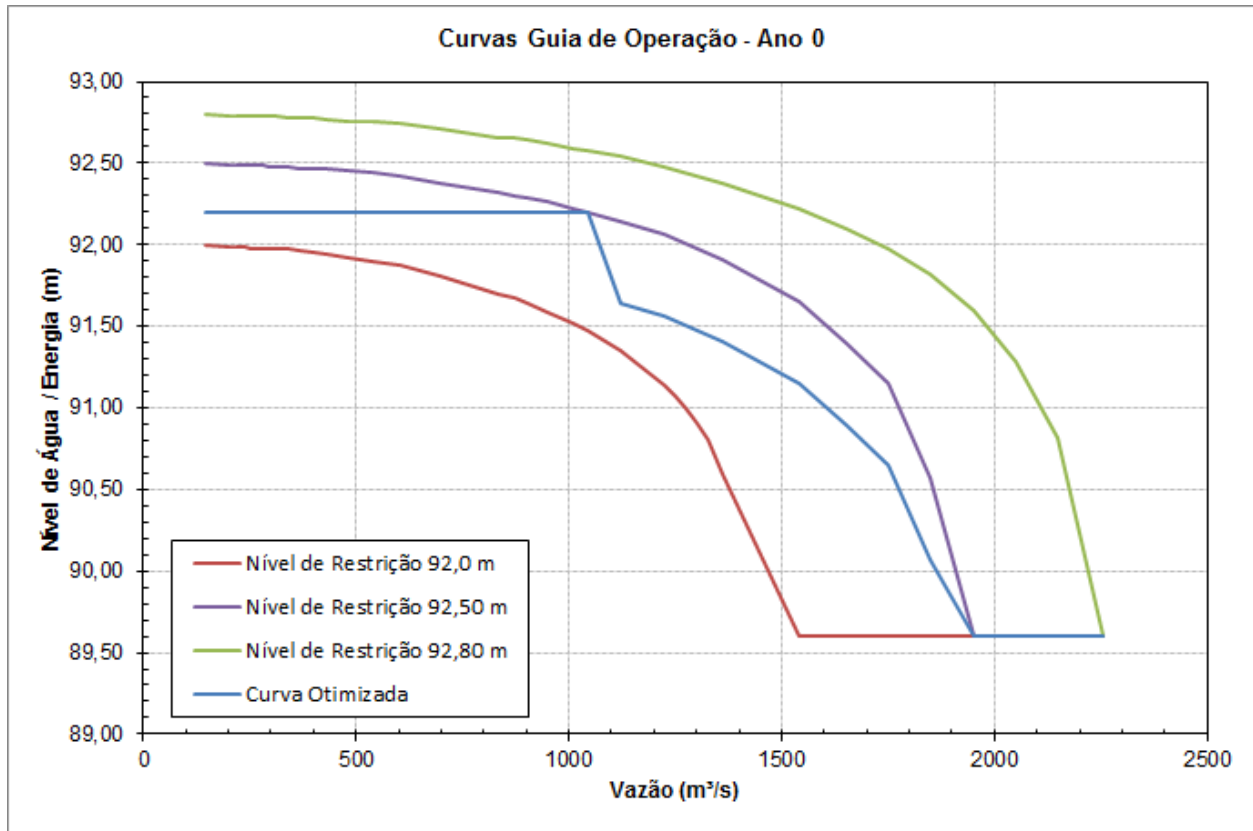
## 5. RESULTADOS

O resultado da etapa preliminar, sem a presença do barramento, não apresentou deposição de sedimento que altere o nível de água no trecho avaliado. Assim conclui-se que todas as curvas de descarga de sedimentos afluentes e as granulometrias definidas são coerentes com a realidade de equilíbrio do curso de água. A Figura 5.1 apresenta os perfis resultantes após 30 anos de operação de reservatório para as 3 relações de descarga de arraste avaliadas.



**Figura 5.1** – Perfil de deposição para a condição natural sem a presença de barramento para a relação de descarga de sedimento de arraste de 5%, 10% e 15% da descarga total.

Na Figura 5.2 e na Tabela 5.1 estão apresentadas as curvas guias para o perfil original com a restrição de 92,00 m, 92,50 m, 92,80 m bem como a curva otimizada para as vazões da curva de permanência e dos quantis de referência, resultado da primeira etapa descrita no Capítulo 4 – Metodologia.



