

Nota Técnica n.º 143/2011/GEREG/SRE-ANA  
Documento: 00000.030021/2011

Em 21 de novembro de 2011.

Ao Senhor Superintendente de Outorga e Fiscalização

**Assunto: Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica para o aproveitamento hidrelétrico São Roque, no rio Canoas**

**Ref.: Processo n.º 02501.000883/2010-12**

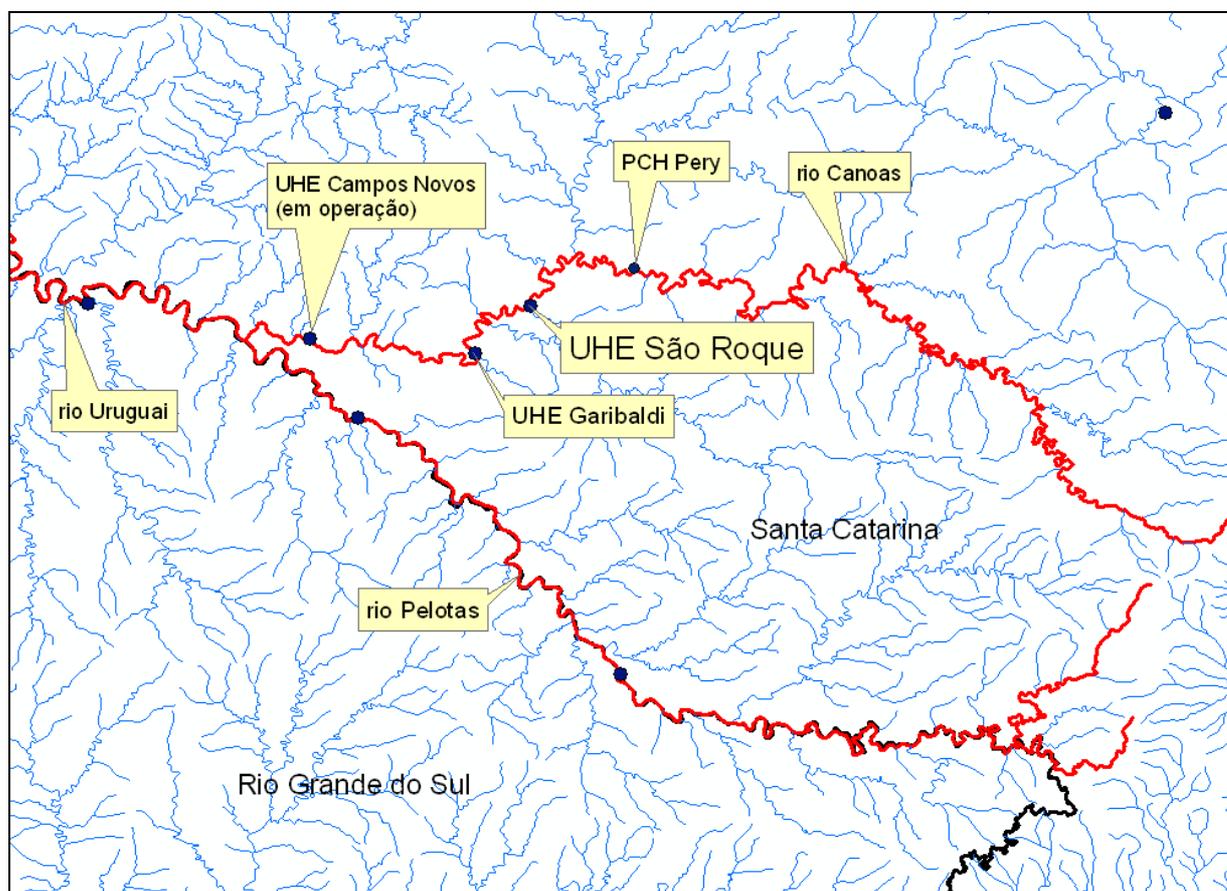
## INTRODUÇÃO

1. Esta Nota Técnica trata das análises técnicas para subsídio à Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica – DRDH relativa ao aproveitamento hidrelétrico São Roque, localizado no rio Canoas, cujo pedido foi formulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.
2. A Figura 1 ilustra a localização do aproveitamento. As suas principais características, conforme os estudos de viabilidade – EVI e Estudos de Disponibilidade Hídrica – EDH, apresentados pela ANEEL, são apresentadas na Tabela 1, segundo a ficha técnica do aproveitamento:

**TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO (FONTE: EDH)**

	São Roque
Área de drenagem do eixo de barramento (km <sup>2</sup> )	10.091
Potência instalada (MW)	135
Energia firme local (MWmed)	73,55
Nível d'água máximo normal a montante (m)	760,0
Nível d'água mínimo normal a montante (m)	746,0
Nível d'água máximo maximorum a montante (m)	765,9
Deplecionamento previsto (m)	14,0
Área inundada do reservatório no NA máximo normal (km <sup>2</sup> )	45,8
Potência instalada / área inundada (MW/km <sup>2</sup> )	3,0
Área inundada / área da bacia a montante (%)	0,45
População atingida (hab)	1.227
Volume do reservatório no NA máximo normal (hm <sup>3</sup> )	795,7
Tempo de residência médio (dias)	40
Profundidade média do reservatório (m)	17,4
Profundidade máxima (m)	53

Vazão média natural $Q_{MLT}$ (m <sup>3</sup> /s)	230,4
Vazão máxima turbinada (m <sup>3</sup> /s)	3 x 103,2
Tempo total de construção (meses)	44

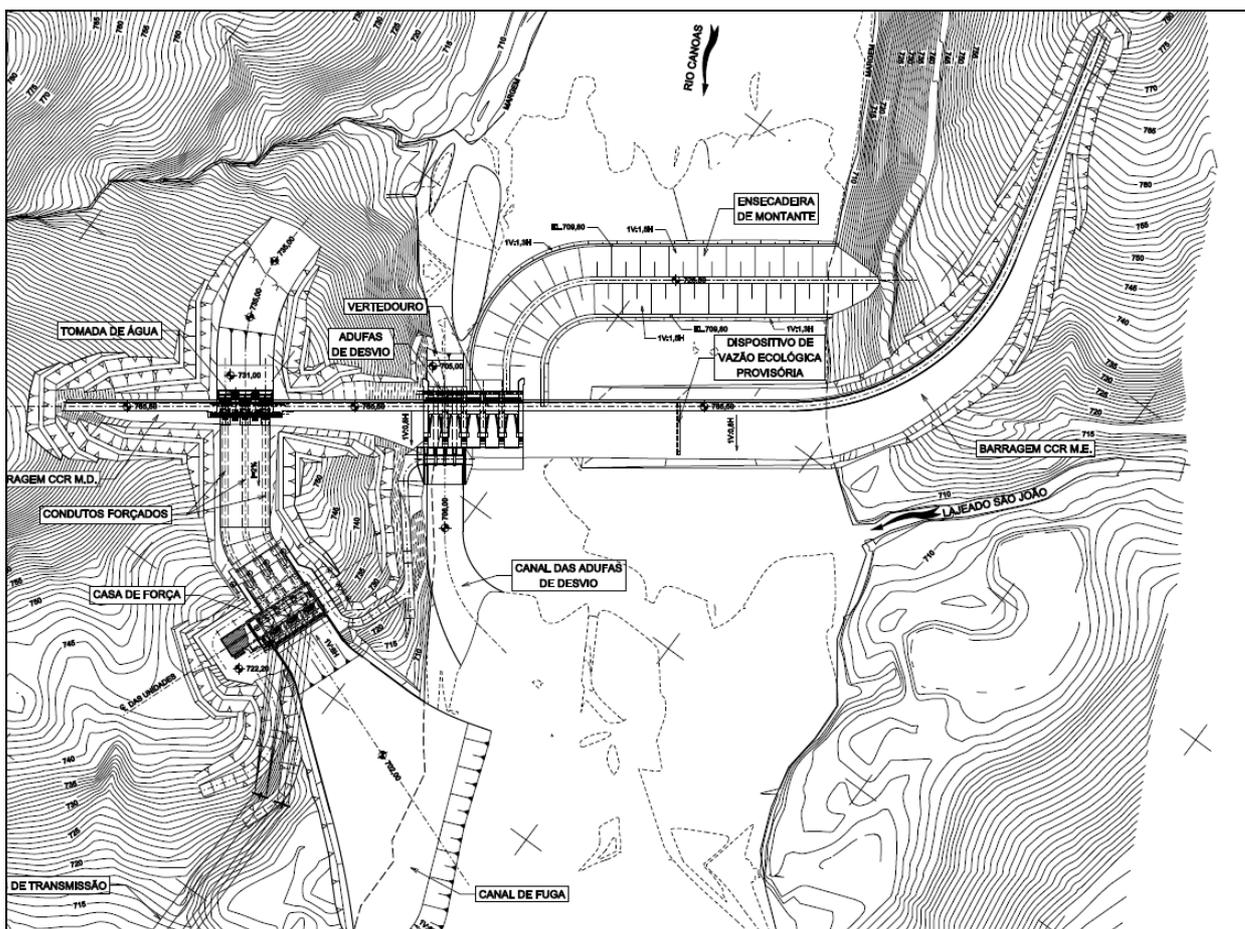


**FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DO AHE SÃO ROQUE**

3. O rio Canoas nasce na serra geral catarinense, em altitudes de cerca de 1.800m. Seus principais afluentes são os rios Caveira (margem esquerda) e rio das Marombas (margem direita). O rio Canoas forma, junto com o rio Pelotas, o rio Uruguai. Sua área de drenagem total é de cerca de 15.000 km<sup>2</sup>. Na seção da barragem da UHE São Roque, a sua área de drenagem é de cerca de 10.000 km<sup>2</sup>.

4. A última divisão de quedas inventariada no rio Canoas a montante da UHE Campos Novos foi aprovada pela ANEEL em 2002 (Despacho 180/2002). Neste inventário, foram identificados os aproveitamentos Garibaldi (NA de montante 705,0m), São Roque (NA de montante 780,0m, e que foi reduzido para 760,0m nos Estudos de Viabilidade) e PCH Pery (NA de montante 823,0m).

5. O arranjo da UHE São Roque prevê uma casa de força junto ao pé da barragem. A casa de força principal encontra-se na margem direita, aproveitando-se de um desnível de 53,5 metros proporcionados pela implantação do barramento. **A Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta um esquema geral do arranjo da UHE São Roque.



**FIGURA 2 – ARRANJO DO AHE SÃO ROQUE**

## HISTÓRICO

6. O processo foi autuado em 16 de agosto de 2010, com a anexação do pedido de DRDH, dos Estudos de Viabilidade – EVI e dos Estudos de Impacto Ambiental – EIA, a partir do pedido de DRDH solicitado pela ANEEL por meio do Ofício nº 2051/2010-SGH/ANEEL.
7. Após uma pré-análise da documentação encaminhada, a ANA solicitou à ANEEL, por meio do Ofício nº 1010/2010/GEREG/SOF-ANA de 23 de agosto de 2010 a apresentação do Estudo de Disponibilidade Hídrica, conforme previsto no Manual de DRDH.
8. Em 02 de setembro de 2010, a ANA encaminhou o Ofício nº 1062/2010/GEREG/SOF-ANA ao DRHI/SDS-SC, solicitando o apoio daquela Diretoria na identificação de usos da água no trecho de vazão reduzida – TVR da futura hidrelétrica.
9. Em 05 de outubro de 2010 foi realizada uma Reunião Técnica Inicial (lista de presença às folhas 6-7), ainda sem a apresentação, por parte da ANEEL, do EDH.
10. Em 18 de outubro de 2010, a ANA encaminhou o Ofício nº 1269/2010/GEREG/SOF-ANA ao DRHI/SDS-SC, encaminhando para apoio à vistoria e análise daquela Diretoria o Estudo de Viabilidade Técnico-Econômico e o Estudo de Impacto Ambiental referentes ao AHE São Roque.
11. Em 07 de dezembro de 2010 foi realizada uma reunião na sede da ANEEL para tratar da série de vazões afluentes ao AHE São Roque, na qual foi informado à projetista a disponibilidade da série de vazões gerada no âmbito dos estudos de reconstituição de vazões

naturais realizados pelo ONS/ANA/ANEEL, e validado pela ANEEL por meio da Resolução Autorizativa 1.953/2009. Nesta reunião, ficou encaminhado que a projetista faria uma revisão da referida série, para comparação com a série de vazões proposta nos estudos de viabilidade.

12. Em 16 de fevereiro a Desenvix, projetista dos estudos de viabilidade, protocolou na ANA o Ofício DEVIX-CE-0084/11, o qual encaminha um relatório técnico sobre a série de vazões médias mensais afluentes ao AHE São Roque, para o qual a projetista solicita parecer técnico da ANA.

13. A equipe técnica da GEREG/SRE analisou o relatório técnico apresentado pela Desenvix, elaborando a Nota Técnica nº 020/2011/GEREG/SRE-ANA, a qual foi encaminhada à ANEEL por meio do Ofício nº 124/2011/GEREG/SRE-ANA em 23 de fevereiro de 2011.

14. Em 14 de março a ANEEL encaminhou à Desenvix, com cópia para a ANA, o Ofício nº 863/2011-SGH/ANEEL, o qual ratifica a adoção da série de vazões já estudada no âmbito dos estudos de reconstituição de vazões naturais ONS/ANA/ANEEL, e solicita a apresentação do Estudo de Disponibilidade Hídrica à ANA, incorporando no EDH a referida série de vazões médias mensais afluentes ao aproveitamento.

15. Em 25 de agosto de 2011 a Desenvix protocolou na ANA o Estudo de Disponibilidade Hídrica acompanhado de uma nova versão do EVI.

16. A equipe da GEREG fez então uma pré-análise do EDH e EVI encaminhados, verificando que foram alteradas características do projeto anteriormente protocolado na ANA, conforme descrito na NI nº 28/2011/GEREG/SRE-ANA e resumido a seguir:

- A localização do barramento foi alterada para jusante em relação ao EVI encaminhado pela ANEEL em 2010;
- O arranjo mudou, não possuindo mais trecho de vazão reduzida, sendo a casa de força colocada junto ao barramento;
- O reservatório deixou de ser operado a fio d'água (deplecionamento máximo de 1m) para ser operado com a finalidade de regularização (deplecionamento máximo de 14 m);
- Foram alteradas as vazões máximas turbinadas;
- A vazão de projeto do vertedouro foi reduzida de 12.897 m<sup>3</sup>/s para 10.603 m<sup>3</sup>/s;
- A cota da crista da barragem foi reduzida do NA 766,5 m para 765,5 m.

17. Assim, considerando que o novo projeto foi encaminhado diretamente à ANA pela projetista, alterando características do projeto originalmente encaminhado pela ANEEL à ANA em 2010, foi encaminhado em 05 de setembro de 2011 à ANEEL o Ofício nº 1184/2011/GEREG/SRE-ANA, solicitando posicionamento daquela Agência sobre as alterações no projeto propostas pela projetista. Destacou-se no Ofício que as referidas alterações podem eventualmente impactar os demais aproveitamentos hidrelétricos da bacia, cuja avaliação é de competência da ANEEL.

18. Em resposta, a ANEEL encaminhou em 03 de outubro o Ofício 3371/2011-SGH/ANEEL, informando que os novos estudos encaminhados pela projetista substituem os estudos anteriores encaminhados pela ANEEL. Assim, a análise desta NT utiliza as informações dos novos estudos encaminhados pela projetista em 25 de agosto de 2011 e ratificados pela ANEEL em 03 de outubro de 2011.

