



Rio de Janeiro, 21 de novembro de 2013  
Nossa correspondência: **145 / IT / 2013 - TEC**

À

**AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA**  
Setor Policial – Área 5 – Quadra 3 – Bloco “L”  
Brasília - DF  
CEP: 70.610-200

Ilmo. Sr. **Rodrigo Flecha Ferreira Alves**  
*Superintendente de Regulação*

Assunto: **UHE Itaocara – Estudo de Disponibilidade Hídrica - EDH**

Referências: **Processo nº 02501.002084/2013**  
**Ofício nº 1698/2013/GEREG/SER-ANA**

Senhor Superintendente,

Conforme Ofício nº 1698/2013/GEREG/SER-ANA enviado à ANEEL, vimos através desta, encaminhar a complementação dos Estudos de Disponibilidade Hídrica – EDH da UHE Itaocara I

Estamos à disposição para prestar quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Atenciosamente,

Luiz Carlos Amarilho  
Diretor  
Consórcio UHE Itaocara

Antônio Carlos Borges Batista  
Diretor  
Consórcio UHE Itaocara

C.C. Aymore de Castro Alvim Filho – ANEEL

Gerenciamento da Comunicação

Rua Marechal Floriano Peixoto, 152 – Jardim da Aldeia – Itaocara/RJ – CEP 28.570-000 – 0800-282-2974 – (22) 3861-2800

## SX 247 149 570 BR

### Rastreamento

O horário apresentado no histórico do objeto não indica quando a situação ocorreu, mas sim quando os dados foram recebidos pelo sistema, exceto no caso do SEDEX 10 e do SEDEX Hoje, em que ele representa o horário real da entrega.



#### Entregue

22/11/2013 09:00 BRASILIA / DF

22/11/2013 09:00	<b>Entregue</b>	BRASILIA DF
22/11/2013 08:35	<b>Saiu para a Entrega</b>	BRASILIA DF
21/11/2013 22:36	<b>Encaminhado para: BRASILIA / DF</b>	RIO DE JANEIRO / RJ
21/11/2013 14:42	<b>Postado</b>	RIO DE JANEIRO RJ

**RELATÓRIO DE ESTUDOS DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA  
UHE ITAOCARA**

**COMPLEMENTAÇÕES EM RESPOSTA AO  
OFÍCIO ANA nº 1698/2013/GEREG/SRE-ANA**

**Novembro de 2013**

Em resposta ao Ofício ANA nº 1698/2013/GEREG/SRE-ANA, de 12 de novembro de 2013, relativo ao Processo 02501.002084/2013, relacionado com a UHE Itaocara, estamos apresentando a seguir as complementações solicitadas ao Estudo de Disponibilidade Hídrica.

Os itens do Ofício estão aqui reapresentados, em **negrito e itálico**, de modo a facilitar o entendimento.

**Em relação à DRDH da UHE Itaocara I, conforme encaminhamentos da Reunião realizada em 11/11/2013, com participação da ANEEL, ANA e projetista, seguem solicitações de complementações ao Estudo de Disponibilidade Hídrica:**

- a. **Apresentar resultados da simulação do prognóstico de qualidade da água do futuro reservatório em termos de fósforo total e não apenas de ortofosfato, considerando que a Resolução CONAMA 357 prevê limites de concentração de fósforo total para ambientes intermediários e lânticos; e realizar avaliação dos resultados à luz da referida Resolução CONAMA e da Resolução ANA 25/2012;**

O Fósforo Total está contido na água bruta. Numa modelagem preditiva, quando o corpo hídrico ainda não foi formado, é difícil prever a qualidade da água bruta, pois depende de diversos fatores.

Como uma fração importante do fósforo está no fitoplâncton, mesmo que o monitoramento tenha realizado sua amostragem, na condição de rio (lótica), é muito difícil prever como será o comportamento do fitoplâncton após a implantação do reservatório, em condições lânticas.