**Figura 5.2** – Curvas guias para o nível de restrição em São Sebastião do Paraíba e curva Otimizada.

**Tabela 5.1 – Curvas Guias iniciais de Operação para Itaocara I.**

| Descrição        | Vazão (m³/s) | Nível de Água (m)  |                     |                 |                     |
|------------------|--------------|--------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|                  |              | Restrição 92,0 (m) | Restrição 92,50 (m) | Curva Otimizada | Restrição 92,80 (m) |
| Q <sub>100</sub> | 146          | 92,00              | 92,50               | 92,20           | 92,80               |
| Q <sub>95</sub>  | 207          | 91,99              | 92,49               | 92,20           | 92,79               |
| Q <sub>90</sub>  | 219          | 91,99              | 92,49               | 92,20           | 92,79               |
| Q <sub>85</sub>  | 232          | 91,99              | 92,49               | 92,20           | 92,79               |
| Q <sub>80</sub>  | 241          | 91,99              | 92,49               | 92,20           | 92,79               |
| Q <sub>75</sub>  | 255          | 91,98              | 92,49               | 92,20           | 92,79               |
| Q <sub>70</sub>  | 268          | 91,98              | 92,49               | 92,20           | 92,79               |
| Q <sub>65</sub>  | 281          | 91,98              | 92,49               | 92,20           | 92,79               |
| Q <sub>60</sub>  | 295          | 91,98              | 92,48               | 92,20           | 92,79               |
| Q <sub>55</sub>  | 312          | 91,97              | 92,48               | 92,20           | 92,79               |
| Q <sub>50</sub>  | 342          | 91,97              | 92,48               | 92,20           | 92,78               |
| Q <sub>45</sub>  | 369          | 91,96              | 92,47               | 92,20           | 92,78               |
| Q <sub>40</sub>  | 404          | 91,95              | 92,47               | 92,20           | 92,78               |
| Q <sub>35</sub>  | 431          | 91,94              | 92,46               | 92,20           | 92,77               |
| Q <sub>30</sub>  | 486          | 91,92              | 92,45               | 92,20           | 92,76               |
| Q <sub>25</sub>  | 541          | 91,90              | 92,44               | 92,20           | 92,75               |
| Q <sub>20</sub>  | 604          | 91,87              | 92,42               | 92,20           | 92,74               |
| Q <sub>15</sub>  | 696          | 91,81              | 92,38               | 92,20           | 92,71               |
| Q <sub>10</sub>  | 837          | 91,70              | 92,32               | 92,20           | 92,66               |
| Q <sub>9</sub>   | 872          | 91,67              | 92,30               | 92,20           | 92,65               |
| Q <sub>8</sub>   | 905          | 91,64              | 92,29               | 92,20           | 92,64               |
| Q <sub>7</sub>   | 949          | 91,59              | 92,26               | 92,20           | 92,62               |
| Q <sub>6</sub>   | 1011         | 91,52              | 92,22               | 92,20           | 92,59               |
| Q <sub>5</sub>   | 1046         | 91,47              | 92,20               | 92,20           | 92,58               |
| Q <sub>4</sub>   | 1123         | 91,35              | 92,14               | 91,64           | 92,54               |
| Q <sub>3</sub>   | 1223         | 91,14              | 92,06               | 91,56           | 92,48               |
| Q <sub>2</sub>   | 1362         | 90,59              | 91,91               | 91,41           | 92,38               |
| Q <sub>1</sub>   | 1541         | 89,60              | 91,65               | 91,15           | 92,22               |
| 1650             | 1650         | 89,60              | 91,39               | 90,89           | 92,10               |
| 1750             | 1750         | 89,60              | 91,15               | 90,65           | 91,97               |
| 1850             | 1850         | 89,60              | 90,57               | 90,07           | 91,82               |
| 1950             | 1950         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 91,60               |
| 2050             | 2050         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 91,28               |
| 2150             | 2150         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 90,81               |
| Q <sub>0</sub>   | 2255         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 89,60               |
| TR <sub>2</sub>  | 2305         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 89,60               |
| TR <sub>5</sub>  | 3231         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 89,60               |
| TR <sub>10</sub> | 3844         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 89,60               |
| TR <sub>25</sub> | 4619         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 89,60               |



| Descrição            | Vazão (m³/s) | Nível de Água (m)  |                     |                 |                     |
|----------------------|--------------|--------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|                      |              | Restrição 92,0 (m) | Restrição 92,50 (m) | Curva Otimizada | Restrição 92,80 (m) |
| TR <sub>50</sub>     | 5194         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 89,60               |
| TR <sub>100</sub>    | 5764         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 89,60               |
| TR <sub>200</sub>    | 6332         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 89,60               |
| TR <sub>500</sub>    | 7082         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 89,60               |
| TR <sub>1000</sub>   | 7649         | 89,60              | 89,60               | 89,60           | 89,60               |
| TR <sub>10.000</sub> | 9530         | 91,81*             | 91,81*              | 91,81*          | 91,81*              |

\*NA Máx. Maximorum

Analisando a Figura 5.2 e a Tabela 5.1 para a curva guia obtida com nível de restrição de 92,00 m em São Sebastião do Paraíba, observa-se que para vazões acima de 1500 m³/s o reservatório terá que operar com nível constante de 89,60 m, correspondente ao NA máximo normal. Para os níveis de restrição de 92,50 m e 92,80 m as vazões são respectivamente de 1950 m³/s e 2255 m³/s.

A curva guia otimizada, definida juntamente com a CEMIG, foi obtida a partir da curva com nível de restrição na cota altimétrica 92,50 m. Para vazões superiores a 1046 m³/s, vazão com nível de permanência de 5% (Q<sub>5</sub>), o nível de operação no eixo foi calculado subtraindo-se 0,50 m do nível da regra 92,50 m até a vazão de 1950 m³/s, a partir da qual o nível de operação na barragem deve ser o NA máximo normal de 89,60 m. Para vazões inferiores à Q<sub>5</sub> o nível na barragem foi mantido constante na cota 92,20 m.

As curvas guias com restrição de 92,00 m, 92,50 m e a otimizada foram incorporadas no HEC-6 para simular a operação do reservatório e obter os perfis de deposição após 10 e 30 anos de operação, conforme etapa três descrita no Capítulo 4. Nas Figuras 5.3 a 5.11 são apresentados os perfis de deposição de sedimento no trecho avaliado para cada condição de operação e relação sedimentométrica adotada.