19. Após a formalização do novo projeto pela ANEEL, a ANA fez uma pré-análise dos estudos encaminhados, resultando no encaminhamento do Ofício nº 1349/2011/SRE-ANA, encaminhado à ANEEL em 10 de outubro de 2011, o qual solicita os seguintes esclarecimentos:

- a) Justificativa técnica para alteração do critério de projeto para cálculo da vazão de dimensionamento do vertedor e para definição do NA máx maximorum neste novo projeto, em relação ao critério de projeto utilizado no estudo encaminhado à ANA em 2010, e que resultou em considerável redução da vazão de projeto do vertedor e na redução da cota da crista da barragem;
- b) Apresentação dos mapas da linha de inundação do reservatório no novo local do aproveitamento, considerando o efeito de remanso para as cheias de 50 e 100 anos de recorrência e apresentando as infra-estruturas e edificações que serão atingidas, conforme Item 5.4.5 do Manual de DRDH;
- c) Apresentar as eventuais medidas que serão tomadas para relocação/proteção das edificações e infra-estruturas eventualmente atingidas pelas linhas de inundação conforme Item (b) deste Ofício;
- d) Deve-se apresentar a capacidade de suporte do reservatório considerando-se os limites da Resolução CONAMA 357 para ambientes lênticos, pois os valores utilizados no estudo de qualidade da água apresentado se referem aos limites da Resolução CONAMA para ambientes de rio (lóticos);
- e) Apresentar resultados do prognóstico de qualidade da água específicos para o braço do rio Marombas, especificando as medidas a ser tomadas para manutenção da qualidade de suas águas, considerando os lançamentos que eventualmente existam na bacia afluente a este manancial. Neste sentido, deve-se apresentar a segmentação feita com o modelo BATHTUB, considerando, minimamente, os dois principais afluentes formadores do reservatório (Canoas e Marombas) e o corpo principal. Deve-se também verificar se há outros afluentes com usos, segundo levantamentos feitos, o que pode justificar maior segmentação do modelo;
- f) Apresentar quais os pontos de monitoramento foram utilizados para estimar as cargas afluentes, e como os dados destes pontos foram utilizados no estudo de qualidade da água;
- g) Deve-se esclarecer o motivo da concentração média afluente de fósforo estimada pelo modelo FLUX (0,020 mg/L) ser consideravelmente mais baixa que a tendência mostrada pelo gráfico 4-22 e pelas tabelas 4-44 e 4-45;
- h) No estudo de qualidade da água, deve-se esclarecer como foram selecionados os cenários os cenários de ano mais seco e de ano mais chuvoso e como foram estabelecidas as vazões, respectivamente de 51,6 m<sup>3</sup>/s e de 648,6 m<sup>3</sup>/s para tais cenários;
- i) Para a simulação compartimentada do modelo BATHTUB deve-se demonstrar como os parâmetros nos diversos compartimentos são considerados tais como: batimetria e volume, ventos, se for o caso, concentrações afluentes a cada braço, vazões afluentes a cada braço, etc;
- j) Apresentar as medidas estruturais que serão tomadas para manutenção e/ou substituição das balsas do rio Canoas e do rio Marombas, considerando nestas medidas o deplecionamento previsto no novo projeto, de até 14 m.

20. Em 27 de outubro de 2011 foi protocolado na ANA o Ofício DEVIX-CE-0429-11, em atendimento ao Ofício nº 1349/2011/SRE-ANA.

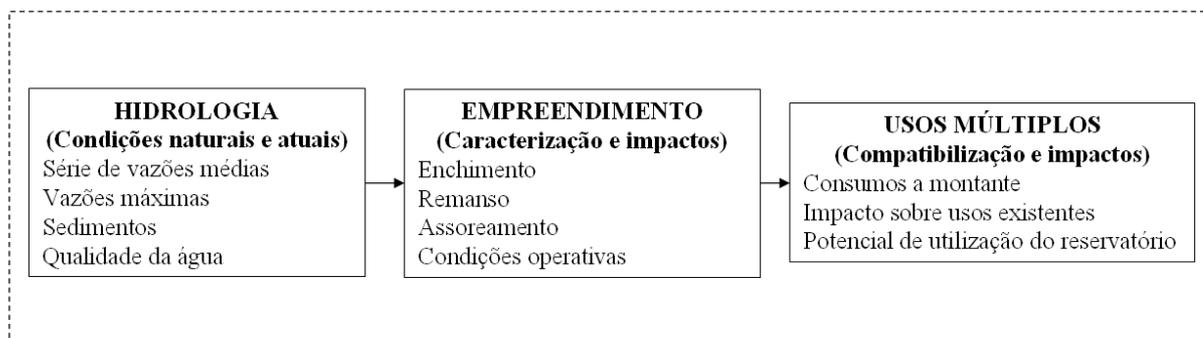
21. Após análise técnica da ANA dos estudos encaminhados no Ofício DEVIX-CE-0429-11, foi realizada uma reunião entre ANA/ANEEL e Desenvix no dia 08 de novembro de 2011, na qual ficou acordado que a Desenvix complementaria os estudos hidrológicos-hidráulicos de dimensionamento do vertedor e de definição da cota da crista da barragem, em atendimento aos critérios mínimos de projeto relativos à segurança do empreendimento, que não haviam sido atendidos pelo Ofício DEVIX-CE-0429-11.

22. Em 11 de novembro de 2011, foi protocolado na ANA o Ofício XXXX, o qual apresenta os novos dimensionamentos do vertedor e da cota da crista da barragem, atendendo ao Manual de Critérios de Projeto Civil da ELETROBRAS (2003).

23. Em paralelo às complementações solicitadas pela ANA junto à ANEEL/Desenvix, a ANA promoveu consultas junto à Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina – FATMA, órgão responsável pelo licenciamento ambiental do projeto, no sentido de obter informações sobre as necessidades ambientais para definição da vazão mínima remanescente a jusante do empreendimento. Neste sentido, foram encaminhados dois Ofícios: Ofício nº 1369/2011/GEREG/SRE-ANA, de 17 de outubro de 2011, e Ofício nº 1414/2011/SRE-ANA, de 31 de outubro de 2011. A consulta foi respondida por meio do ofício DILI/GEAIA/3822, de 8 de novembro de 2011.

## **ESTRUTURA DA NOTA TÉCNICA**

24. Esta Nota Técnica contempla os itens definidos pela Resolução ANA nº 131, de 11 de março de 2003, que dispõe sobre os procedimentos referentes à emissão de declaração de reserva de disponibilidade hídrica e de outorga de direito de uso de recursos hídricos, para uso de potencial de energia hidráulica superior a 1 MW, em corpos de água de domínio da União, e dá outras providências. A análise dos empreendimentos feita nesta Nota Técnica é organizada em 3 blocos: hidrologia, usos múltiplos e análise do empreendimento, conforme mostrado na Figura 2.



**FIGURA 2 – ESTRUTURA DE ANÁLISE DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS NO ÂMBITO DA ANA, VISANDO À EMISSÃO DA DRDH**

25. A declaração de reserva de disponibilidade hídrica poderá ser emitida pela ANA em atendimento ao disposto na Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, e em conformidade com as diretrizes da Resolução ANA nº 131, de 2003. Tendo em vista que a declaração de reserva de disponibilidade hídrica será transformada automaticamente, pela ANA, em outorga de direito de uso de recursos hídricos, as análises técnicas abordaram as alterações na quantidade, qualidade e regime das águas resultantes da implantação dos AHEs e a disponibilidade hídrica existente no período de outorga, coincidente com o período de concessão do uso do potencial hidráulico.

## **HIDROLOGIA**

## **SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS**

26. Conforme já descrito no histórico desta NT, em 07 de dezembro de 2010 foi realizada uma reunião na sede da ANEEL para tratar da série de vazões afluentes ao AHE São Roque, na qual foi informado à projetista a disponibilidade da série de vazões gerada no âmbito dos estudos de reconstituição de vazões naturais realizados pelo ONS/ANA/ANEEL, e validado pela ANEEL por meio da Resolução Autorizativa 1.953/2009. Nesta reunião, ficou encaminhado que a projetista faria uma revisão da referida série, para comparação com a série de vazões proposta nos estudos de viabilidade.

27. Em 16 de fevereiro a Desenvix, projetista dos estudos de viabilidade, protocolou na ANA o Ofício DEVIX-CE-0084/11, o qual encaminha um relatório técnico sobre a série de vazões médias mensais afluentes ao AHE São Roque, para o qual a projetista solicita parecer técnico da ANA.

28. A equipe técnica da GREG/SRE analisou o relatório técnico apresentado pela Desenvix na Nota Técnica nº 020/2011/GREG/SRE-ANA, a qual foi encaminhada à ANEEL por meio do Ofício nº 124/2011/GREG/SRE-ANA em 23 de fevereiro de 2011. Mais detalhes sobre a análise técnica realizada estão na NT nº 020/2011/GREG/SRE-ANA, às folhas 75-77 do processo.

29. Assim, segue anexa a esta NT a série de vazões, a qual se recomenda que conste da DRDH a ser emitida para o AHE São Roque. Destaca-se que no EDH encaminhado pela Desenvix em agosto de 2011, a série de vazões da Resolução ANEEL 1.953/2009 e aprovada pela NT nº 020/2011/GREG/SRE-ANA foi incorporada ao estudo.

## **VAZÕES MÁXIMAS**

30. Os estudos de vazões máximas apresentados pelo projetista tiveram como objetivo a determinação das vazões de cheia para o projeto do vertedouro.

31. Já a análise realizada nesta Nota Técnica visa a auditar os cálculos de vazões máximas realizados pela projetista no último EDH (2011) apresentado à ANA, conforme previsto no §2º do Artigo 1º da Resolução ANA 131/2003. Adicionalmente, esta NT compara de forma expedita os critérios de projeto para dimensionamento do vertedor, utilizados nos dois estudos apresentados para o AHE São Roque (EVTE/2010 e EDH/2011) e no projeto do AHE Garibaldi, localizado a jusante.

32. No entanto, entende-se que a decisão sobre o critério de projeto a ser considerado para o dimensionamento do vertedor é de responsabilidade da ANEEL e projetistas por ela delegados para desenvolver os projetos, uma vez que a ANEEL, além de ser a solicitante formal da DRDH junto à ANA, também tem competências como órgão fiscalizador da segurança de barragens de aproveitamentos hidrelétricos, conforme Inciso II do Artigo 5º e Artigo 16 da Lei Federal 12.334.

### **Verificação do cálculo da vazão decamilenar**

33. O projetista determinou as vazões máximas para diversos tempos de recorrência, a partir da análise de frequência de cheias para o local do empreendimento, utilizando a correlação

entre as áreas de drenagem do eixo do barramento (10.091 km<sup>2</sup>) e da estação fluviométrica Passo Caru (RHA) (10.174 km<sup>2</sup>).

34. A série utilizada foi gerada a partir da nova curva de descarga para o posto, revisada no trabalho “Estudos de Consistência e Reconstituição de Séries de Vazões Naturais nas Bacias dos Rios Uruguai-Trecho Nacional, Ijuí, Jacuí e das Antas”, realizado pela empresa RHA Engenharia e Consultoria Ltda. (ONS/ANA/ANEEL).

35. O empreendedor optou ainda por não realizar preenchimento de falhas de observação na série da estação.

36. A partir desses aspectos foi obtida a série de vazões máximas apresentada na Tabela 2 para a estação Passo Caru.

**TABELA 2 - VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS (M<sup>3</sup>/S) PARA A ESTAÇÃO PASSO CARU**

Ano Hidrológico	Vazão máxima
1950/1951	1.394
1951/1952	802
1952/1953	1.461
1953/1954	2.153
1954/1955	1.399
1955/1956	1.129
1956/1957	2.682
1957/1958	1.314
1958/1959	530
1959/1960	792
1960/1961	2.037
1961/1962	1.097
1962/1963	1.512
1963/1964	530
1964/1965	2.256
1965/1966	1.424
1966/1967	1.616
1967/1968	658
1968/1969	1.243
1969/1970	840
1970/1971	1.461
1971/1972	3.213
1972/1973	1.551
1973/1974	802
1974/1975	2.051
1975/1976	1.486
1976/1977	2.008
1977/1978	413
1978/1979	1.590
1979/1980	2.241
1980/1981	1.399
1981/1982	1.863
1982/1983	5.911
1983/1984	5.555
1984/1985	641
1985/1986	898

Ano Hidrológico	Vazão máxima
1986/1987	1.577
1987/1988	820
1988/1989	1.877
1989/1990	3.166
1990/1991	1.021
1991/1992	3.322
1992/1993	1.710
1993/1994	1.267
1994/1995	1.075
1995/1996	1.021
1996/1997	2.994
1997/1998	2.729
1998/1999	2.489
1999/2000	2.168
2000/2001	2.489
2001/2002	918
2002/2003	908
2003/2004	1.086
2004/2005	2.328
2005/2006	537
2006/2007	1.525
2007/2008	1.863
2008/2009	1.949

37. A série de vazões máximas anuais para a estação foi ajustada à função de distribuição estatística Exponencial de dois parâmetros, tanto para a série completa quanto para a série de vazões máximas no período de estiagem, segundo recomendação da ELETROBRÁS, visto que a assimetria da série é superior a 1,5.

38. A Tabela 3 apresenta as vazões máximas diárias para diversos tempos de recorrência, obtidas a partir dos dados da estação Passo Caru.

**TABELA 3 - VAZÕES MÁXIMAS DIÁRIAS (M<sup>3</sup>/S) PARA A ESTAÇÃO PASSO CARU**

Período	Completo	Estiagem
TR	Q (m <sup>3</sup> /s)	
2,5	1.620	725
5	2.348	1.059
10	3.075	1.392
20	3.802	1.726
25	4.036	1.833
50	4.764	2.167
100	5.491	2.500
500	7.179	3.274
1.000	7.907	3.608
10.000	10.323	4.716

39. A vazão decamilenar afluyente à UHE São Roque foi definida a partir da transposição dos valores calculados para o local do empreendimento, a partir de relação entre as áreas de

drenagem. Além disso, foi aplicado o coeficiente de Füller para transformar as vazões máximas diárias em vazões máximas instantâneas. A Tabela 4 apresenta os resultados.

**TABELA 4 - VAZÕES MÁXIMAS INSTANTÂNEAS (M<sup>3</sup>/S) PARA A UHE SÃO ROQUE**

Período	Completo	Estiagem
TR	Q (m <sup>3</sup> /s)	
2,5	1.876	840
5	2.718	1.226
10	3.560	1.612
20	4.402	1.998
25	4.674	2.123
50	5.516	2.509
100	6.358	2.895
500	8.313	3.791
1.000	9.155	4.177
10.000	11.952	5.460

40. A partir da vazão decamilenar afluyente à UHE São Roque apresentada na Tabela 4 (11.952 m<sup>3</sup>/s), a projetista simulou a laminação de um hidrograma de cheia cuja vazão máxima é a vazão decamilenar afluyente. Desta simulação, resultou a vazão decamilenar efluyente de 10.603 m<sup>3</sup>/s, a qual foi utilizada para o dimensionamento do vertedor.

41. A GEREG analisou o estudo da projetista e concluiu que os valores calculados são coerentes para os valores de entrada (dados anuais de vazões máximas no posto Passo Caru) e metodologia apresentados.

#### **Comparação dos critérios de projeto para dimensionamento do vertedor**

42. Não obstante o entendimento de que a decisão sobre o critério de projeto a ser considerado para o dimensionamento do vertedor é de responsabilidade da ANEEL e projetistas por ela delegados para desenvolver os projetos, fez-se uma análise comparativa em relação às vazões para dimensionamento do vertedor apresentadas pela projetista no EVTE (2010) e no EDH (2011). Também se comparam estes valores com a vazão de dimensionamento do vertedor utilizada no projeto do AHE Garibaldi, localizado logo à jusante.

43. No EVTE/2010 de São Roque foi adotado como critério para dimensionamento do vertedor a vazão máxima provável defluyente, resultando em um valor de 12.897 m<sup>3</sup>/s. Já no EDH/2011 de São Roque, optou-se por adotar como critério para dimensionamento do vertedor a vazão decamilenar defluyente, 10.603 m<sup>3</sup>/s.

44. A Tabela5 apresenta os valores de vazão máxima, calculados nos diversos estudos, além do valor definido para projeto na UHE Garibaldi.