No modelo CE-Qual-W2, o parâmetro Fósforo Total não é um parâmetro direto e sim um parâmetro derivado, sendo a soma das seguintes frações de fósforo:

- Ortofosfato (PO<sub>4</sub>-3, g/m<sup>3</sup>);
- Fósforo Orgânico Dissolvido – Lábil e Refratário (g/m<sup>3</sup>);
- Fósforo Orgânico Particulado – Lábil e Refratário (g/m<sup>3</sup>).

O monitoramento contemplou apenas as frações fosfato (ortofosfato) e fósforo total, não sendo possível definir as frações referentes ao fósforo orgânico dissolvido e fósforo orgânico particulado, que têm estreita relação com o fitoplâncton.

Devido a essas razões, a modelagem e o prognóstico apresentados no Estudo de Impacto Ambiental abordaram apenas o ortofosfato.

Para permitir a comparação com os limites de Fósforo Total da Resolução CONAMA 357/2005, foi realizada uma simulação utilizando um modelo empírico.

O modelo empírico para estimativa da concentração de fósforo em corpos d'água mais conhecido é o de Vollenweider, apresentado em Chapra (1997) como:

$$P = \frac{W}{Q + VK_s}$$

onde:  $P$  – concentração de fósforo total ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$W$  – carga afluyente de fósforo total ( $\text{mg}/\text{ano}$ )

$Q$  – vazão de saída ( $\text{m}^3/\text{ano}$ )

$K_s$  – coeficiente de perda de fósforo por sedimentação ( $1/\text{ano}$ )

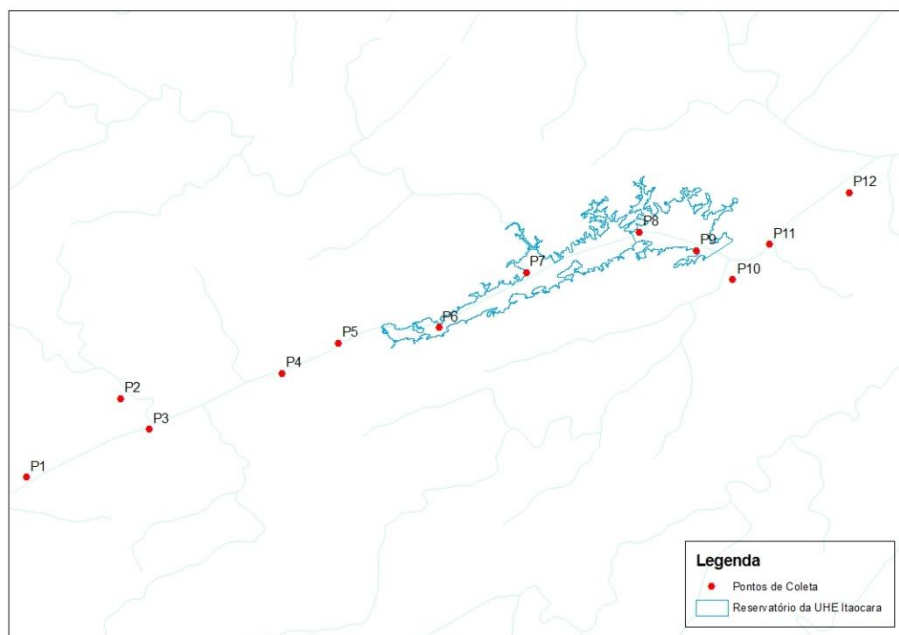
$V$  – volume total do reservatório ( $\text{m}^3$ )

Substituindo a vazão  $Q$  pela relação entre o volume  $V$  e o tempo de residência  $T_r$ , e adotando o coeficiente  $K_s$  igual a  $2/T_r^{0,5}$ , conforme obtido por Salas & Martino (1991), a equação pode ser reapresentada como:

$$P = \frac{W}{V \left( \frac{1}{T_r} + \frac{2}{\sqrt{T_r}} \right)}$$

Onde:  $T_r$  – tempo de residência (ano)

A carga de Fósforo Total afluyente ao reservatório de Itaocara foi estimada a partir da média das concentrações obtidas no monitoramento, em quatro campanhas, para o ponto P5, localizado logo à montante da entrada do reservatório, conforme apresentado na Figura a seguir.