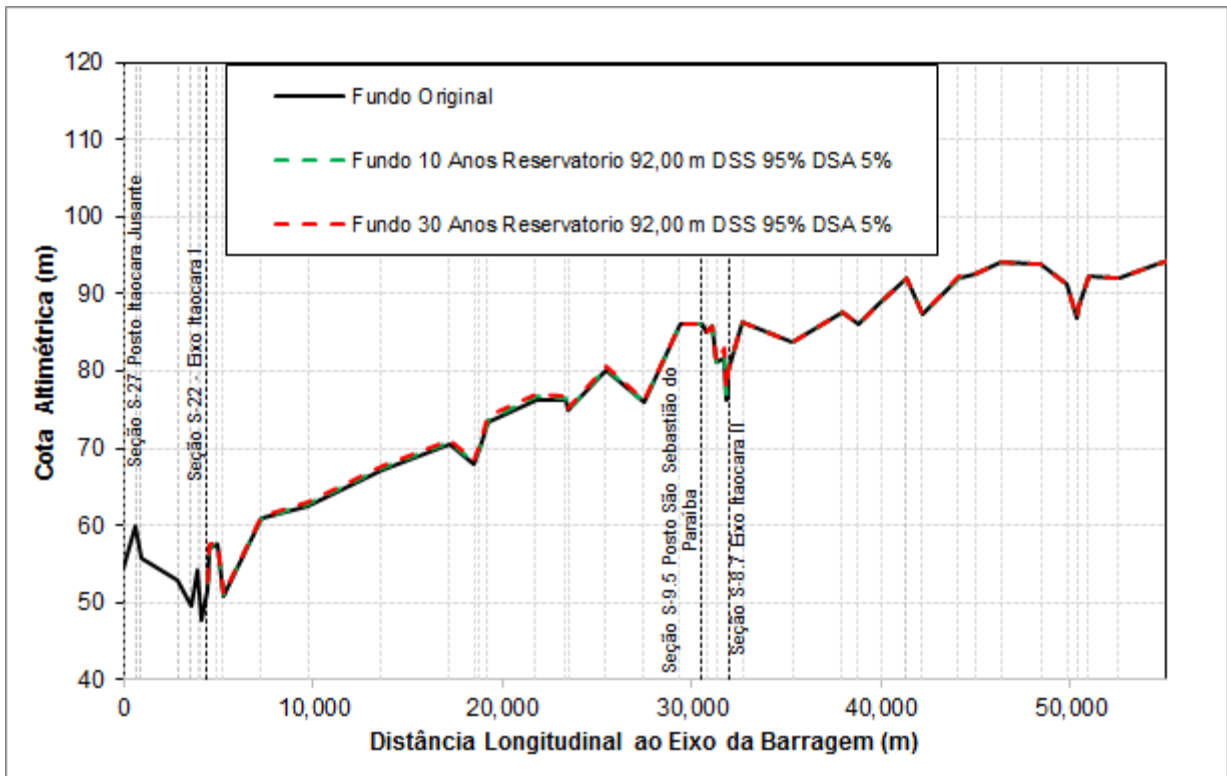


Figura 5.3 – Perfil de fundo para curva guia 92,0 m e 5% DSA.

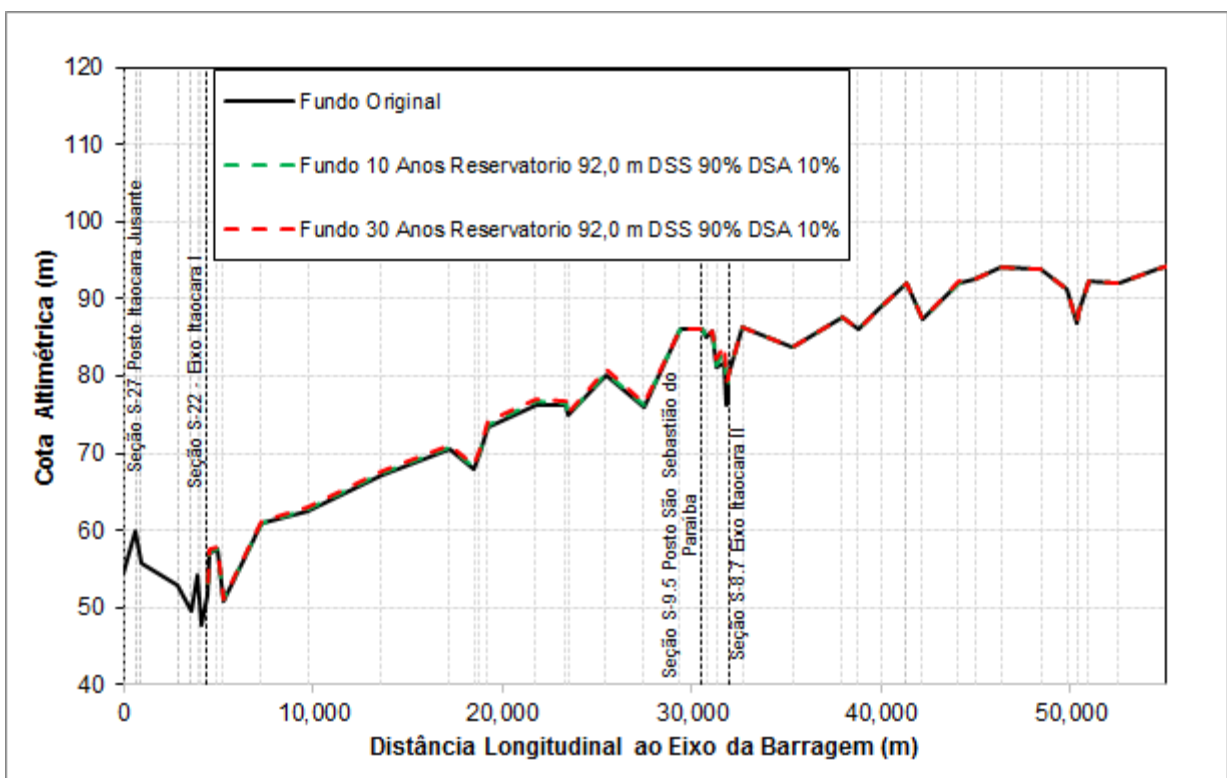


Figura 5.4 – Perfil de fundo para curva guia 92,0 m e 10% DSA.

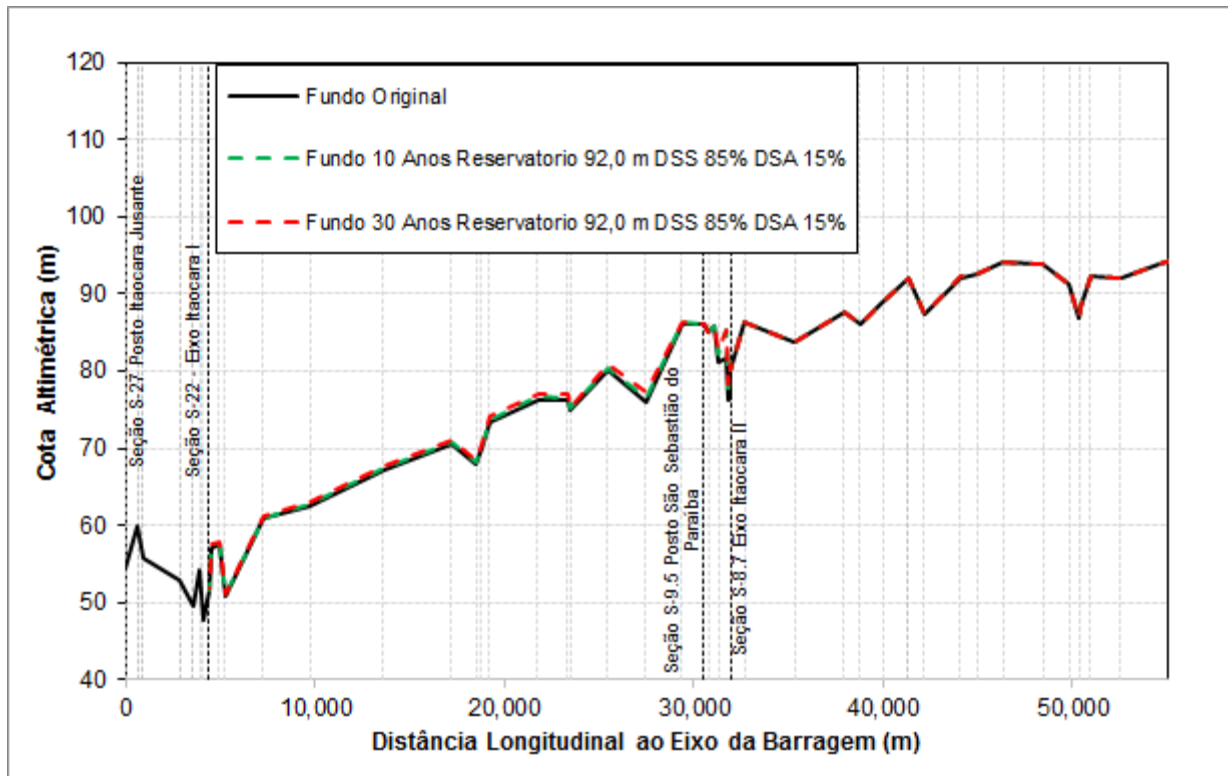


Figura 5.5 – Perfil de fundo para curva guia 92,0 m e 15% DSA.