**TABELA 5 - VAZÕES MÁXIMAS CARACTERÍSTICAS (M<sup>3</sup>/S) PARA OS AHES SÃO ROQUE E GARIBALDI**

Empreendimento	Área considerada (km <sup>2</sup> )	Estudo	Metodologia	Q <sub>max</sub> afluente (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>max.esp</sub> afluente (m <sup>3</sup> /s.km <sup>2</sup> )	Q <sub>max</sub> defluente (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>max.esp</sub> defluente (m <sup>3</sup> /s.km <sup>2</sup> )
UHE São Roque	9.769	EVTE, 2010	Q <sub>10.000</sub>	13.471	1,379	N.D.	
UHE São Roque	9.769	EVTE, 2010	VMP	14.238	1,458	12.897	1,320
UHE São Roque	10.091	EDH, 2011	Q <sub>10.000</sub>	11.952	1,184	10.603	1,051
UHE Garibaldi	13.064	EVI	Q <sub>10.000</sub>	15.503	1,187	N.D.	
UHE Garibaldi	13.064	EVI	VMP	17.360	1,329	15.702	1,202
	Vazão de projeto para dimensionamento do vertedor do AHE São Roque – EVTE/2010						
	Vazão de projeto para dimensionamento do vertedor do AHE São Roque – EDH/2011						
	Vazão de projeto para dimensionamento do vertedor do AHE Garibaldi						

45. Analisando a Tabela5 vê-se que, também em termos de vazões específicas (m<sup>3</sup>/s.km<sup>2</sup>), a vazão de projeto apresentada no EDH (2011) da UHE São Roque é inferior ao valor definido para a vazão de projeto da UHE Garibaldi e com o valor apresentado no estudo anterior, da própria projetista (EVTE, 2010), para a UHE São Roque.

46. Verifica-se ainda que, utilizando a mesma metodologia, a vazão decamilenar afluente apresentada no EDH/2011 (11.952 m<sup>3</sup>/s) é menor que aquela apresentada no EVTE/2010 (13.471 m<sup>3</sup>/s), mesmo com uma área de drenagem menor para o eixo da barragem.

47. Baseado nas informações aqui apresentadas, o Ofício nº 1349/2011/SRE-ANA, emitido em 10 de outubro de 2011, solicitou justificativas técnicas para a alteração do critério de projeto para cálculo da vazão de dimensionamento do vertedor neste novo projeto, em relação ao critério de projeto utilizado no estudo encaminhado à ANA em 2010.

48. O projetista, a partir do documento 1037/US-10-RL-0210, encaminhado em anexo ao Ofício DEVIX-CE-0429-11, faz os seguintes comentários sobre o questionamento da ANA:

- a. “Após diversas tratativas entre ANEEL, ANA, DESENVIX e ENGEVIX, determinou-se, em dezembro de 2010, a utilização da série de vazões apresentada na Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 1.953/2009 nos Estudos de Viabilidade da UHE São Roque, principalmente nos itens hidrológicos e energéticos.”
- b. “A adoção da série autorizada pela Resolução nº 1.953, nos Estudos de Viabilidade protocolados na ANEEL em 2011, gerou uma redução nas vazões geradas para o empreendimento, uma vez que esta considera um menor volume de água no rio Canoas do que a série apresentada nos estudos de 2010.”
- c. “Com a nova série de vazões diárias disponibilizada na citada Resolução, obteve-se a nova vazão decamilenar de 11.952 m<sup>3</sup>/s, valor substancialmente menor que o valor anterior (13.471 m<sup>3</sup>/s), o que mostra claramente que os estudos hidrológicos anteriores devem ser abandonados.”
- d. “Para o cálculo de vazão de projeto do vertedor da UHE São Roque apresentado à ANEEL em 2011, de acordo com o que preconizam as Instruções para Estudos de Viabilidade (Eletrobrás, 1997), adotou-se então a vazão decamilenar. Este critério foi também utilizado em empreendimentos dos últimos Leilões...”

- e. “A montante do empreendimento de São Roque, no rio Canoas, encontra-se em execução a ampliação da potência instalada da PCH Pery, a qual considerou também a vazão decamilenar para verificação do projeto do vertedouro.”

49. O referido documento ainda apresenta uma verificação complementar, estimando a vazão máxima de projeto (VMP) na UHE São Roque com base nos estudos da UHE Campos Novos, sendo este último empreendimento a mesma referência utilizada nos estudos de VMP da UHE Garibaldi e da própria UHE São Roque nos estudos do EVTE do ano de 2010.

50. O valor calculado para a VMP afluente foi de 13.174 m<sup>3</sup>/s, gerando uma vazão máxima defluente de 11.607 m<sup>3</sup>/s após amortecimento da cheia. Estas seriam as vazões de dimensionamento e verificação do vertedor do AHE São Roque, portanto, caso fosse mantido o critério de projeto inicialmente adotado para este empreendimento.

51. Em consulta ao documento de referência do setor elétrico “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas” (ELETROBRAS, 2003), verifica-se que “*para barragens maiores de 30m, .... a vazão de projeto dos órgãos extravasores, ou cheia de projeto, será a cheia máxima provável*” (página 22), o que não foi aplicado no projeto do AHE São Roque, cuja altura da barragem é de 59,5 m.

52. O mesmo documento da ELETROBRAS adota como borda livre mínima da barragem (distância vertical entre o nível da máxima enchente no reservatório e a cota de galgamento da barragem) o valor de 0,5m para barragens de concreto (página 22). No caso do AHE São Roque, verifica-se que a distância entre a cota de coroamento da mureta localizada sobre a barragem (766,25 m conforme Figura 2.2 da resposta ao Ofício 1349) e o nível máximo de água no reservatório (765,91 m, conforme Tabela 2.3 da resposta ao Ofício 1349) é de 34 cm. Caso seja adotado o nível máximo de água no reservatório constante da Figura 2.1 da resposta ao Ofício 1349 (acima de 766,00 m), a borda livre seria de no máximo 25 cm. Verifica-se que também neste aspecto não foi seguido o documento de referência do setor elétrico “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas” (ELETROBRAS, 2003).

53. Estas questões foram discutidas na reunião técnica realizada entre ANA, ANEEL e Desenvix em 08 de novembro de 2011. A partir destas discussões, a Desenvix encaminhou em 11 de novembro de 2011 o Ofício Devix-CE-0450-11, o qual apresenta os novos dimensionamentos do vertedor e da cota da crista da barragem, os quais passaram a atender os Critérios de Projeto Civil da ELETROBRAS. Neste sentido, a cota da crista da barragem – mureta - passou para o NA 766,41 m. Ainda segundo a página 5 do referido documento, o vertedor está dimensionado para a vazão máxima provável defluente, 11.607 m<sup>3</sup>/s.

54. Em resumo, a análise realizada nesta NT mostra que os cálculos de vazão máxima realizados estão adequados. Ainda, considerando a definição de atribuições para a ANEEL dispostas na Lei 12.334, recomenda-se o envio desta NT àquela Agência para conhecimento das verificações sobre os estudos de vazões máximas realizadas pela ANA, como subsídio para que a ANEEL defina os valores de vazão de projeto para dimensionamento do vertedor e altura da barragem.

## **EMPREENHIMENTO**

### **ENCHIMENTO**

55. Foi apresentado um estudo estatístico para estimativa do tempo de enchimento do reservatório da UHE São Roque, baseado na série de vazões médias mensais apresentada. As

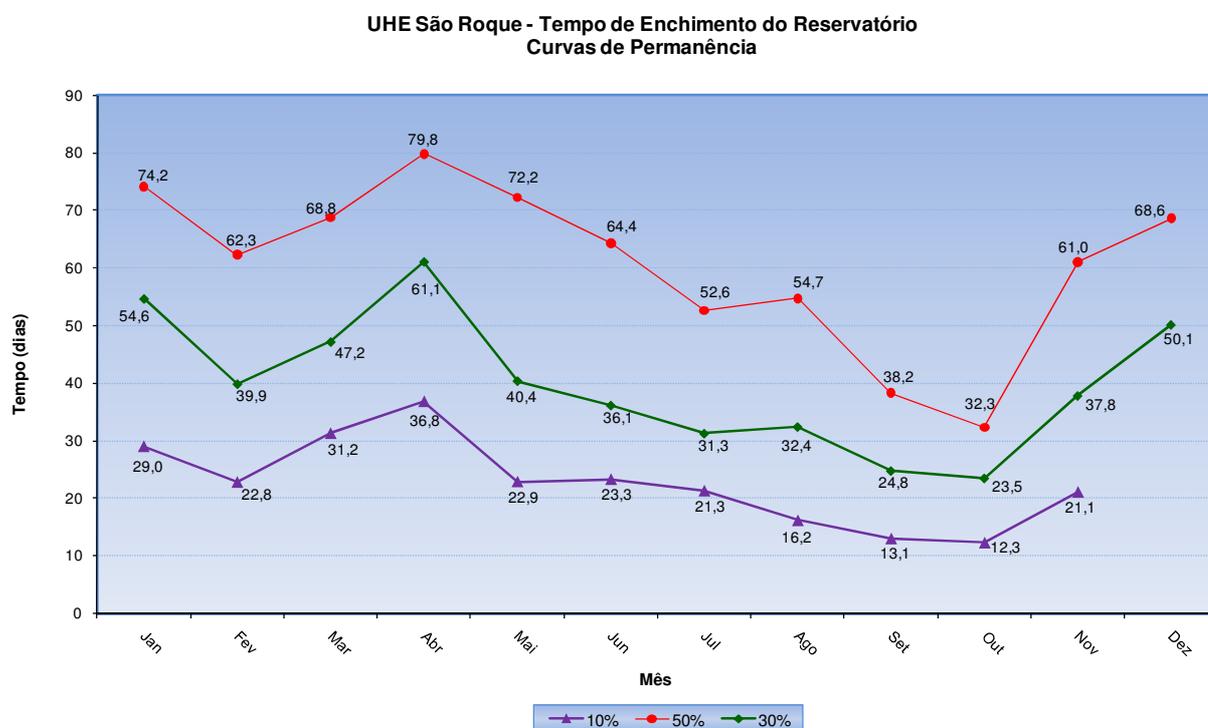
simulações levaram em conta o volume total de 795,67 hm<sup>3</sup> e uma vazão remanescente de 13,7 m<sup>3</sup>/s, correspondente à mínima da série de vazões médias mensais.

56. A partir da série de vazões, foram construídos anos hidrológicos-tipo, considerando a garantia de 5% a 95% da vazão de cada um dos meses, já descontada da vazão remanescente. A Tabela 6 mostra os anos hidrológicos tipo estimados.

**TABELA 6. PERMANÊNCIAS MENSIS DESCONTADAS A VAZÃO DE 13,70 M<sup>3</sup>/S**

Permanência	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5%	368,6	556,7	418,8	288,6	507,2	536,1	582,1	658,7	760,5	811,7	613,4	415,5
10%	317,8	404,6	295,5	250,5	402,2	395,4	432,1	568,5	704,2	747,6	436,3	285,6
20%	226,2	313,5	238,6	201,2	337,6	314,3	341,4	425,0	468,6	517,1	324,0	240,9
30%	168,5	231,1	195,5	151,0	228,1	254,9	294,7	284,2	371,9	392,2	243,8	183,8
40%	143,7	196,7	168,0	129,6	172,6	187,5	229,8	206,7	282,1	337,9	188,2	154,6
50%	124,2	147,9	133,9	115,4	127,5	143,1	175,0	168,2	240,8	284,8	150,9	134,3
60%	110,8	123,6	113,2	97,3	99,9	125,6	135,0	149,5	209,9	238,4	139,9	96,0
70%	83,4	95,4	94,3	69,5	70,5	103,2	99,7	113,3	180,2	190,7	121,1	84,3
80%	70,0	74,5	68,3	52,0	47,3	62,9	81,9	91,1	140,5	153,3	101,1	68,1
90%	56,2	59,4	40,0	33,7	25,9	46,9	67,4	53,2	97,9	100,0	69,9	42,8
95%	49,8	33,1	35,1	23,9	18,6	25,3	49,8	35,4	71,6	76,9	62,6	34,7

57. Com base nestas vazões, estimou-se o tempo de enchimento, considerando o seu início em cada um dos 12 meses do ano, e levando em conta os anos-tipo com garantia de 10%, 30% e 50%. Obteve-se então um gráfico de tempo de enchimento para cada mês do ano e para cada uma destas três garantias, conforme Figura 4.



**FIGURA 4. CURVAS DE PERMANÊNCIA DE TEMPO DE ENCHIMENTO, PARA GARANTIAS DE 10%, 30% E 50%**

58. O estudo conclui que “o tempo médio de enchimento do reservatório da UHE São Roque está na faixa de aproximadamente 23 dias para a permanência de vazão de 10 %, sendo

outubro o mês mais favorável para o enchimento”. No entanto, esta conclusão é bastante otimista, assim como as garantias que o projetista propôs para mostrar o tempo de enchimento de forma gráfica, uma vez que não considera a possibilidade de ocorrência de um ano seco quando do início do enchimento.

59. Isto fica claro na tabela apresentada no EDH (Tabela 7 desta NT), que apresenta o tempo de enchimento para várias garantias, de 5% até 95%.

**TABELA 7. TEMPO DE ENCHIMENTO DE ACORDO COM O MÊS E ANO HIDROLÓGICO-TIPO (DIAS)**

Permanência	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5%	25	17	22	32	18	17	16	14	12	11	15	22
10%	29	23	31	37	23	23	21	16	13	12	21	32
20%	41	29	39	46	27	29	27	22	20	18	29	38
30%	55	40	47	61	40	36	31	32	25	24	38	50
40%	64	47	55	71	53	49	40	45	33	27	49	60
50%	74	62	69	80	72	64	53	55	38	32	61	69
60%	83	75	81	95	92	73	68	62	44	39	66	96
70%	110	97	98	132	131	89	92	81	51	48	76	109
80%	132	124	135	178	195	146	112	101	66	60	91	135
90%	164	155	230	274	356	197	137	175	94	92	132	216
95%	190	280	263	389	496	364	185	260	129	120	147	266

60. Como se vê, caso o enchimento se dê em um ano seco, este pode durar até quase 500 dias (cerca de um ano e quatro meses). No entanto, chama a atenção, na Tabela , o fato de haver variações muito grandes no tempo de enchimento entre meses subsequentes.

61. Desta forma, o estudo foi verificado pela GEREG/SRE, calculando-se novamente o tempo de enchimento para cada ano-tipo e mês de início. Esta verificação foi feita de forma expedita, calculando-se as somas móveis de 1 a 10 meses dos volumes afluentes, para cada mês de início, e identificando se a soma móvel é maior ou menor do que o volume do reservatório. Este cálculo não permite estimar exatamente o tempo de enchimento em dias, apenas em meses, de forma que foi atribuído um número de dias correspondente à metade do mês em que o volume é atingido (ou seja, caso o enchimento termine no mês 1, serão atribuídos 15 dias, se for no mês 2, 45 dias e assim por diante).

62. Os resultados da verificação são mostrados na Tabela 8.

**TABELA 8. VERIFICAÇÃO EXPEDITA DO TEMPO DE ENCHIMENTO, EM DIAS**

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5%	15	15	15	45	15	15	15	15	15	15	15	15
10%	15	15	45	45	15	15	15	15	15	15	15	45
20%	45	45	45	45	15	15	15	15	15	15	15	45
30%	45	45	45	45	45	45	45	45	15	15	45	45
40%	45	45	75	45	45	45	45	45	45	15	45	45
50%	75	75	75	75	75	45	45	45	45	45	75	75
60%	75	75	75	75	75	75	75	45	45	45	75	75
70%	105	105	105	105	105	75	75	75	45	45	105	105
80%	145	175	145	145	145	105	75	75	75	75	105	145
90%	205	205	205	175	175	145	105	105	105	145	205	235
95%	265	265	235	205	205	175	175	175	175	205	265	265

63. Observa-se que, embora a verificação desta NT demonstre que o tempo de enchimento realmente pode ser bastante alto, a depender do ano hidrológico, os tempos estimados pelo projetista estão inconsistentes, em especial para anos mais secos. Enquanto o tempo de enchimento máximo do estudo do EDH foi de 496 dias, a verificação feita nesta NT demonstra que este será de, no máximo, 265 dias, se iniciado de novembro a fevereiro de um ano com 95% de garantia.

64. Aparentemente o estudo apresentado pelo projetista considerou que a vazão afluyente durante o enchimento é sempre a mesma do mês de início do enchimento, o que leva a uma inconsistência quando o tempo de enchimento passa de um mês.

65. No entanto, embora o estudo de enchimento possa ser considerado metodologicamente incorreto, entende-se que, do ponto de vista de recursos hídricos, não há maiores conseqüências no fato do tempo de enchimento poder vir a ser tão longo (mais de meio ano). A única ressalva diz respeito ao próprio uso para geração de energia, uma vez que, em consulta ao cronograma de implantação apresentado no EVI, observa-se que o empreendedor pretende iniciar a geração comercial da 1ª turbina dois meses após o início do enchimento, e a terceira e última turbina seis meses após o início. Desta forma, recomenda-se enviar esta NT à ANEEL, como alerta de que há certa probabilidade de que estes prazos não possam ser cumpridos, a depender do ano hidrológico em que o enchimento ocorrer.