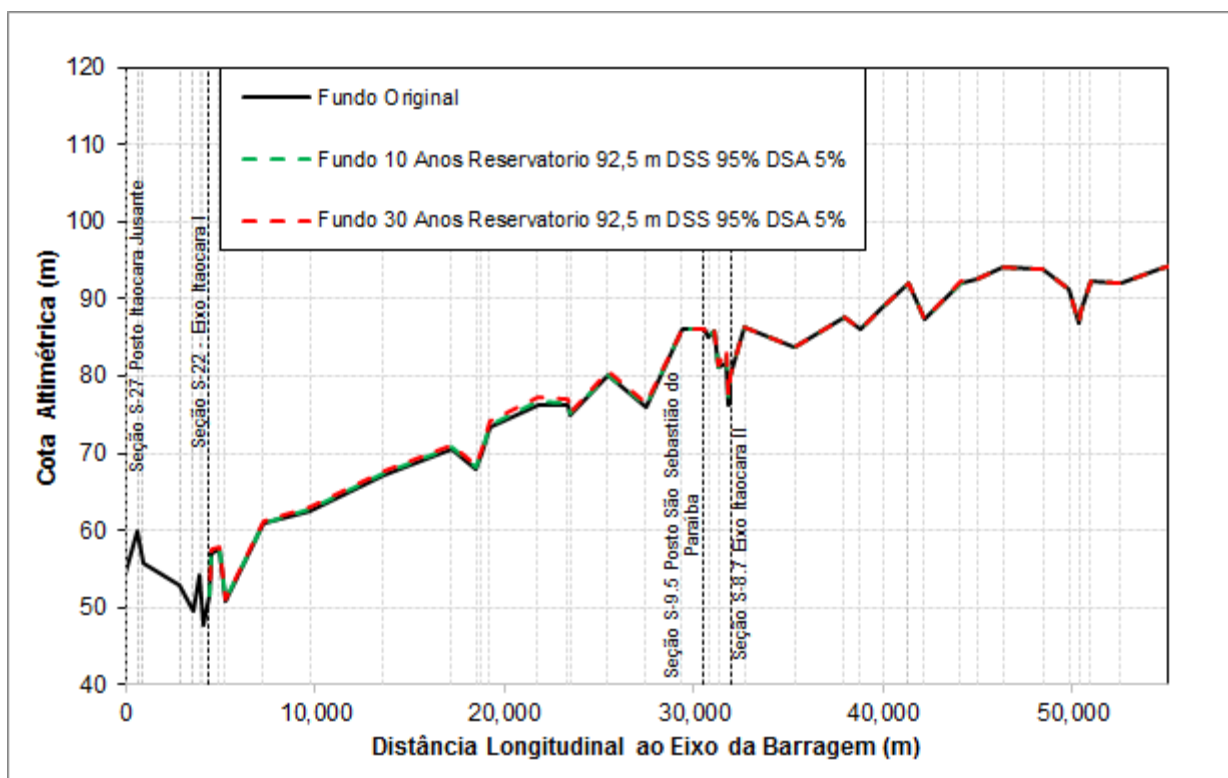


Figura 5.6 – Perfil de fundo para curva guia 92,50 m e 5% DSA.

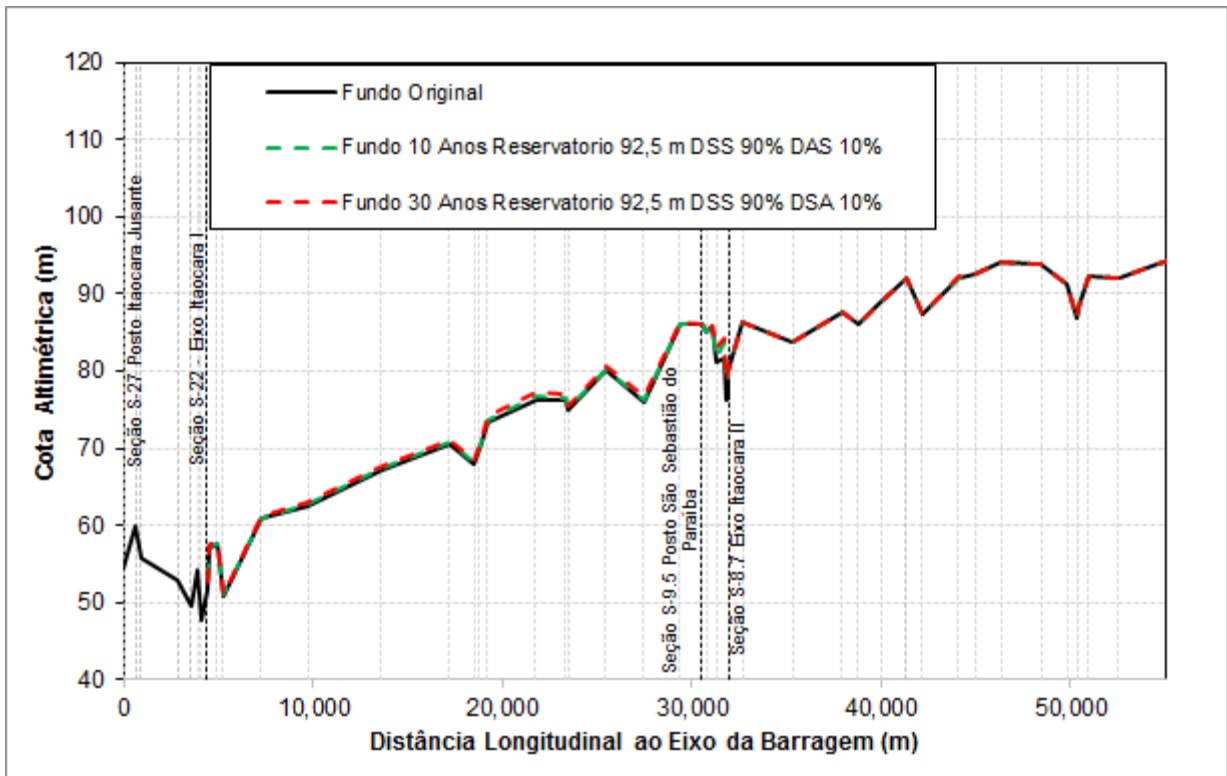


Figura 5.7 – Perfil de fundo para curva guia 92,50 m e 10% DSA.

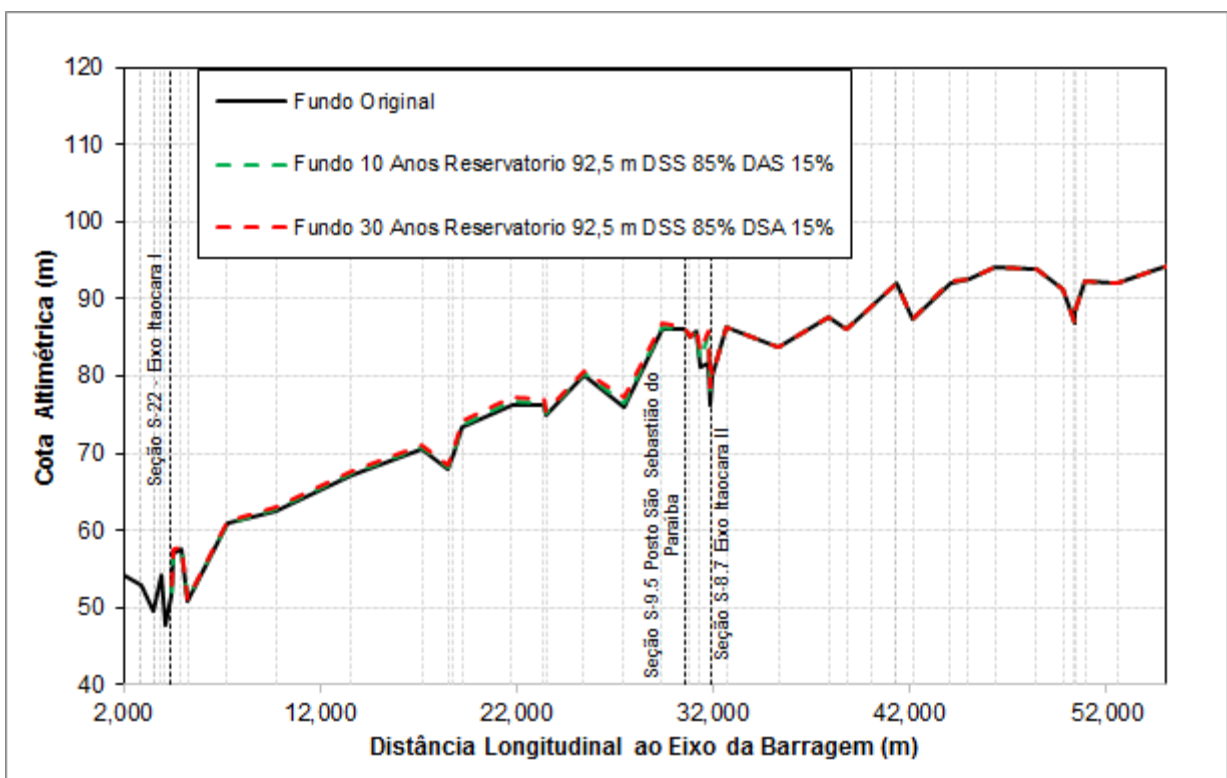
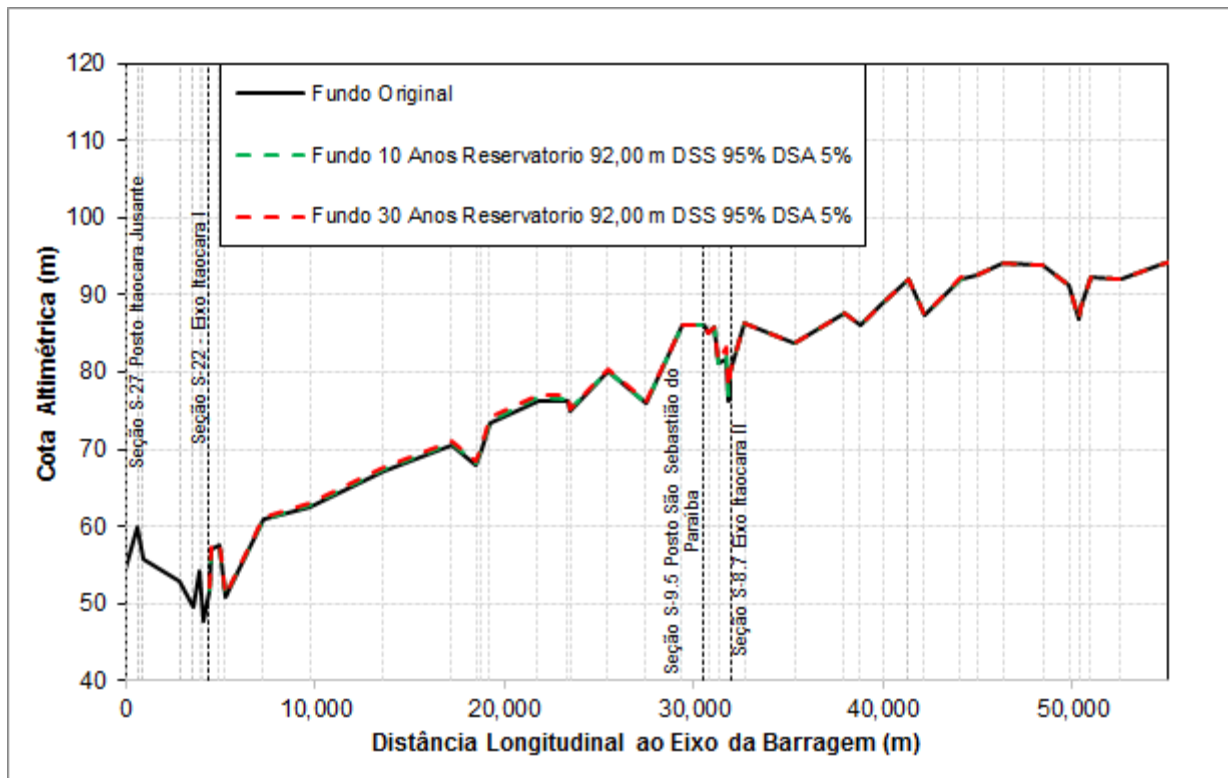
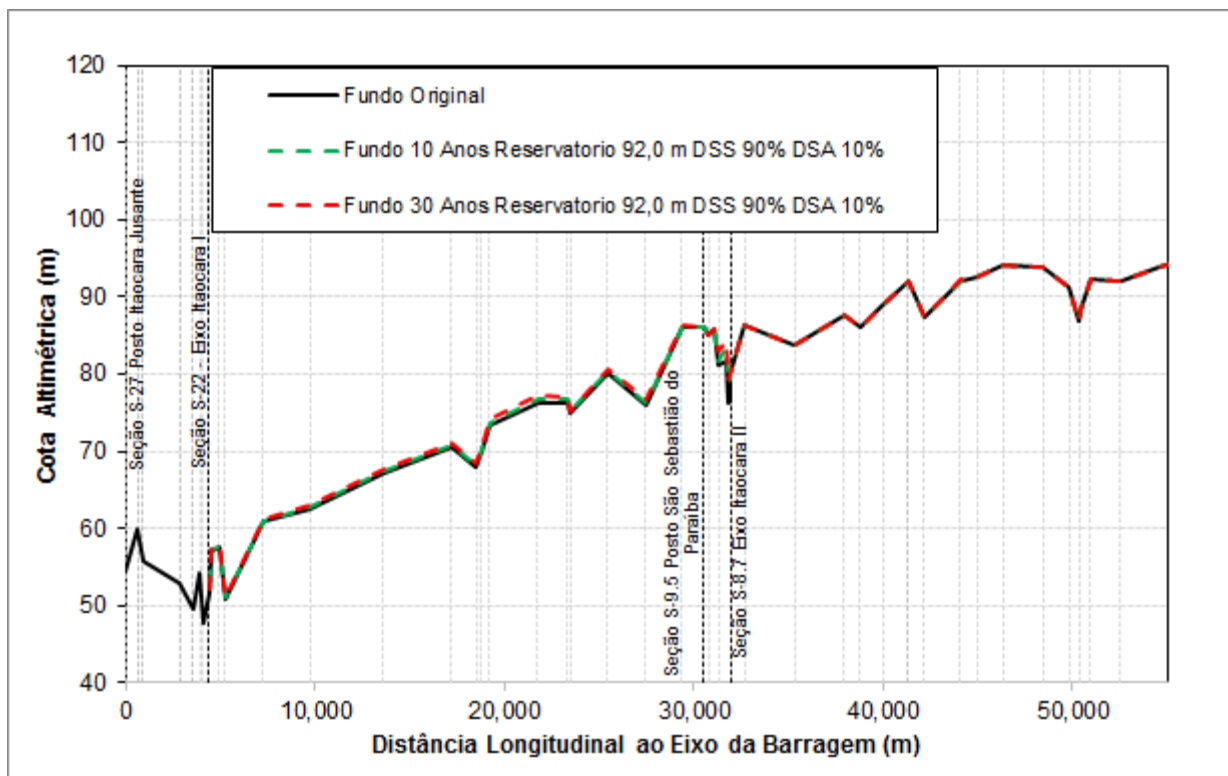