66. Não deverá haver interferência entre os enchimentos de reservatório da UHE São Roque e da UHE Garibaldi, situada logo a jusante. Como a UHE Garibaldi foi leiloadada em julho de 2010, e a UHE São Roque está prevista para o leilão em dezembro de 2011, estima-se que haja quase um ano e meio de defasagem entre o início das obras de ambas as usinas. Como os cronogramas de execução de ambos os empreendimentos preveem o início do enchimento no mês 38, estima-se que o reservatório de São Roque deverá iniciar o enchimento cerca de 18 meses depois do início do enchimento de Garibaldi, o que será suficiente para que esta última já tenha completado seu enchimento.

67. Com relação à magnitude da vazão remanescente proposta, de 13,7 m<sup>3</sup>/s, verifica-se que esta corresponde à vazão mínima média mensal da série de vazões de 1931 a 2009. Esta vazão é suficiente para atender os usos existentes a jusante, que são pouco expressivos. No entanto, o órgão ambiental poderá eventualmente definir regras complementares para o referido enchimento.

68. Por fim, entende-se que não cabe recomendação na DRDH a respeito do mês de início do enchimento, pelo fato do rio Canoas não ter uma sazonalidade muito bem definida<sup>1</sup>. Como a diferença entre o tempo de enchimento ao longo dos diversos meses de um mesmo ano hidrológico não é muito expressiva, entende-se que o início do enchimento pode ficar a critério do empreendedor, de acordo com o cronograma de implantação.

## **CONDIÇÕES GERAIS DE OPERAÇÃO**

69. A usina hidrelétrica de São Roque contará com reservatório de regularização, cujo nível d'água poderá oscilar entre as cotas 760m (NA máximo normal) e 746m (NA mínimo normal), correspondendo a um deplecionamento de até 14m.

70. Com isso, as vazões defluentes necessariamente serão diferentes das vazões afluentes, com a possibilidade de vazões defluentes mais baixas em períodos de reenchimento do reservatório.

---

<sup>1</sup> Embora o período de verão (dezembro a março) tenda a ser um pouco mais seco, em alguns anos o verão pode ser bastante chuvoso, de forma que não é pertinente propor um mês de início com base nas estatísticas passadas.

71. A este respeito, o EDH informa que, devido ao fato de “*o reservatório da UHE Garibaldi provocar remanso sobre os níveis do canal de fuga da UHE São Roque na ocasião de ocorrência de vazões superiores a 500 m<sup>3</sup>/s*”, “*não será necessário manter uma vazão ecológica durante a fase operativa do empreendimento para fins de manutenção ambiental*”.

72. Depreende-se, portanto, que a vazão remanescente pode ser igual a zero, segundo a proposta contida no EDH. Pelo entendimento vigente, a vazão remanescente deve ser a vazão para atender eventuais usos (consuntivos e não consuntivos) existentes e outorgados a jusante (definida pela ANA), somada à vazão para atendimento dos ecossistemas ou vazão ecológica (definida pelo órgão ambiental).

73. Do ponto de vista dos usos a jusante, existe a usina hidrelétrica de Garibaldi, que conta com DRDH da ANA. A Resolução ANA nº 116, de 6 de abril de 2010, que reservou a disponibilidade hídrica para a UHE Garibaldi, estabeleceu uma vazão remanescente de 10,4 m<sup>3</sup>/s para este empreendimento. Esta vazão foi posteriormente modificada pela Licença Ambiental Prévia 136/2010/GELRH-FATMA, que aumentou a vazão remanescente para 13 m<sup>3</sup>/s.

74. Como a UHE Garibaldi opera a fio d’água, com vazões defluentes iguais às afluentes (conforme art. 2º da Resolução 116/2010), não seria possível para esta usina obedecer a vazão remanescente de 13 m<sup>3</sup>/s num cenário em que:

- a. a UHE São Roque não esteja liberando vazão nenhuma;
- b. o período hidrológico seja crítico, de forma que a área incremental não produza uma vazão maior ou igual a 13 m<sup>3</sup>/s;

75. Logo, além da manutenção da vazão ecológica, entende-se que uma vazão nula pode ser insuficiente para o uso múltiplo, conflitando inclusive com a reserva de água feita através da Resolução nº 116/2010<sup>2</sup>.

76. Portanto, a ANA sugeriu que a vazão remanescente a ser mantida a jusante da UHE São Roque seja de, pelo menos, 13 m<sup>3</sup>/s, de forma a atender à reserva de água já feita à UHE Garibaldi. Esta vazão foi submetida à FATMA, por meio do ofício nº 1414/2011/GEREG/SRE/ANA, no intuito de apurar se é suficiente também para atendimento dos ecossistemas.

77. A consulta foi respondida por meio do ofício DILI/GEAIA/3822, de 8 de novembro de 2011, que faz menção ao Aditivo Ao Parecer GEAIA/GELRH nº 030/2011:

*“O novo arranjo apontou que não haverá trecho de vazão reduzida. Foi citado que para garantir o escoamento de uma vazão ecológica para jusante, será instalado um dispositivo de operação controlada, para situações emergenciais.*

*Deverá ser assegurado que imediatamente a jusante do canal de fuga da casa de força da UHE São Roque o rio Canoas tenha sempre uma vazão de 13,7 m<sup>3</sup>/s, correspondente à mínima vazão média mensal estabelecida na série revisada de vazões, seja essa vazão de água proveniente das turbinas, do vertedouro ou do dispositivo de vazão ecológica instalado na barragem”.*

78. Observa-se que a vazão proposta pelo licenciamento ambiental é quase idêntica à proposta pela ANA para atendimento dos usos múltiplos. Como a vazão apresentada pela FATMA é ligeiramente maior do que a proposta pela ANA, entende-se que a primeira deva ser adotada.

79. Sugere-se, portanto, que conste na Resolução de DRDH, no item referente às condições operativas, a manutenção de uma vazão remanescente, a jusante do canal de fuga, de 13,7 m<sup>3</sup>/s.

---

<sup>2</sup> Cabe ressaltar que a ANA deverá alterar a vazão remanescente da UHE Garibaldi para que esta fique aderente à Licença Ambiental emitida pela FATMA.

## QUALIDADE DA ÁGUA

80. Neste item, avalia-se a condição de qualidade da água do futuro reservatório da UHE São Roque, que afetará áreas dos municípios de Vargem, São José do Cerrito, Brunópolis, Curitibaanos e Frei Rogério, no Estado de Santa Catarina.

81. O objetivo da análise é o de identificar e qualificar possíveis alterações na qualidade da água devido à alteração do regime de escoamento, de lótico para lântico ou intermediário (ambientes com tempo de residência de 2 a 40 dias), e as respectivas conseqüências sobre os usos de água existentes e pretendidos pela população local, a exemplo de abastecimento humano, industrial e agrícola, além de usos recreativos e paisagísticos.

82. Os resultados dessa avaliação devem contribuir com a identificação e implementação de ações para evitar, controlar e minimizar conseqüências indesejáveis sobre a qualidade da água, em especial sobre o risco de eutrofização do reservatório, processo que pode prejudicar ou até inviabilizar alguns usos.

### Estudos apresentados

83. Os estudos de qualidade da água da UHE São Roque foram apresentados no EDH do empreendimento, elaborado pela Flow Engenharia, empresa contratada pela Desenvix, que é a projetista que desenvolve o estudo de viabilidade para a ANEEL.

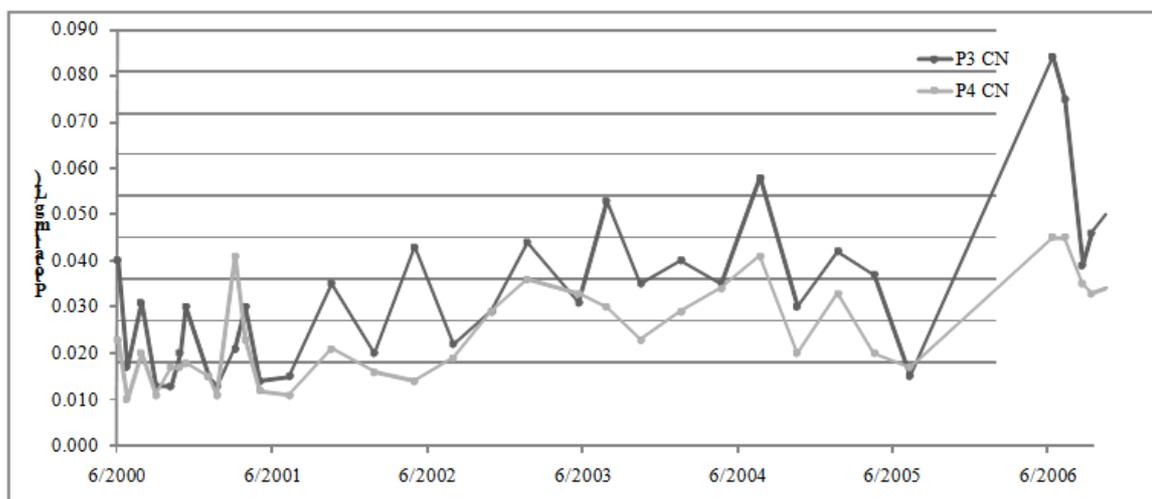
84. Esses estudos foram pautados em avaliações sobre o potencial de eutrofização do futuro reservatório de São Roque, elaborados a partir dos modelos Vollenweider, CEPIS, FLUX e BATHTUB (US Army Corps of Engineers – USACE/Waterways Experiment Station – WES).

85. Os modelos citados referem-se a metodologias semelhantes de análise do balanço de nutrientes em reservatórios por meio de estimativas de capacidade de suporte do ambiente lântico, dado que, comparado com o potencial de aporte dessas cargas pela bacia de drenagem, indica o risco de eutrofização do ambiente.

86. A primeira parte dos estudos abordou a caracterização das fontes de poluição, avaliação embasada por duas campanhas de amostragem, realizadas pela projetista, em julho de 2008 e outubro de 2010, e dados da rede de monitoramento da UHE Campos Novos, que possui, na área de interesse da UHE São Roque, 34 campanhas, que vão de junho de 2000 a novembro de 2006.

87. A rede de monitoramento da UHE Campos Novos apresentou concentrações de fósforo variando 0,01 a 0,04 mg/l e raros picos acima de 0,05 mg/l (Figura 5), enquanto as campanhas realizadas pela projetista, apresentaram concentrações entre 0,04 e 0,11 mg/L (Tabela 9).

88. O dado de entrada utilizado nas simulações e estimativas realizadas, referente à concentração média anual de fósforo, foi de 0,02 mg/L. Valor estimado com o uso do modelo FLUX, o qual calcula a carga média anual (kg/ano) e a respectiva concentração média (mg/L), a partir de relações entre comportamento hidrológico e concentrações observadas.



**FIGURA 5 – CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO DA REDE DA UHE CAMPOS NOVOS**

**TABELA 9 – DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA PROJETISTA**

Ponto	Data	Vazão	Oxig_Diss	Temp	pH	Fósforo_T	Nitrato	Nitrato	N_Total	Clorofila-a
		m³/s	mg/L O <sub>2</sub>	°C		mg/L P	mg/L N_NO <sub>2</sub>	mg/L N_NO <sub>3</sub>	mg/L N	
2	20/7/2008	108,47	8,9	15,3	7,56	0,066	0,01	0,419	0,92	3
2	13/10/2010	197,60	8,87	18,20	7,70	0,050	ND	0,380	0,88	< 0,1
3	20/7/2008	55,74	7,7	12	7,08	0,047	0,001	0,348	2	28
3	14/10/2010	101,42	9,25	17,30	7,60	0,050	ND	0,350	0,61	< 0,1
4	20/7/2008	46,29	7,4	14,3	7,06	0,055	0,008	0,31	1,32	27
4	14/10/2010	42,31	8,30	17,00	7,50	0,060	ND	0,410	0,67	0,60
5	20/7/2008	53,80	8	15,4	7,1	0,041	0,001	0,429	1,26	48
5	14/10/2010	97,88	9,69	16,90	7,60	0,110	ND	0,460	0,72	0,20

89. A partir da vazão média de longo termo (230,4 m<sup>3</sup>/s) e adotando a concentração de 0,02 mgP/L, estimou-se uma carga afluenta ao reservatório de 148,121 toneladas de fósforo ao ano.

90. Na segunda parte dos estudos, calculou-se a capacidade de suporte do reservatório de São Roque, considerando a concentração de fósforo de 0,05 mg/L, limite estabelecido pelo CONAMA para ambientes intermediários (tempo de residência entre 2 a 40 dias). O resultado dessa avaliação, pelo Modelo Vollenweider, foi de 626,46 tonP/ano.

91. Comparando esse resultado com a carga estimada da bacia de drenagem do reservatório, tem-se um comprometimento atual dessa capacidade da ordem de 24%, indicando baixa tendência de eutrofização.

92. O estado trófico do reservatório foi avaliado, conforme resultados abaixo:

- Vollenweider: mesotrófico
- CEPIS: oligotrófico
- BATHTUB: mesotrófico

93. Outra análise realizada foi a verificação Número de Froude, de 0,25, valor que indica baixa tendência do reservatório estratificar, processo que poderia gerar ou intensificar problemas de qualidade de água.

## **Análise dos resultados apresentados**

94. Em termos gerais, a condição de qualidade de água na região é boa, caracterizada por índices baixos de DBO, em média 3,00 mg/L; altos teores de oxigênio dissolvido, entre 7,00 a 9,00 mg/L; e padrões médios de fósforo, entre 0,03 a 0,05 mg/L.
95. Esses limites sugerem que as atividades com potencial de gerar cargas orgânicas e de nutrientes (pontuais e difusas) na bacia não são significativas, condição que pode assegurar a conformidade com os padrões de qualidade de água estabelecidos pelo CONAMA.
96. Os dados apresentados pela projetista, somente duas campanhas, nos anos de 2008 e 2010, são insuficientes para fazer qualquer inferência.
97. Entretanto, foram aproveitados dados da rede de monitoramento da UHE Campos Novos, que apresenta um bom histórico, 34 campanhas, entre os anos de 2000 a 2006, na área de interesse do aproveitamento de São Roque.
98. Baseado nesses dados e com o uso de alguns modelos limitados à avaliação do potencial de eutrofização, os estudos concluíram por uma previsão de estado trófico do reservatório entre oligotrófico e mesotrófico, não havendo indicação de eutrófico, ou seja, pelo baixo risco de desencadeamento de processo de eutrofização, fenômeno com grande potencial para prejudicar usos de água ou até mesmo inviabilizá-los totalmente.
99. Apesar da concordância com o resultado final dessa análise, algumas observações quanto aos métodos e análises realizados foram discutidos pela GEREG/SRE com a projetista.
100. A primeira parte dos estudos apresentou uma carga de fósforo da bacia de drenagem do reservatório de 148,121 tonP/ano, valor que representa 23% da capacidade de suporte calculada para o reservatório (626,46 tonP/ano).
101. Entretanto, observou-se que os dados de fósforo total da rede de monitoramento da UHE Campos Novos (Figura 5) apresentaram uma tendência de aumento das suas concentrações, com valores iniciais de 0,01 a 0,03 mg/L, nos primeiros anos de 2000, os quais atingem faixas de 0,03 mg/L, com picos acima de 0,05 mg/L, nos anos de 2005 e 2006.
102. Confirmando essa tendência de crescimento das concentrações, as campanhas realizadas pela projetista apresentaram concentrações de fósforo entre 0,04 a 0,06 mg/L, no ano de 2008, e de 0,05 a 0,11 mg/L, em 2010 (Tabela 9).
103. Diante desses dados, a concentração de 0,02 mgP/L utilizada para avaliação do comprometimento da capacidade de suporte aparentemente parece não representar o comportamento médio desse parâmetro e, muito menos, as condições mais recentes de geração de carga de nutrientes da bacia.
104. Sendo assim, em reunião com a projetista no dia 03 de novembro de 2011, questionou-se esse valor. A justificativa apresentada para tal concentração foi o método utilizado - FLUX, que faz relações estatísticas entre concentração e vazão, e ao maior número de dados concentrados nos primeiros anos, conferindo maior peso às baixas concentrações do histórico de dados.
105. Como os esclarecimentos acima evidenciaram a desatualização dos dados de usados, a GEREG/SRE refez essa análise admitindo uma concentração de 0,05 mg/L, valor mais representativo das campanhas recentes (2008 e 2010).
106. Adotando essa concentração (0,05 mg/L), o potencial de aporte de carga de fósforo ao reservatório passa para 363 ton/ano, valor que eleva a taxa de comprometimento da capacidade de suporte do reservatório de 24% para 58%.

107. Mesmo com essa importante elevação da taxa de comprometimento da capacidade de assimilação do reservatório, o índice de 58% ainda representa uma boa margem de segurança para prevenir processos de degradação da qualidade de água do futuro reservatório, uma vez que as atividades da bacia que geram essas cargas, principalmente usos agrícolas e lançamentos de esgoto, poderiam quase que dobrar antes de atingir a capacidade limite do reservatório, quando o risco de eutrofização é bastante premente.
108. Na segunda parte dos estudos apresentados pela projetista, avaliou-se o estado trófico do reservatório, com destaque para o Modelo BATHTUB.
109. Embora esse modelo permita uma avaliação segmentada do potencial de eutrofização do reservatório, tal compartimentação foi realizada somente para definir as condições de qualidade de água de entrada do modelo.
110. Na reunião de apresentação e discussão dos estudos realizada no dia 03/11/11, questionou-se a abordagem de um único compartimento para avaliar todo o reservatório, quando claramente observa-se, pelo menos, três segmentos bem distintos: braços dos rios Canoas e Marombas e corpo central do reservatório, após a junção dos cursos d'água.
111. Em resposta, a projetista defendeu que uma avaliação mais detalhada não se justificava, dado o baixo potencial de eutrofização do reservatório.
112. Apesar de se não se compartilhar deste entendimento, pondera-se que uma simulação compartimentada do reservatório, utilizando os mesmos dados de entrada, considerados desatualizados, não agregaria maior confiabilidade aos resultados.
113. Diante da inexistência de dados sistemáticos recentes e considerando as relativamente baixas indicações de potencial de eutrofização, opta-se por recomendar a solicitação de estudos mais profundos na fase de outorga do empreendimento, após a formação do reservatório e com dados recentes de monitoramento, já que será estabelecido programa de monitoramento da qualidade de água a ser iniciado imediatamente após a conversão da DRDH em outorga em nome da vencedora do leilão.
114. Quando não se constata risco significativo de eutrofização e de deterioração da qualidade de água, como o caso deste empreendimento, simulações mais detalhadas de qualidade da água normalmente são exigidas para a fase de outorga, com o reservatório formado, quando a calibração dos processos físico-químicos e hidrodinâmicos envolvidos na dinâmica do reservatório são mais factíveis e confiáveis.
115. Esses estudos deverão ser elaborados em um contexto maior do Plano de Usos do Reservatório – PUR, programa que visa estabelecer medidas e ações necessárias para a compatibilização do empreendimento e de seu reservatório, em termos de quantidade e qualidade da água, com os usos previstos.
116. O prognóstico realizado pela projetista limitou-se em tratar da poluição devido ao aporte de nutrientes da área de drenagem da barragem, desconsiderando processos importantes como a decomposição da vegetação a ser inundada e parâmetros relacionados às cargas orgânicas da bacia relevantes no fenômeno de deterioração da qualidade de água, com destaque para o oxigênio dissolvido - OD e demanda bioquímica de oxigênio – DBO.
117. Outra falha observada no estudo foi a ausência de análise de cenários representativos da evolução do processo de uso e ocupação na bacia, a partir de projeções de crescimento populacional e dos usos, principalmente abastecimento humano e esgotamento sanitário, fruto inclusive da própria implantação da obra da hidrelétrica na região; e atividades agroindustriais. Assim, as avaliações restringem-se às situações atuais, sem nenhuma indicação das condições de qualidade de água ao longo da vida útil do reservatório e de ações para controlar futuros problemas, uma vez que a ampliação dos usos pode gerar tendência, a médio e longo prazos, de piora da qualidade de água.

118. Dessa forma, cenários de evolução dos usos deverão ser estudados visando à proposição de medidas de controle, incluindo intervenções estruturantes nas fontes de poluição para melhorar as condições qualitativas das águas do futuro reservatório, com o apoio técnico e financeiro do empreendedor. A exemplo dessas ações, citam-se ampliação e melhoramento de sistemas de esgotamento sanitário das sedes municipais localizadas na área da bacia que drena para o futuro reservatório.

119. Por fim, as conclusões apresentadas destacam o baixo potencial de eutrofização e de deterioração da qualidade de água do futuro reservatório de São Roque e a necessidade de complementação de estudos abordando a problemática da poluição devido à matéria orgânica (OD, DBO...) e devido à vegetação a ser inundada, além da avaliação de cenários com projeções de crescimento dos usos.

### **Condicionantes para Conversão da DRDH em Outorga**

120. Nesse item são apresentadas recomendações de estudos e documentos complementares a serem impostos como condicionantes na conversão da DRDH em outorga de direito de uso de recursos hídricos.

1. Apresentar Plano de Usos do Reservatório – PUR, programa que visa compatibilizar os usos de água, atuais e futuros, com a qualidade de água prevista para o reservatório;
2. Detalhar e implementar os seguintes programas e medidas: Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade de Águas; Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas; Programas de Desmatamento e Limpeza da Área do Reservatório;
3. Iniciar monitoramento indicado abaixo, sem prejuízo ao disposto na Resolução ANEEL nº 396/1998, como forma de gerar dados necessários aos estudos e modelagem que serão exigidas na fase de outorga do empreendimento:
  - Monitorar trimestralmente os seguintes parâmetros: salinidade, temperatura, amônia, nitrato, nitrogênio orgânico, fósforo inorgânico, fósforo orgânico, Clorofila-a, zooplâncton, OD e DBO; e
  - Medir ventos em, no mínimo, duas estações, incluindo intensidade e azimute (ou direção) para ventos médios horários.
4. Aprofundar e detalhar a modelagem matemática da qualidade de água do reservatório, observando:
  - Simular as condições de qualidade de água do futuro reservatório, de forma compartimentada, para os parâmetros fósforo, OD, DBO e temperatura;
  - Quantificar as fontes de aporte de cargas orgânicas e de nutrientes ao reservatório, pontuais e difusas, incluindo projeções de crescimento das atividades identificadas, para o tempo de vida útil dos barramentos, em intervalos de dez anos;
  - Simular a qualidade de água futura do reservatório considerando as projeções de crescimento das atividades poluidoras e de cenários de abatimento das cargas orgânicas e de nutrientes, intervenções a serem realizadas com o apoio técnico e financeiro do empreendedor;
  - Realizar estudo da vegetação da área de inundação do reservatório e relacionar seus efeitos sobre a qualidade da água do futuro lago, objetivando a determinação dos índices de desmatamento e limpeza do reservatório.

## SEDIMENTOS, ASSOREAMENTO E VIDA ÚTIL DOS RESERVATÓRIOS

### Estudos apresentados no EDH

121. Para a determinação da produção sólida no local da UHE São Roque foram utilizados dados da estação sedimentométrica de Passo Caru (código 71550000).

122. Estabeleceu-se, então, a curva chave de sedimentos para a estação, que representa a relação entre vazão líquida e vazão sólida total, conforme a Tabela 10.

**TABELA 20 – CURVA-CHAVE DE SEDIMENTOS DA ESTAÇÃO PASSO CARU**

Rio	Eixo	Estação fluviométrica	Correlação $Q_{st} \times Q_l$	R <sup>2</sup>
Canoas	São Roque	Passo Caru (RHA)	$Q_{st} = 0,0064 \times Q_l^{2,0485}$	0,91

123. A curva chave de sedimentos foi aplicada à série de vazões líquidas médias mensais, gerando-se uma série de vazões sólidas totais médias mensais.

124. A partir das informações obtidas realizou-se o transporte, por área de drenagem, das vazões sólidas em suspensão entre a estação e o eixo da UHE São Roque.

125. A descarga sólida anual obtida para o eixo do barramento foi de 293.234 t/ano, o que resulta em uma descarga específica de 29,06 t/km<sup>2</sup>.ano.

126. Para transformar a descarga sólida total afluyente ao reservatório para volume de sedimentos total afluyente ao reservatório, foi adotado um peso específico calculado a partir da granulometria estimada do sedimento, que por sua vez foi presumida a partir do mapa geológico do Brasil ao milionésimo. A granulometria adotada foi: 40% de argila, 40% de silte e 20% de areia.

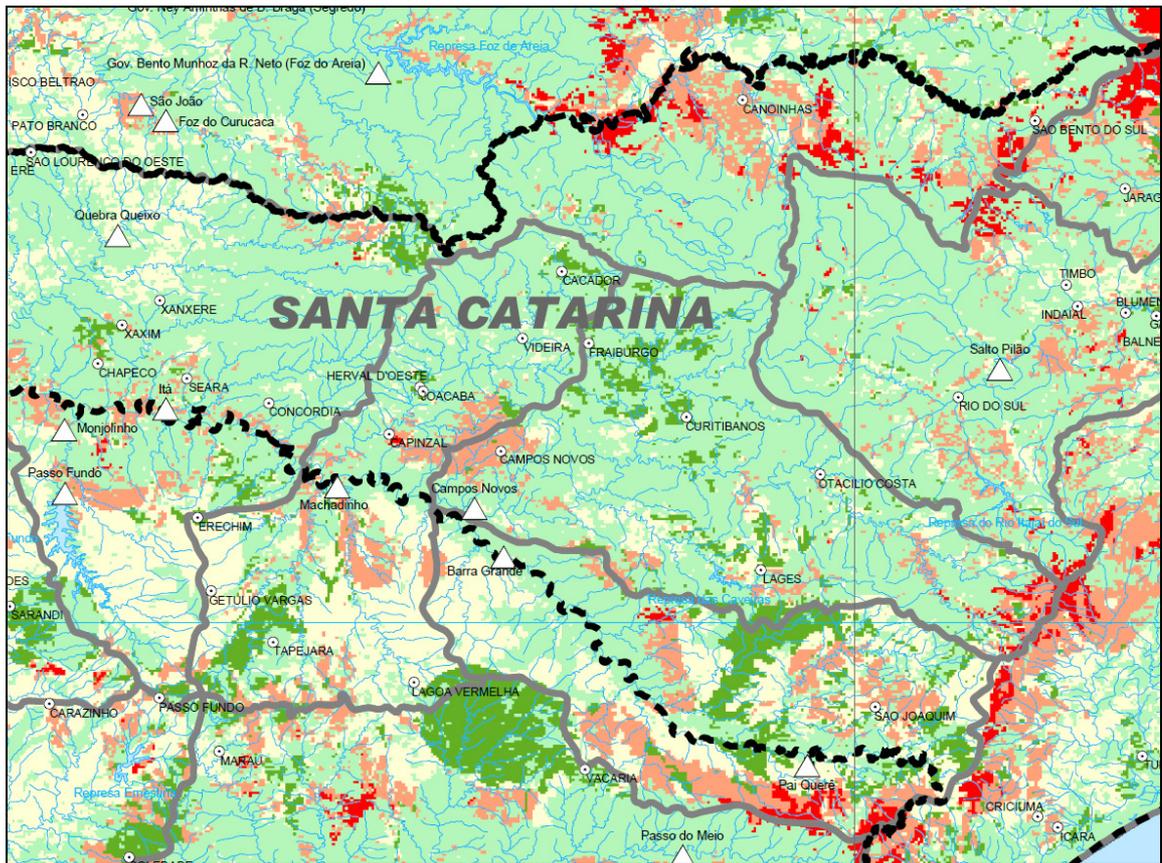
127. Para estimar a retenção de sedimentos no reservatório, foi utilizada a curva de Brune, a partir do software SEDIMENT.

128. Para o cálculo da vida útil do reservatório, utilizou-se o software DEPOSIT, adotando a elevação correspondente à cota da soleira da tomada d'água (734,4 m). A vida útil resultou em 275 anos.

### Avaliação da ANA

129. Numa avaliação das descargas sólidas anuais de sedimentos geradas no EDH, o seu valor encontrado, em termos específicos, de 29,06 t/km<sup>2</sup>.ano, é compatível com o Mapa do Potencial de Produção de Sedimentos do Brasil, elaborado pela ANEEL, conforme Figura 6.

130. O referido Mapa apresenta, para o rio Canoas a montante da UHE São Roque, um potencial de produção de sedimentos que vai de muito baixo a moderado, e que em média pode ser classificado como baixo (5 a 70 ton/km<sup>2</sup>.ano). Apenas na porção final do rio Canoas (junto à UHE Campos Novos, a jusante da UHE São Roque), verifica-se algumas áreas com alto potencial de produção de sedimentos.



**FIGURA 6 – CURVA-CHAVE DE SEDIMENTOS DA ESTAÇÃO PASSO CARU MAPA DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA REGIÃO DO RIO CANOAS**

131. Assim, baseado nas informações e estudos sedimentológicos e de assoreamento apresentados no EDH, pode-se afirmar que a vida útil resultante para a cota da soleira da tomada d'água, de 275 anos, indica que não se esperam problemas de assoreamento neste reservatório. No entanto, recomenda-se que constem na DRDH condições de monitoramento sedimentométrico.

## REMANSO

132. Os estudos de remanso da UHE São Roque tiveram como objetivo a caracterização das condições de escoamento e da elevação da linha d'água dos rios Canoas e Marombas a montante do barramento, após a formação do reservatório, avaliando principalmente as suas interferências com as pontes da BR-470 e SC-451. Embora não conste dos estudos, os seus resultados também serviram para se avaliar a interferência do reservatório sobre outras infraestruturas existentes e sobre a curva-chave do canal de fuga da UHE Peri a montante.

133. Os estudos foram realizados por modelagem matemática, com a aplicação do modelo HEC-RAS, desenvolvido pelo US Army Corps of Engineers, que calcula perfis de linhas d'água e as respectivas linhas de energia, considerando o escoamento em regime permanente, unidimensional e gradualmente variado.

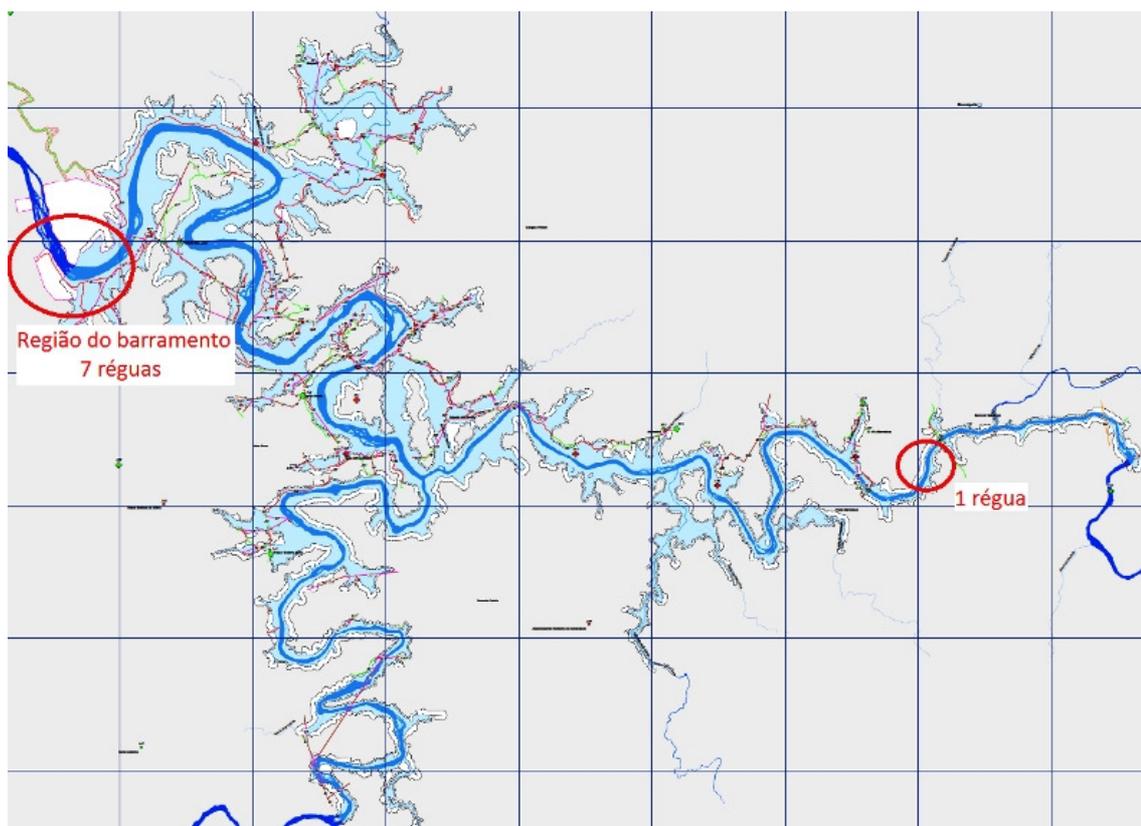
134. O reservatório da UHE São Roque estende-se sobre os rios Canoas e Marombas. Estes rios possuem inúmeras corredeiras em seu leito, configurando efetivos controles hidráulicos sobre o escoamento, o que dificulta a sua modelagem. Buscando representar toda a região de influência direta do reservatório, o modelo matemático foi montado considerando 77 seções transversais ao longo dos rios. A localização das seções é apresentada nos desenhos 1037-

US-3R-DE-0205 e 1037-US-3H-DE-2103. Os desenhos mostram que há uma elevada concentração de seções nas proximidades do local do barramento. Ao longo dos rios, a distribuição das seções é mais regular, mas com uma concentração ainda incompatível com este tipo de estudo. No entanto, como os rios apresentam vários trechos retilíneos e sem aflúncias de porte significativo, as seções utilizadas podem ser consideradas representativas.