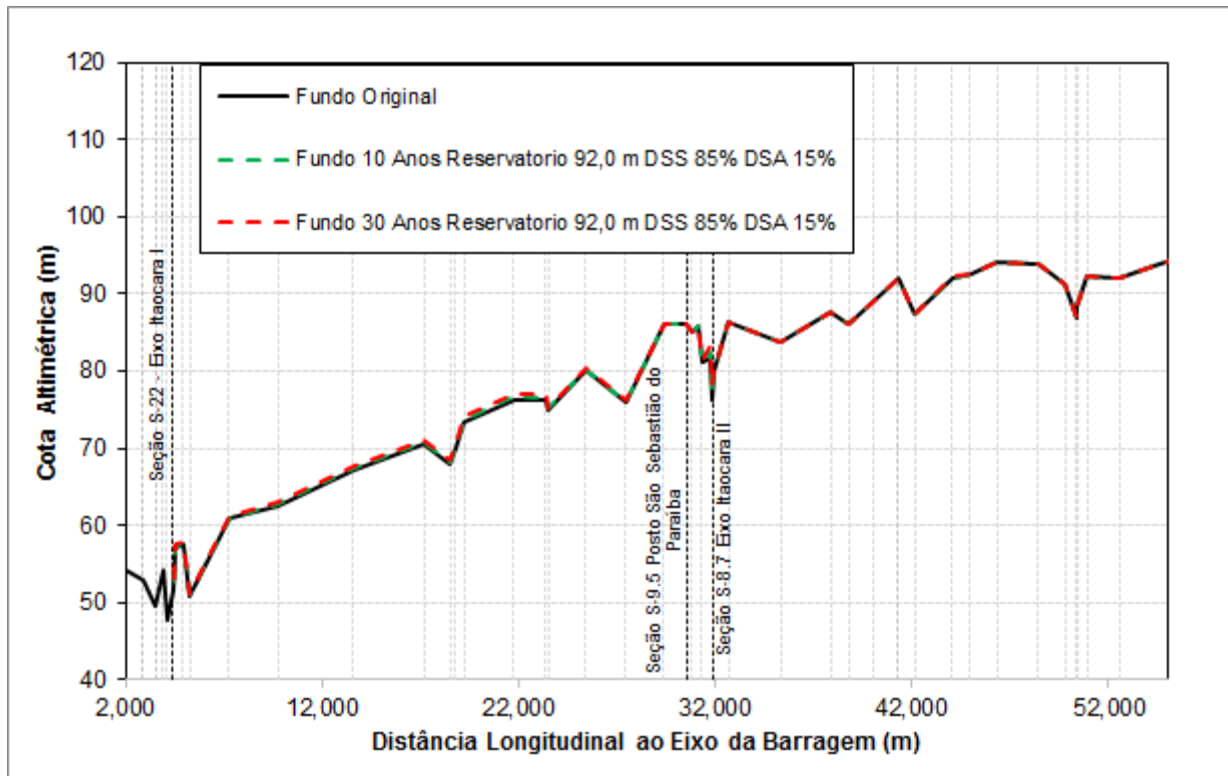
Figura 5.8 – Perfil de fundo para curva guia 92,50 m e 15% DSA.