135. O rio Canoas foi representado por 49 seções transversais, cobrindo aproximadamente 57 km de calha, sendo 28 seções a jusante da sua confluência com o rio Marombas e 21 seções a montante. O rio Marombas foi representado por 28 seções, cobrindo aproximadamente 40 km de calha.

136. Das seções estudadas, 39 foram obtidas de levantamentos topobatimétricos em campo e as outras 38 foram obtidas de interpretação dos mapas de restituição aerofotogramétrica. O relatório não informa como foram obtidas as calhas dessas seções baseadas na restituição, mas o projetista informou em reunião que as mesmas foram ajustadas para assemelham-se às seções topobatimétricas mais próximas.

137. Para dar suporte à calibração do modelo, foram instaladas 8 réguas limnimétricas nos rios, nas quais foram realizadas leituras de níveis simultâneos em 3 datas. Foram 7 réguas instaladas no rio Canoas, na região do barramento, e apenas 1 no rio Marombas, próximo à ponte da BR-470. Com isso, foram cobertas somente duas regiões em toda a extensão do reservatório, sem considerar o rio Canoas a montante da confluência, como pode ser visualizado na Figura 7.



**FIGURA 7 – LOCAIS DE INSTALAÇÃO DAS RÉGUAS LIMNIMÉTRICAS**

138. Com relação às vazões, as medições foram realizadas em uma das réguas do rio Canoas e na régua do rio Marombas, ou seja, somente em dois pontos. As medições de vazões foram realizadas em 3 datas distintas, sendo 2 muito próximas, tendo sido medidas as vazões entre 250 e 370 m<sup>3</sup>/s no rio Canoas e entre 60 e 115 m<sup>3</sup>/s no rio Marombas. Observa-se que as

vazões cobrem basicamente a faixa de vazões médias dos rios, não caracterizando eventos de cheias e estiagens.

139. O processo de calibração do modelo consistiu em determinar os coeficientes de rugosidade de Manning para cada uma das seções transversais, de forma a gerar linhas d'água simuladas que se aproximassem dos níveis observados nas réguas limnimétricas. Por falta de informações ao longo dos rios, o projetista dividiu os rios em trechos – antes e depois da confluência – onde considerou os coeficientes de rugosidade constantes em cada um.

140. A Tabela 11, reproduzida do EDH, apresenta os resultados da calibração do modelo, comparando os níveis d'água simulados com os níveis observados nas réguas. Observa-se que as diferenças apresentam-se bastante significativas nas réguas do rio Canoas. Isso ocorre principalmente porque estas réguas localizam-se em uma região de corredeiras e de formação de inúmeras ilhas, gerando dificuldades na simulação do rio em sua condição natural.

**TABELA 11 – RESULTADOS DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO**

Rio	Seção	Medição	Vazão = 320.26 m³/s		Vazão = 363.82 m³/s		Vazão = 257.48 m³/s	
			N.A obs	N.A calc	N.A obs	N.A calc	N.A obs	N.A calc
Canoas	SM-15	Leitura nível e vazão	705,02	704,33	705,17	704,44	704,82	704,15
Canoas	SM-16	Régua R1	705,22	704,53	705,17	704,66	704,91	704,32
Canoas	SM-17	Régua R2	705,46	705,03	705,38	705,13	705,63	704,87
Canoas	SM-18	Régua R3	707,21	706,69	707,10	706,77	706,92	706,57
Canoas	R-4	Régua R4	709,17	708,89	709,08	708,95	708,89	708,79
Canoas	R-5	Régua R5	712,23	711,50	712,17	711,56	712,06	711,42
Marombas	S-15	Leitura nível e vazão	755,74	755,62	755,62	755,51	755,19	755,43

141. Como a calibração foi realizada somente para vazões próximas à média, os resultados não permitem avaliar se o ajuste do modelo consegue reproduzir as variações de níveis para outras situações, especialmente para vazões de cheias. Além disso, o monitoramento dos níveis cobriu somente uma pequena região do estirão estudado, o que não permite qualificar a calibração como válida para todo o reservatório. Desta forma, a calibração do modelo é considerada muito frágil e imprecisa e necessita ser bastante aprimorada.

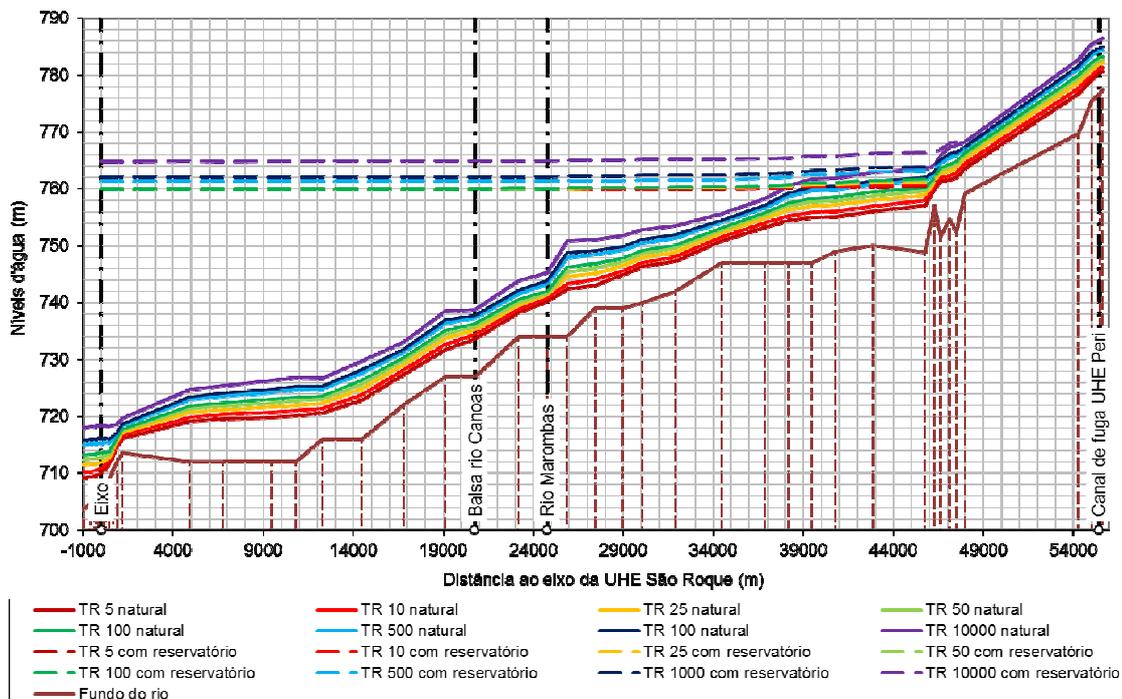
142. Apesar de toda essa imprecisão, não se vê a necessidade de revisão dos estudos nesta fase da análise para a emissão da DRDH, devido principalmente à pequena interferência direta do reservatório na região. No entanto, recomenda-se que, para a outorga, seja feita a revisão dos estudos de remanso, considerando novos levantamentos topobatimétricos para o estabelecimento de novas seções transversais, visando a melhores detalhes sobre as seções baseadas na restituição, e a ampliação do monitoramento, com a continuação das observações de níveis nas seções instaladas e o estabelecimento de outras seções ao longo dos rios.

143. Após a calibração do modelo, foram determinadas as linhas d'água dos rios Canoas e Marombas para a afluência de várias vazões de cheias, relacionadas a vários Tempos de Retorno, e considerando as situações em condições naturais e após a implantação do reservatório.

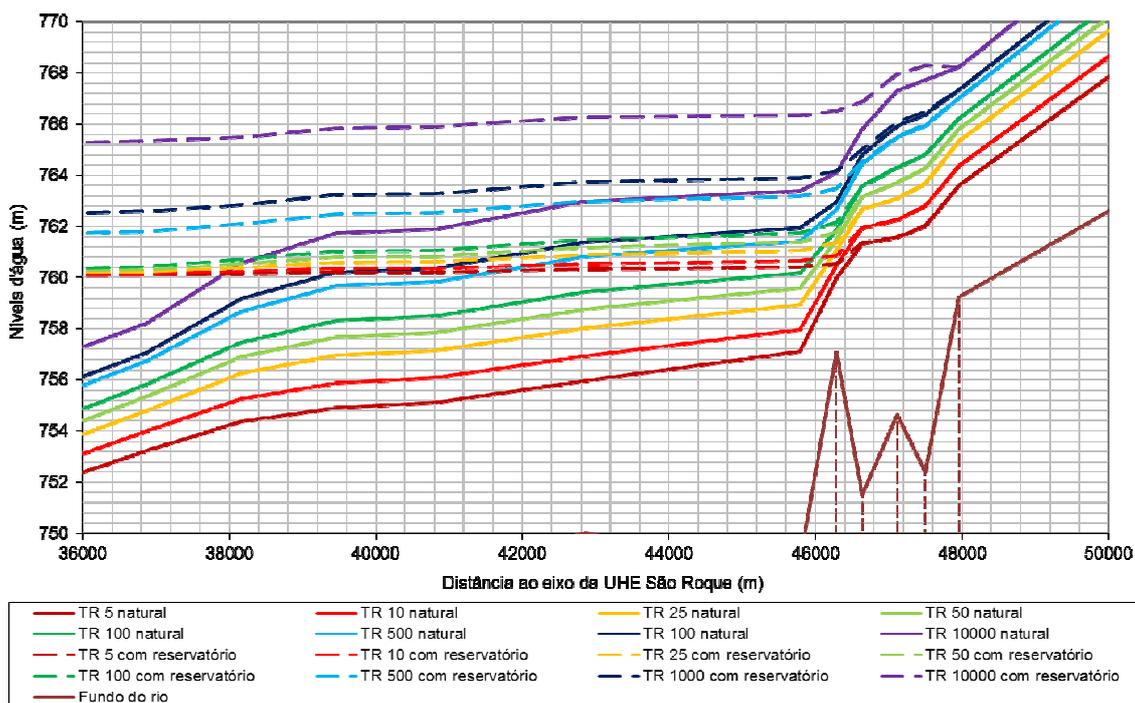
144. Como condições de contorno, para a situação natural, sem a presença do reservatório, os níveis d'água de jusante foram obtidos da curva-chave estabelecida para o local do barramento, a qual apresenta uma inconsistência a ser discutida mais adiante. Para a situação com o reservatório, os níveis d'água de jusante foram considerados constantes na cota 760 m até

ser atingida a capacidade de escoamento controlado pelo vertedouro, relacionado à vazão com TR 100 anos. A partir desta vazão o nível d'água passa a ser controlado pela sua curva de descarga.

145. Os principais resultados dos estudos de remanso para o rio Canoas são apresentados na Figura 8, onde estão apresentadas, para as vazões simuladas, as linhas d'água para as condições natural e com o reservatório. Na Figura 9 é apresentada, em detalhe, a região final da influência do remanso.



**FIGURA 8 – RESULTADOS DO ESTUDO DE REMANSO PARA O RESERVATÓRIO DA UHE SÃO ROQUE SOBRE O RIO CANOAS**

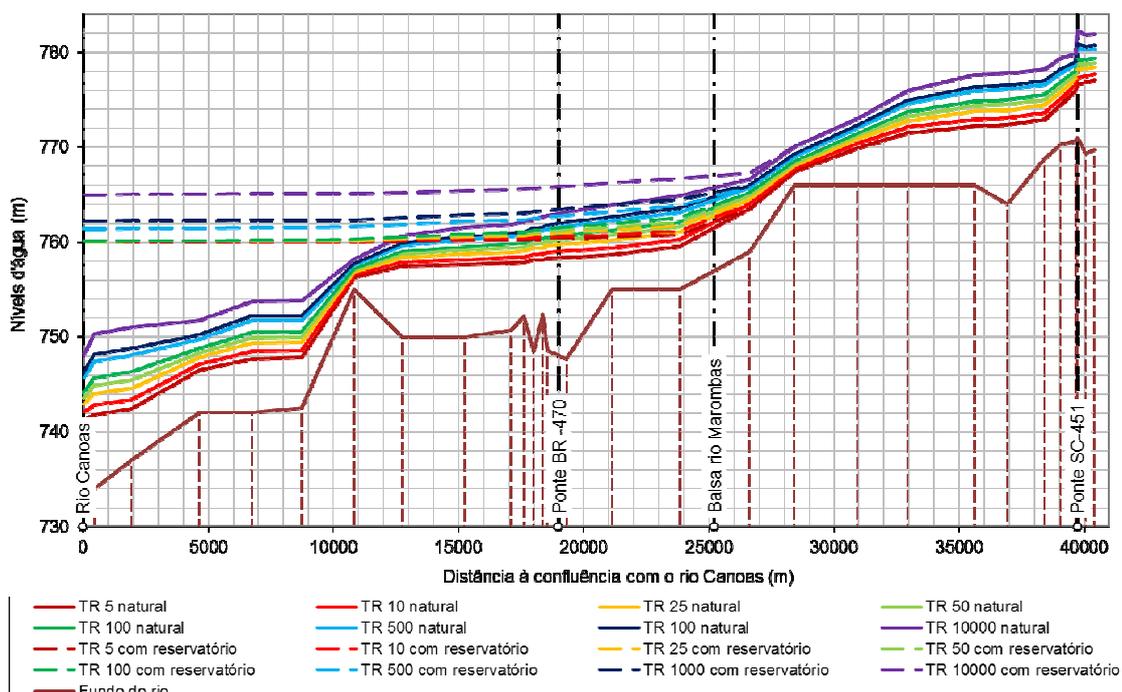


**FIGURA 9 – DETALHE DO TRECHO FINAL DO RESERVATÓRIO DA UHE SÃO ROQUE SOBRE O RIO CANOAS**

146. Como se pode observar, para qualquer vazão, o reservatório sobre o rio Canoas estará limitado por uma corredeira localizada a cerca de 48 km a montante do eixo do barramento, logo a jusante do canal de fuga da UHE Peri. Isso significa que a UHE Peri não será impactada pela formação do reservatório.

147. A cerca de 20 km a montante do local do eixo, existe atualmente uma travessia de balsa pelo rio Canoas que será fortemente impactada, tanto pela elevação da linha d'água como pelo forte deplecionamento do reservatório.

148. Para o rio Marombas, os principais resultados dos estudos de remanso são apresentados na Figura 10, onde estão apresentadas, para as vazões simuladas, as linhas d'água para as condições natural e com o reservatório.



**FIGURA 10 – RESULTADOS DO ESTUDO DE REMANSO PARA O RESERVATÓRIO DA UHE SÃO ROQUE SOBRE O RIO MAROMBAS**

149. Como se pode observar, a ponte da BR-470 localiza-se na região final de influência do remanso. Segundo informações do EDH, a estrutura desta ponte tem o seu pavimento na cota 763,5 m, com o seu tabuleiro na cota 762,0 m. Para uma cheia com TR 100 anos, o nível d'água no local atingirá a cota de 761,35 m, garantindo então uma folga de 0,65 m para a ponte. Com esses níveis, considera-se que a sua estrutura não será afetada pelos níveis d'água para vazões com TRs inferiores a 100 anos. No entanto, com a elevação do NA sobre o vertedouro para cheias maiores, o reservatório promoverá maiores elevações dos níveis d'água no local, fato que deve ser observado pelo empreendedor.

150. Também pode ser observado que a ponte da SC-451 localiza-se fora da região de influência do reservatório e não será impactada.

151. Entre estas duas pontes, a cerca de 25 km a montante da confluência dos rios, existe atualmente uma travessia de balsa pelo rio Marombas. Nesta região, a influência do remanso é muito pequena para vazões com TR inferiores a 100 anos, de modo que se pode considerar que a estrutura estará protegida. No entanto, novamente, com a elevação do NA sobre o vertedouro

para cheias maiores, o reservatório promoverá maiores elevações dos níveis d'água no local, fato que deve ser observado pelo empreendedor.

152. No EDH, é apresentado um quantitativo de estruturas afetadas. Os descritivos e quantitativos mostram que outras pequenas estruturas também serão afetadas pela formação do reservatório, mas não há núcleos urbanos afetados. O projetista avalia que as principais interferências do reservatório ocorrerão no sistema viário, mas o reservatório atingirá somente estradas de pequeno porte. Ressalta-se que estes levantamentos tenham sido realizados sem considerar os efeitos do remanso, como se o reservatório inundasse somente até a cota do NA Máximo Normal, na cota 760,0 m.

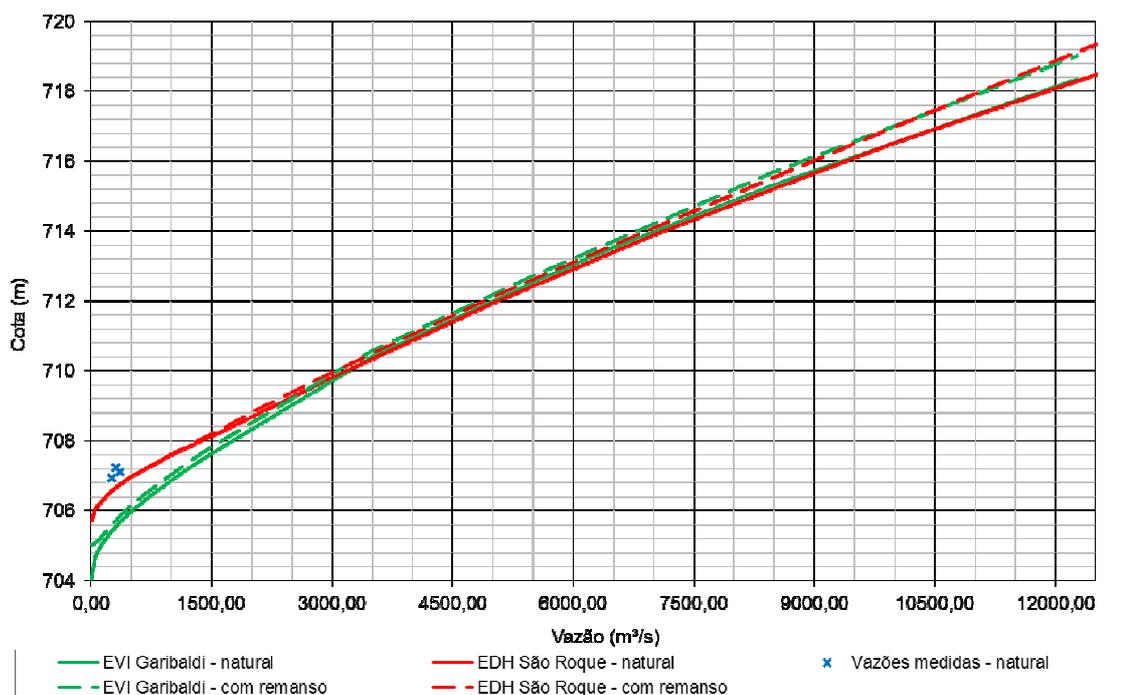
153. O desenho UHESR-EIA-031, anexo ao EDH, apresenta um mapa do reservatório com as suas principais interferências sobre a infraestrutura local e os desenhos UHESR – TR 50 anos e UHESR – TR 100 anos, complementares ao EDH, mostram a área de inundação do reservatório para as cheias de 50 e 100 anos, respectivamente. Percebe-se, nestes desenhos, que, como os rios Canoas e Marombas correm muito encaixados, a área de inundação do reservatório estará contida na área de APP.

154. Como medida de compensação pelos impactos gerados, o EIA do empreendimento, na sua análise sócio-ambiental, propõe um Programa de Relocação e Recomposição de Núcleos Comunitários, que visa oferecer à população atingida pela implantação do empreendimento a melhoria das condições de vida das famílias que permanecerão nas comunidades, e um Programa de Manutenção e Recomposição da Infraestrutura, onde se recomenda mitigar os danos causados pela perda da infraestrutura relocando, recompondo ou realizando manutenção preventiva na infraestrutura hoje existente.

155. Como condicionante para a conversão desta DRDH em outorga, recomenda-se que seja feita a revisão dos estudos de remanso, considerando novos levantamentos topobatimétricos para o estabelecimento de novas seções transversais, visando a melhores detalhes sobre as seções baseadas na restituição, e com a continuidade do monitoramento de níveis nas seções instaladas e o estabelecimento de outras seções ao longo dos rios.

156. Como consequência, o projetista deverá reavaliar as faixas de proteção das edificações para o tempo de recorrência de 50 anos e as medidas de proteção e recomposição das infraestruturas, em especial as viárias, para o tempo de recorrência de 100 anos, considerando os efeitos do remanso.

157. Como comentado acima, foi encontrada uma inconsistência na curva-chave estabelecida para o local do barramento, bem como para a curva-chave do canal de fuga da UHE São Roque. Segundo informado no EDH, não foram levantadas curvas-chaves para estes locais, tendo sido utilizadas as curvas estabelecidas nos estudos de remanso da UHE Garibaldi, apresentados nos seus Estudos de Viabilidade. Consultando estes estudos, percebeu-se uma diferença significativa entre as curvas-chaves, como demonstra a Figura 11, que apresenta as curvas-chaves para a seção SM-18. Esta seção foi considerada no EVI da UHE Garibaldi como a provável seção do canal de fuga da UHE São Roque. No EDH da UHE São Roque, a atual seção do canal de fuga (seção SM-17B) encontra-se muito próxima e imediatamente a jusante. No mesmo gráfico, também são apresentados os resultados das medições de cota-vazão para a seção SM-18, lidos da Tabela 11.



**FIGURA 11 – COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS-CHAVES DA SEÇÃO SM-18 APRESENTADAS NOS ESTUDOS DE VIABILIDADE DA UHE GARIBALDI E NO EDH DA UHE SÃO ROQUE**

158. Percebe-se, inicialmente, que os pontos cota-vazão medidos em campo não coincidem com nenhuma das curvas-chaves estabelecidas nos estudos, para as condições naturais, encontrando-se acima das mesmas. Além disso, justamente na faixa das vazões médias, há uma diferença significativa entre as curvas-chaves, sendo que aquela considerada no EDH da UHE São Roque encontra-se a mais de 1 m acima daquela do EVI da UHE Garibaldi. Como a ANA não tem conhecimento de revisões dos estudos de remanso da UHE Garibaldi, não se sabe qual a curva-chave atualmente aceita. Recomenda-se que esta NT seja encaminhada à ANEEL dando ciência dessa observação.

159. Para os estudos de remanso aqui avaliados, as vazões utilizadas (TRs 50 e 110 anos) estão dentro da faixa de coincidência das curvas, onde as diferenças não são significativas e encontram-se dentro dos limites de precisão do modelo, não interferindo nos resultados finais. Além disso, na condição com o reservatório, esta curva-chave não é utilizada.

## USOS MÚLTIPLOS

### USOS CONSUNTIVOS A MONTANTE

Na primeira versão do projeto da UHE São Roque, cujo pedido de DRDH foi protocolado no ano de 2010, a documentação apresentada não trouxe um estudo de usos consuntivos a montante do empreendimento. A partir da informação de que um novo projeto seria apresentado, devido à mudança na série de vazões afluentes, a maior parte análise foi interrompida, aguardando o novo EDH. No entanto, entendeu-se que os aspectos relativos às vazões de usos consuntivos poderiam ser avaliados em avanço, uma vez que o eixo do barramento se manteria o mesmo. Com isso, otimizou-se o tempo de análise.

160. A estimativa de usos consuntivos feita pela equipe da GEREG/SRE está documentada na Nota Informativa nº 30/2011/GEREG/SRE (próton 23768/2011). Foi utilizado o estudo contratado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), no âmbito dos estudos de

reconstituição de vazões naturais, projeto que teve acompanhamento técnico da ANA e ANEEL. Para o local da UHE São Roque, as vazões destinadas aos usos consuntivos, calculadas e projetadas até o ano de 2010, foram publicadas pelo ONS em 2005 e formalizadas pela ANA por meio da Resolução ANA nº 96/2007. Este estudo apresenta as séries históricas de consumos médios anuais e as projeções de incremento de consumo estimadas pelo ONS/ANA/ANEEL até o ano de 2010, utilizando os cenários de projeção A (tendencial), B (normativo: incremento econômico planejado pelo governo é atingido) e C (otimista: incremento econômico planejado pelo governo é superado). Verifica-se que os três cenários de projeção praticamente não diferem entre si. Ajustando uma linha exponencial de tendência ao cenário C, são obtidas as projeções constantes da Tabela 12.

**TABELA 12 - PROJEÇÕES DE CONSUMO A MONTANTE DA UHE SÃO ROQUE, FEITAS PELA GEREG/SRE**

<b>ano</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/s)</b>
2015	1,0
2020	1,1
2025	1,3
2030	1,6
2035	1,9
2040	2,2
2045	2,6

161. Verifica-se que valor máximo de consumo médio anual no ano de 2045 é de 2,6 m<sup>3</sup>/s.

162. Por meio do ofício 1228/2011 GEREG/SRE/ANA, esta estimativa foi enviada ao órgão gestor de recursos hídricos do estado de Santa Catarina, único estado que possui rios de seu domínio na bacia a montante, no intuito de consultar sobre a existência de projetos ou planos de expansão do uso que possam afetar esta estimativa, e também de obter a anuência do órgão gestor sobre a alocação de água que o estudo acarreta.

163. Não houve resposta por parte da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina a respeito desta consulta. Desta forma, considera-se que este órgão gestor está de acordo com a alocação das vazões de usos consuntivos mostrada na tabela acima, para a bacia do rio Canoas a montante da UHE São Roque.

164. No entanto, após a realização desta estimativa e a consulta à SDS/SC, foi protocolado o novo EDH da UHE São Roque, desta vez apresentando um estudo de vazões de usos consuntivos a montante do empreendimento. A seguir é feita uma breve descrição do estudo.

165. Neste estudo, a base também foram as estimativas do ONS, através de dados censitários. No entanto, para a projeção destes consumos para o futuro, foram utilizadas tendências de crescimento das áreas urbana e rural, extraídas de sequências de classificações de imagens de satélite. Foram geradas projeções para os setores de abastecimento urbano e rural, irrigação, indústria e dessedentação animal, das vazões captadas, retornos e vazões consumidas. Estas foram finalmente somadas para uma estimativa do consumo total na bacia.

166. Com isto, o estudo obteve a Tabela 13 de vazões captadas e consumos.

**TABELA 13 - VAZÕES MÉDIAS ANUAIS DE USOS CONSUNTIVOS TOTAIS NO LOCAL DA UHE SÃO ROQUE NOS ANOS DE 2010 A 2050, CONFORME ESTUDO APRESENTADO NO EDH DA UHE SÃO ROQUE**

TOTAL (m <sup>3</sup> /s)			
Ano	Retirada	Retorno	Consumo
2010	1,522	0,911	0,612
2015	1,685	1,007	0,678
2020	1,849	1,104	0,744
2025	2,015	1,204	0,811
2030	2,183	1,305	0,879
2035	2,354	1,407	0,946
2040	2,526	1,511	1,015
2045	2,700	1,617	1,083
2050	2,877	1,724	1,153

167. Percebe-se que os consumos estimados são inferiores ao que foi estimado pela GEREG/SRE, com anuência da SDS/SC.

168. Por fim, o EDH também apresenta uma estimativa das vazões de usos consuntivos, obtida simplesmente pela transferência, pela relação entre áreas de drenagem, dos usos consuntivos alocados para outros usos a montante da UHE Garibaldi, estabelecidos na Resolução ANA nº 116, de 16/04/2010. Esta estimativa é apresentada na Tabela 14.

**TABELA 14 - VAZÕES DESTINADAS AOS USOS CONSUNTIVOS A MONTANTE DA UHE SÃO ROQUE, ESTIMADAS A PARTIR DOS CONSUMOS ESTABELECIDOS A MONTANTE DA UHE GARIBALDI**

Ano	Consumo (m <sup>3</sup> /s)
2015	1,4
2020	1,7
2025	2,1
2030	2,5
2035	3,1
2040	3,8
2045	4,6

169. Esta estimativa pressupõe que as demandas se distribuem de forma relativamente homogênea sobre a bacia, de forma que a relação entre consumo e área da bacia é linear. O EDH propõe, finalmente, que sejam adotadas as vazões de usos consuntivos estimadas por meio da relação de áreas de drenagem com os usos da UHE Garibaldi, por serem valores mais conservadores. Segundo o EDH, o valor final, de 4,6 m<sup>3</sup>/s, é o que foi utilizado efetivamente nos cálculos energéticos da usina.

170. Com isso, têm-se 3 projeções futuras das vazões de uso consuntivo a montante:
- A estimativa feita pela GEREG/SER a partir dos estudos do ONS (intermediário)
  - A estimativa feita pelo EDH, também baseada nos estudos do ONS, porém com apoio em imagens de satélite para realização das projeções (consumos mais baixos);

- c. A estimativa feita pelo EDH, com base nos consumos estabelecidos a montante da UHE Garibaldi, através da relação entre áreas de drenagem (consumos mais altos);

171. Sendo assim, propõe-se que a estimativa de vazões de usos consuntivos que efetivamente seja estabelecida na DRDH seja aquela feita pela GEREG/SRE. A adoção desta projeção se justifica pelos seguintes motivos:

- a. trata-se de um valor mais conservador do que a estimativa (b), porém estimado através de uma metodologia mais consistente do que a estimativa (c);
- b. a hipótese de distribuição homogênea dos consumos sobre a bacia, pressuposto da estimativa (c), não é razoável, uma vez que a área incremental entre os dois empreendimentos abrange o município de Lages, que é um dos mais importantes do interior de Santa Catarina, com significativa população e concentração industrial;
- c. trata-se de uma estimativa que é de conhecimento do órgão gestor de recursos hídricos Santa Catarina;
- d. onera menos os cálculos energéticos;
- e. trata-se de um valor intermediário entre os demais;

172. Sendo assim, sugere-se que as vazões de usos consuntivos a serem descontadas da disponibilidade hídrica da UHE São Roque sejam as apresentadas na Tabela 15:

**TABELA 15 - PROJEÇÕES DE CONSUMO A MONTANTE DA UHE SÃO ROQUE, A SEREM INSERIDAS NA RESOLUÇÃO DE DRDH**

ano	Consumo (m <sup>3</sup> /s)
2015	1,0
2020	1,1
2025	1,3
2030	1,6
2035	1,9
2040	2,2
2045	2,6

## **CAPTAÇÕES DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO E OUTROS USOS**

173. Os documentos apresentados pelo projetista não citam a existência de captações de água para abastecimento público ou outros usos na área a ser inundada pelo futuro reservatório. Adicionalmente, a GEREG/SRE consultou o Atlas de Abastecimento Urbano da Região Sul (ANA, 2010). No referido documento, também não se identificam captações nos rios Marombas e Canoas, nos trechos que serão alagados pela formação do reservatório do AHE São Roque.