**Figura 5.9** – Perfil de fundo para curva guia 92,50 m Otimizada e 5% DSA.



**Figura 5.10** – Perfil de fundo para curva guia 92,50 m Otimizada e 10% DSA.

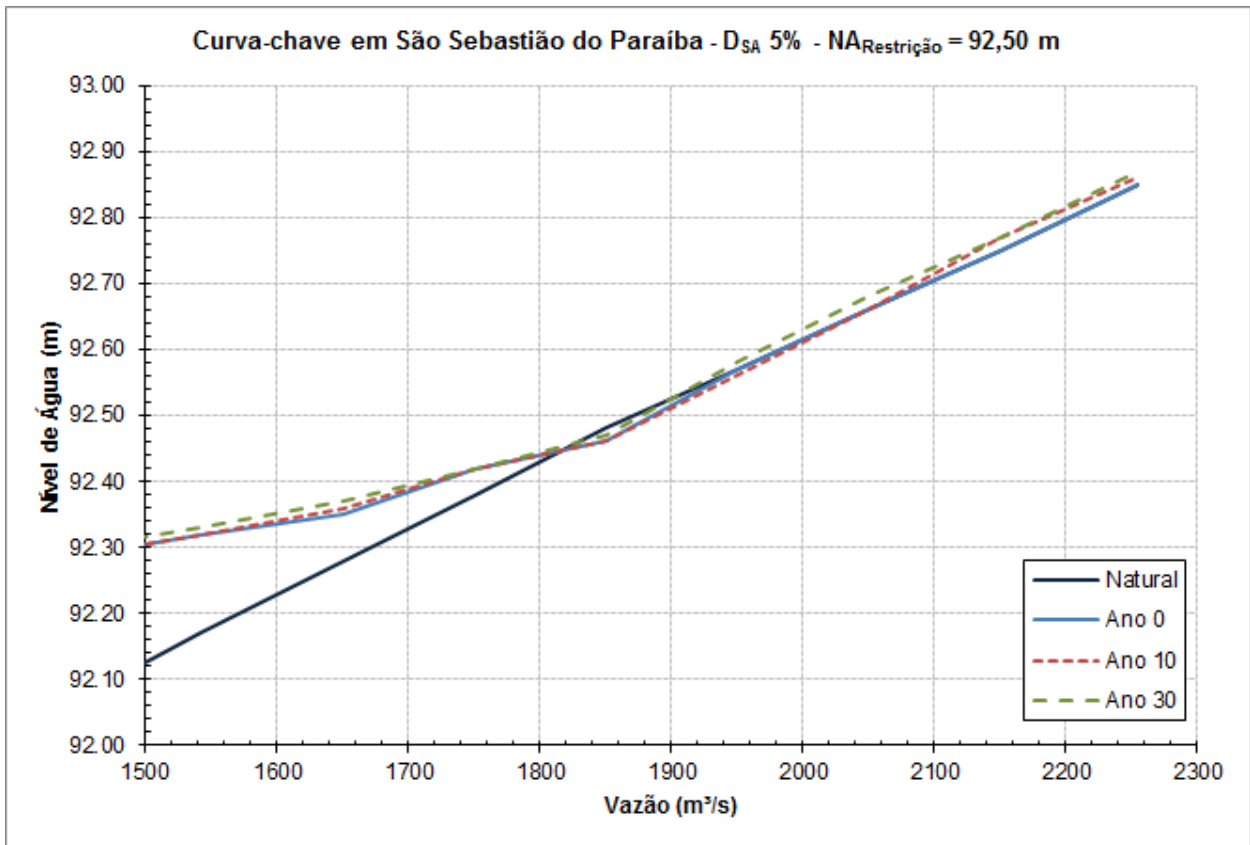


**Figura 5.11** – Perfil de fundo para curva guia 92,50 m Otimizada e 15% DSA.

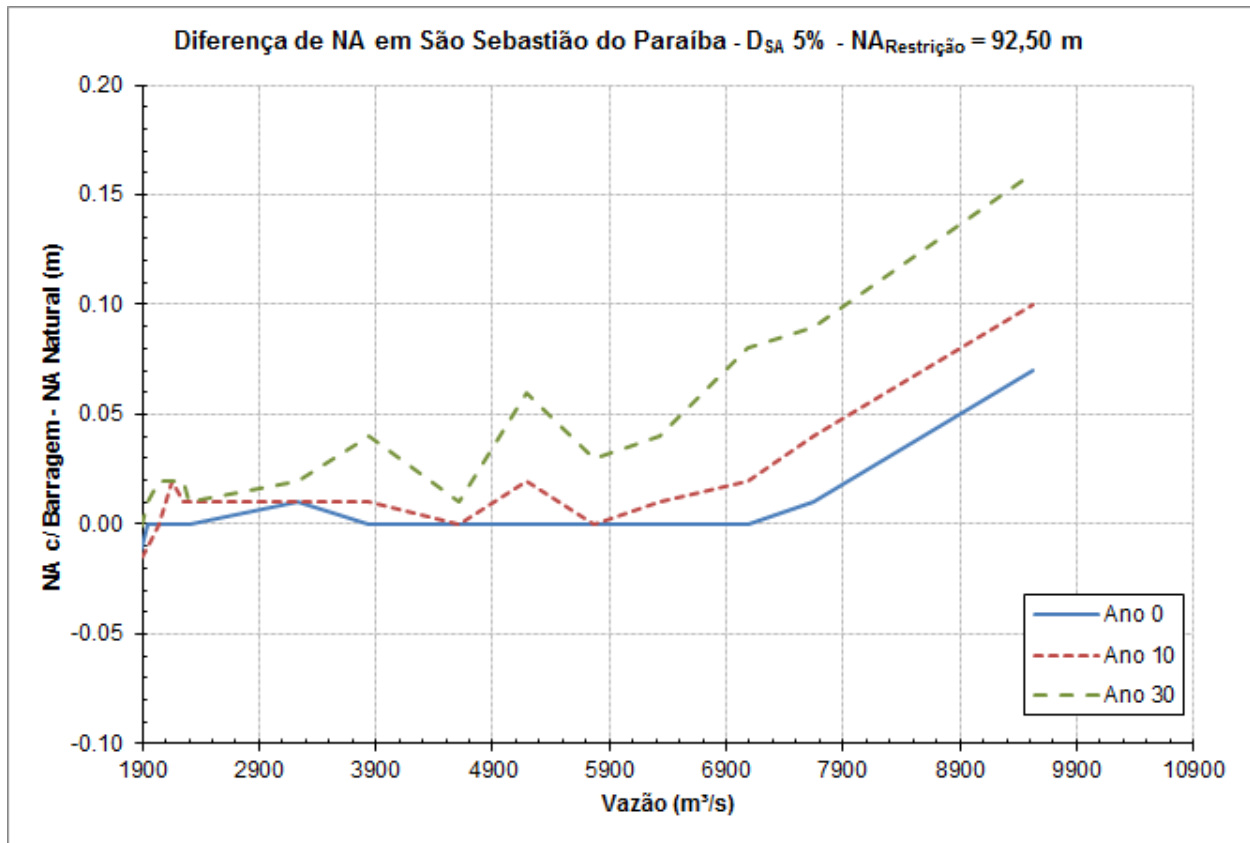
É de suma importância avaliar o impacto da operação da usina no nível de água em São Sebastião do Paraíba, que pode ser alterado ao longo do tempo devido a depósitos de sedimentos no leito provocados pelo reservatório.