## **NAVEGAÇÃO**

174. O EIA cita a existência de duas balsas cujas operações serão afetadas pela formação do reservatório do AHE São Roque: uma no rio Canoas e outra no rio Marombas. No entanto, a documentação apresentada não previa quaisquer ações para manutenção deste uso dos recursos hídricos. Assim, a ANA encaminhou o Ofício nº 1349/2011/SRE-ANA, pelo qual foi solicitado, dentre outras questões, que fossem apresentadas as medidas estruturais que serão tomadas para

manutenção e/ou substituição das balsas do rio Canoas e do rio Marombas, considerando nestas medidas o deplecionamento previsto no novo projeto, de até 14 m.

175. Em resposta por meio do Ofício DEVIX-CE-0429-11, a projetista informou que a balsa do rio Marombas não será afetada pela implantação da barragem e formação do reservatório. Para a balsa do rio Canoas, foi informado que será construído novo acesso, bem como edificação de novo atracador para suporte ao deplecionamento previsto para o reservatório, conforme requisitos da Capitania dos Portos.

176. Assim, para atendimento ao disposto no Art 13 da Lei 9.433, que estabelece que toda outorga deverá respeitar a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário já existente, recomenda-se que conste na DRDH uma condicionante definindo que deverão ser mantidas as condições atuais de navegação, adequadas ao porte de navegação existente atualmente na região durante as fases de construção e operação do empreendimento, incluindo medidas estruturais para adequação da balsa do rio Canoas, adequadas à flutuação de níveis do futuro reservatório;

#### **LAZER**

177. Os documentos apresentados pelo projetista não citam a existência de balneários na área a ser inundada pelo futuro reservatório.

## CONCLUSÃO

178. Tendo em vista as análises realizadas, recomenda-se a emissão da DRDH, à ANEEL, referente ao aproveitamento hidrelétrico São Roque, reservando as vazões naturais afluentes, subtraídas das vazões destinadas aos usos consuntivos, nas condições especificadas a seguir:

I - coordenadas geográficas do eixo do barramento: 27° 29' 51" de Latitude Sul e 50° 48' 19" de Longitude Oeste;

II - nível d'água máximo normal a montante junto à barragem: 760,0 m;

III - nível d'água máximo maximorum a montante junto à barragem: 765,9 m;

IV - nível d'água mínimo normal a montante: 746,0 m;

V - área inundada do reservatório no nível d'água máximo normal: 45,8 km<sup>2</sup>;

VI - volume do reservatório no nível d'água máximo normal: 795,7 hm<sup>3</sup>;

VII - vazão máxima turbinada: 309,6 m<sup>3</sup>/s;

VIII – vazões máximas afluentes: 13.174 m<sup>3</sup>/s (vazão máxima provável) e 11.952 m<sup>3</sup>/s (vazão decamilenar) e;

IX – vazão mínima defluente: 13,7 m<sup>3</sup>/s.

§ 1º A vazão mínima defluente poderá ser reavaliada pelo órgão ambiental no âmbito das licenças ambientais do empreendimento;

§ 2º O vertedor deverá ser verificado para a passagem da cheia máxima provável, mantendo uma borda livre em relação à crista da barragem adequada para o porte do empreendimento;

§ 3º O abastecimento de água de sedes municipais e das localidades afetados diretamente pelo reservatório, cujos pontos de captação estejam eventualmente na área a ser inundada, não poderão ser interrompidos em decorrência da implantação do empreendimento, em suas fases de construção e operação;

§ 4º As áreas urbanas e localidades deverão ser relocadas ou protegidas contra cheias com tempo de recorrência de 50 anos, considerando o efeito do remanso sobre a linha de inundação do reservatório;

§ 5º A infraestrutura viária eventualmente existente, composta por rodovias, ferrovias e pontes, deverão ser relocadas ou protegidas contra cheias com tempo de recorrência de 100 anos, considerando o efeito do remanso sobre a linha de inundação do reservatório;

§ 6º Deverão ser mantidas as condições atuais de navegação, adequadas ao porte de navegação existente atualmente na região durante as fases de construção e operação do empreendimento, incluindo medidas estruturais para adequação da balsa do rio Canoas, adequadas à flutuação de níveis do futuro reservatório;

§ 7º As vazões destinadas aos usos consuntivos, conforme Anexo II, poderão ser revistas a cada cinco anos, ou quando da aprovação de Planos de Recursos Hídricos.

### Condições gerais de operação:

§ 1º Vazão mínima defluente no período de enchimento do reservatório: 13,7 m<sup>3</sup>/s;

§ 2º O órgão ambiental licenciador poderá alterar a vazão remanescente durante o período de enchimento ou definir regras complementares para o enchimento.

**Novos Estudos e Documentos Necessários para conversão da DRDH em outorga:**

- I. Projeto Básico do aproveitamento hidrelétrico, conforme especificações da ANEEL;
- II. Aprofundamento da modelagem matemática da qualidade de água do reservatório, segundo especificações a ser obtidas junto à ANA;
- III. Revisão dos estudos de remanso, considerando novos levantamentos topobatimétricos para o estabelecimento de novas seções transversais, visando a melhores detalhes sobre as seções baseadas na restituição, e com a continuidade do monitoramento de níveis nas seções instaladas e o estabelecimento de outras seções ao longo dos rios;
- IV. Plano de Usos do Reservatório – PUR, programa que visa compatibilizar os usos de água, atuais e futuros, com a qualidade de água prevista para o reservatório, conforme estudos de qualidade da água exigidos no Inciso II;
- V. Plano de Contingência e Plano de Ação de Emergência, conforme Resolução nº 37 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de 26 de março de 2004;
- VI. Detalhamento e posterior implementação dos seguintes programas e medidas: Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade de Águas; Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas; Programas de Desmatamento e Limpeza da Área do Reservatório;

Atenciosamente,

**BRUNO COLLISCHONN**  
Especialista em Recursos Hídricos

**PATRÍCIA REJANE GOMES PEREIRA**  
Especialista em Recursos Hídricos

**SÉRGIO R. A. G. DA ROCHA**  
Especialista em Recursos Hídricos

**RUBENS MACIEL WANDERLEY**  
Especialista em Recursos Hídricos

**ANDRÉ RAYMUNDO PANTE**  
Especialista em Recursos Hídricos  
Gerente de Regulação de Usos

De acordo,

**FRANCISCO LOPES VIANA**  
Superintendente de Regulação

**Anexo I – série de vazões naturais médias mensais afluentes à UHE São Roque (m³/s)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1931	134,8	37,2	52,3	56,9	418,7	346,8	346,7	165,9	483,4	146,4	87,3	91,1
1932	92,8	168,8	179,4	622,4	514,8	361,9	266,0	180,7	424,0	341,9	118,2	131,5
1933	44,5	63,1	48,9	38,2	58,7	76,5	77,7	164,4	213,2	452,6	164,6	50,3
1934	145,7	238,6	138,8	231,6	188,6	142,7	119,0	198,4	208,1	184,2	76,4	122,6
1935	67,8	41,0	52,5	32,3	23,7	114,4	300,8	379,5	451,4	702,0	153,0	333,6
1936	153,8	73,8	75,4	53,7	177,3	627,3	336,5	436,4	298,6	298,5	137,8	89,7
1937	79,9	77,5	185,5	132,3	61,6	47,7	94,5	198,0	234,9	250,7	205,4	104,7
1938	248,8	314,3	102,1	197,9	387,5	394,6	319,5	109,9	85,9	90,7	112,3	48,5
1939	83,5	107,8	234,8	143,5	351,7	263,1	169,1	114,6	312,5	160,4	392,9	459,6
1940	284,7	190,6	124,6	263,4	206,6	122,4	148,4	245,4	120,9	256,4	108,7	167,9
1941	150,3	289,9	273,3	247,4	412,6	365,4	257,2	526,4	263,5	273,1	371,2	217,2
1942	89,6	221,4	214,9	267,3	275,1	152,1	142,1	173,7	152,9	164,5	58,8	52,0
1943	35,9	74,6	40,1	32,3	135,9	422,2	302,4	462,0	351,1	203,1	110,8	66,2
1944	203,5	86,9	109,0	56,3	31,0	66,7	81,1	33,4	50,5	53,7	84,3	28,7
1945	16,4	70,3	40,9	26,1	22,1	30,5	49,1	47,3	118,1	90,3	45,5	62,7
1946	222,6	390,5	233,1	116,8	156,4	287,1	443,2	162,9	127,5	197,5	102,5	131,9
1947	114,6	169,2	126,4	48,5	89,0	159,5	134,6	171,5	378,9	251,0	116,5	102,4
1948	83,8	135,6	165,1	143,4	400,1	135,2	233,4	450,1	108,8	168,0	97,3	45,3
1949	44,6	34,4	104,8	112,9	101,0	201,7	118,2	182,5	213,2	200,8	77,0	49,4
1950	120,0	88,7	131,7	91,3	119,4	63,7	83,9	240,0	211,7	551,1	148,1	105,7
1951	137,9	240,4	191,0	57,5	32,9	23,5	46,5	13,7	16,1	355,8	198,1	95,7
1952	98,3	74,7	28,1	20,6	15,7	71,9	187,6	49,3	261,6	346,6	159,9	57,6
1953	122,4	229,0	132,1	71,0	62,2	62,5	81,1	74,6	239,8	372,9	424,2	156,0
1954	164,7	143,4	250,1	218,1	381,6	502,1	622,4	175,0	655,1	831,6	164,6	85,6
1955	75,3	116,2	119,6	231,3	301,9	304,2	660,4	254,4	196,1	120,1	118,9	161,5
1956	318,5	393,9	107,3	267,8	259,8	126,5	107,0	239,5	427,6	304,8	124,6	102,0
1957	97,0	171,6	161,8	143,1	153,8	113,3	437,0	1206,1	849,2	375,6	244,0	175,1
1958	126,5	137,3	454,0	121,0	93,0	272,3	112,2	242,9	458,5	375,5	329,5	234,2
1959	136,8	212,3	147,7	154,4	210,0	126,9	94,1	107,8	297,7	174,0	80,1	68,5
1960	80,0	160,1	146,5	121,0	88,2	140,0	96,4	330,9	215,0	257,2	310,2	149,3
1961	157,6	152,2	435,5	228,6	137,8	100,7	128,3	53,4	704,0	846,7	775,0	283,3
1962	124,0	107,6	113,8	68,2	244,5	157,6	190,4	108,8	341,9	209,0	135,9	80,6
1963	196,1	563,7	423,0	209,6	85,3	47,6	57,2	125,3	243,2	824,7	475,9	187,1
1964	81,0	137,3	104,7	133,0	169,5	98,9	110,0	195,9	266,1	273,2	130,2	98,6
1965	70,4	58,1	54,2	80,2	189,9	147,8	107,9	602,1	784,2	393,4	164,6	277,5
1966	339,5	630,6	431,2	196,8	113,4	293,6	224,4	213,0	501,1	335,8	263,8	292,5
1967	171,0	247,8	276,3	110,6	84,0	120,6	102,5	299,8	481,6	335,7	198,9	207,6
1968	65,6	47,4	48,9	49,3	38,8	38,5	70,7	33,1	137,1	89,3	274,9	176,6
1969	330,4	482,6	279,1	398,0	137,3	286,1	250,2	126,6	192,8	110,4	248,0	83,1
1970	140,0	104,2	99,2	82,5	141,2	315,5	318,8	158,8	250,1	209,7	80,7	168,4
1971	533,2	371,2	432,1	542,7	415,2	479,0	375,5	338,3	223,4	221,8	61,0	47,0
1972	81,4	377,8	196,2	129,1	62,1	261,7	240,2	714,4	773,1	422,3	246,7	210,6
1973	203,7	322,8	182,8	96,1	237,9	394,6	408,5	648,8	608,2	206,3	179,7	110,3
1974	163,2	212,7	255,6	136,2	67,2	199,2	149,8	89,9	240,2	87,0	158,4	82,6
1975	123,8	128,4	145,3	79,9	71,1	139,2	87,3	324,5	721,1	625,4	155,9	455,1
1976	303,5	113,3	241,7	90,0	249,4	369,4	192,3	457,3	224,6	175,2	179,7	474,4
1977	287,4	471,6	218,3	173,9	60,1	67,9	115,1	577,3	254,5	475,5	443,5	170,1
1978	149,2	128,1	119,2	42,9	32,4	33,3	81,9	70,0	191,8	114,1	162,4	110,8
1979	73,9	41,0	74,0	100,5	346,3	148,8	188,7	147,4	109,5	800,1	519,0	316,0

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1980	126,9	84,7	336,7	120,2	130,1	88,8	244,3	644,1	574,4	267,2	268,9	507,0
1981	376,6	310,4	83,8	77,5	57,8	69,9	81,7	69,3	161,1	139,8	117,6	99,4
1982	65,6	214,6	147,6	74,4	63,8	215,2	415,8	243,6	118,9	342,4	898,5	295,1
1983	262,2	361,2	524,0	261,2	799,4	730,4	2506,6	1220,0	417,3	232,3	229,2	240,1
1984	183,2	156,5	175,3	134,1	163,4	541,1	456,1	1213,8	284,8	422,4	268,3	260,7
1985	85,3	301,8	155,4	169,2	114,6	61,9	90,0	82,5	155,0	96,1	162,4	38,0
1986	67,0	92,8	54,0	87,7	73,0	133,0	64,2	78,2	170,4	263,6	391,7	255,4
1987	336,2	162,7	79,5	137,5	660,8	279,6	221,2	222,1	184,0	546,6	134,0	65,8
1988	86,0	111,0	105,0	138,3	468,2	288,8	122,2	57,1	189,5	165,6	75,7	71,0
1989	232,6	370,4	146,4	157,9	414,3	76,8	102,5	120,9	725,0	261,2	92,3	59,4
1990	492,6	273,6	182,3	291,6	253,6	1104,8	380,2	295,0	490,0	790,8	648,6	195,5
1991	96,0	91,3	47,7	39,9	40,6	217,4	155,8	213,6	80,2	220,7	198,6	175,4
1992	135,2	231,0	258,6	152,7	576,2	737,1	756,9	570,1	340,5	178,1	215,6	139,8
1993	156,9	295,1	246,5	128,1	210,6	247,3	591,4	127,7	390,1	569,7	161,8	274,4
1994	94,8	458,0	190,1	208,4	230,9	370,2	526,1	147,2	90,6	304,0	350,0	109,6
1995	604,0	333,8	157,3	72,4	38,8	112,8	158,2	100,4	195,6	392,1	140,2	106,9
1996	341,1	408,4	200,8	212,7	60,0	146,7	339,4	307,6	397,8	382,8	140,8	164,5
1997	234,0	715,8	261,7	62,1	54,7	156,8	367,7	433,8	188,0	990,9	951,0	256,3
1998	324,4	636,7	514,5	715,2	586,0	171,9	300,0	667,8	767,8	426,9	142,8	148,0
1999	141,2	203,0	123,7	238,1	93,9	198,1	592,8	121,2	112,1	352,9	133,8	94,0
2000	137,1	186,6	183,3	145,9	132,2	126,3	303,4	155,5	842,0	795,8	202,7	235,1
2001	433,4	635,9	302,3	285,5	351,0	252,9	311,7	169,7	250,0	849,8	160,1	254,0
2002	187,1	144,1	105,9	178,8	141,4	244,3	172,8	442,1	362,7	517,6	509,6	426,3
2003	118,9	148,1	217,9	84,4	84,7	149,9	96,6	50,1	54,8	120,7	137,8	418,5
2004	161,5	95,5	56,5	107,3	164,0	104,8	364,8	99,7	288,2	520,3	281,7	167,4
2005	180,8	83,4	74,5	147,6	511,2	405,9	216,0	181,9	1075,2	753,9	372,3	97,5
2006	97,2	87,4	74,5	53,9	40,4	39,0	43,3	145,5	120,8	111,7	210,8	198,8
2007	126,5	127,2	258,2	117,4	379,3	159,9	340,6	199,5	257,6	414,2	425,1	132,9
2008	170,5	161,6	128,6	146,1	224,2	192,8	173,2	132,7	276,3	664,4	624,7	160,4
2009	161,9	103,7	114,6	43,2	39,8	55,1	348,7	560,4	717,1	608,2	267,9	175,4