No cenário de nível de restrição de 92,50 m, o escoamento natural, ou seja, sem a presença da barragem, excede o nível de restrição apenas para vazões iguais ou superiores à 1541 m<sup>3</sup>/s, vazão essa observada em apenas 1% do tempo (Q<sub>1</sub>). Para vazões inferiores, a cota permanece abaixo ou igual à elevação 92,50 m que, considerando as desapropriações previstas, não provocam danos. Portanto, conclui-se que, para vazões inferiores a 1500 m<sup>3</sup>/s, a barragem não impacta a comunidade de São Sebastião do Paraíba.

As Figuras 5.12 e 5.13 apresentam, respectivamente, as curvas-chaves e a diferença do nível de água para a seção em São Sebastião do Paraíba para vazões superiores a 1500 m<sup>3</sup>/s com uma relação sedimentométrica de 5% de DSA, para a condição de fundo atual (ano 0) e após 10 e 30 anos operando com a curva guia de operação 92,50 m Otimizada.



**Figura 5.12** – Curvas-chaves para São Sebastião do Paraíba com operação da curva guia de 92,50 m Otimizada e 5% DSA.



**Figura 5.13** – Diferença de nível São Sebastião do Paraíba com operação da curva guia de 92,50 m Otimizada e 5% DSA.

Analisando as Figuras 5.12 e 5.13 constata-se que mesmo após 30 anos de operação a interferência do reservatório em São Sebastião do Paraíba é desprezível, com sobrelevação máxima de 16 cm para a máxima vazão de 9530 m<sup>3</sup>/s (TR 10.000 anos). Na condição natural (sem a presença do barramento) o nível de água esperado é de 96,27 m, para o início da operação (ano 0) de 96,34 m e após 10 e 30 anos respectivamente de 96,37 m e 96,43 m.

Para uma relação de 15% de DSA a influência da sobrelevação do reservatório é maior, sendo de 0,07 cm no início da operação e de 18 cm e 52 cm após 10 e 30 anos, respectivamente, para a vazão máxima de 9530 m<sup>3</sup>/s.

Para a vazão com 1% de permanência ( $Q_1$  de 1541 m<sup>3</sup>/s) o impacto causado no nível de água na comunidade São Sebastião após 30 anos de operação com a curva guia 92,50 m Otimizada foi de 16 cm para relação de DSA de 5% e de 32 cm para relação de 15%.

Os resultados detalhados para todas as curvas guias avaliadas e para todas as relações sedimentométricas estão apresentados nos seguintes documentos disponibilizados pela Potamos:

- ✓ “Resultados\_HEC\_RAS\_92\_00.xls”. Resultados com a curva guia de 92,0 m;
- ✓ “Resultados\_HEC\_RAS\_92\_50.xls”. Resultados com a curva guia de 92,5 m;



- ✓ “Resultados\_HEC\_RAS\_92\_50\_RegraCemig.xls”. Resultados com a curva guia de 92,5 Otimizada m.
- ✓ “Resultados\_HEC\_RAS\_92\_80.xls”. Resultados com a curva guia de 92,8 m.

Nos referidos arquivos estão apresentados as curvas-chaves para a seção em Itaocara II.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de novas campanhas sedimentométricas terem sido realizadas nos anos de 2011 e 2012, os novos dados obtidos não alteraram significativamente o perfil de deposição anteriormente obtido pela POTAMOS no relatório “UHE Itaocara I – Estudo de Remanso com Fundo Móvel”, documento nº 0323-RT001-R01, de dezembro de 2010..

Devido à incerteza da relação de descarga de sedimento total e a descarga de sedimento de arraste (DSA/DST) foi realizada uma análise de sensibilidade variando-se o valor de 5% a 15%. Após uma análise da região em que a usina será inserida, constatou-se que a descarga de sedimento de arraste no trecho de interesse do rio Paraíba do Sul é de pequena magnitude devido à retenção proporcionada por reservatórios localizados a montante, fato evidenciado pela ausência de delta de sedimento no reservatório da UHE Ilha dos Pombos e de bancos de areia nos afloramentos rochosos no leito do rio.

Foram obtidas curvas guias de operação do nível do reservatório do AHE Itaocara I respeitando as restrições do nível de água de 92,00 m, 92,50 m e 92,80 m para a comunidade localizada a montante do eixo do AHE Itaocara I, denominada São Sebastião do Paraíba.

Após análise da CEMIG para as curvas guias obtidas optou-se por não prosseguir com a análise da restrição de 92,80 m, porém, foi acrescentado uma curva guia de operação otimizada com base no nível de restrição de 92,50 m. Para essas curvas guias de operação foram mensurados os impactos de sobrelevação do nível de água em São Sebastião do Paraíba e no canal de fuga do AHE Itaocara II após 10 e 30 anos de operação.

Para a vazão com 1% de permanência ( $Q_1 = 1541 \text{ m}^3/\text{s}$ ) o impacto causado no nível de água na comunidade São Sebastião e no canal de fuga de Itaocara II após 30 anos de operação com a curva guia 92,50 m Otimizada foi respectivamente de 16 cm e 25 cm para relação de DSA de 5% e de 32 cm e 75 cm para a relação de 15%.

Os resultados para as simulações com todas as curvas guias e relações sedimentométricas analisadas foram disponibilizados em arquivos do Excel.