**Pontos de Monitoramento da Qualidade da Água do Reservatório da UHE Itaocara**

Foi calculada a carga afluyente média anual considerando: a vazão média de longo termo ( $W$ ) da UHE Itacara estimada em  $448 \text{ m}^3/\text{s}$ ; e a média das concentrações obtidas para o Fósforo Total nas quatro campanhas de qualidade de água.

Conforme apresentado anteriormente, o  $T_r$  médio da água no reservatório é 10,6 dias (0,029 anos), e o volume total do reservatório é  $412,76 \text{ hm}^3$ .

Aplicando a equação de Vollenweider aos dados, obtém-se uma concentração média de Fósforo Total para o reservatório da UHE Itacara estimada em  $44 \text{ mgP}/\text{m}^3$ .

Von Sperling (1996) sugere faixas aproximadas de valores de Fósforo Total para os principais graus de trofia, conforme apresentado no Quadro a seguir. Segundo o autor, a superposição dos valores entre duas faixas indica a dificuldade no estabelecimento de faixas rígidas, lembrando ainda que corpos d'água de climas tropicais apresentam maior capacidade de assimilação de fósforo que os de climas temperados.

#### Faixas aproximadas de Fósforo Total para os principais graus de Trofia

Classe de Trofia	Concentração de Fósforo Total ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
Ultraoligotrófico	< 5
Oligotrófico	< 10 – 20
Mesotrófico	10 – 50
Eutrófico	25 – 100
Hipereutrófico	> 100

Considerando essa classificação, a concentração média de Fósforo Total no reservatório foi estimada em  $44 \text{ mgP}/\text{m}^3$  (ou  $0,044 \text{ mgP}/\text{L}$ ) sugerindo que o reservatório pode ficar entre os estados mesotrófico e eutrófico.

Como o tempo de residência médio do reservatório da UHE Itacara varia na faixa entre 2 e 40 dias, é classificado como ambiente intermediário pela Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece para estes ambientes o limite de  $0,050 \text{ mgP}/\text{L}$  para concentração de Fósforo Total em corpos hídricos classe 2.

Com base na simulação realizada com o modelo empírico de Vollenweider, para estimativa da concentração de fósforo em corpos d'água, o reservatório da UHE Itacara estaria dentro dos limites de qualidade de água desejáveis.

**b. Informar as premissas adotadas na simulação de qualidade da água em termos de taxas de remoção de vegetação na área do reservatório;**

Como parte dos Estudos de Impacto Ambiental da UHE Itaocara, o prognóstico de qualidade da água do futuro reservatório foi feito com base em simulações realizadas através do modelo matemático bidimensional CE-QUAL-W2.

O modelo foi empregado para simular panoramas prováveis para o comportamento de uma série de parâmetros físico-químicos de qualidade da água ao longo do tempo e do espaço, para os estados futuros da água do reservatório. Para essas simulações foi considerado que a taxa de remoção de vegetação na área do reservatório seria de 100%.

Conforme apresentado no Subprograma de Supressão da Vegetação e Limpeza do Reservatório, elaborado no Projeto Básico Ambiental, para formação do reservatório da UHE Itaocara será necessária a supressão em 102,75 ha, sendo que 42% desse total a ser suprimido é de Vegetação Secundária (42,38 ha). O restante da área com vegetação a ser suprimida tem cobertura de Mata Ciliar com 32,03 ha (31%) e Pasto Sujo com 28,3 ha (28%). Na área com classe de uso Agropastoril seria realizada a remoção de árvores isoladas.

Posteriormente, no entanto, a Licença de Instalação nº 954/2013, expedida pelo IBAMA para a UHE Itaocara, no item 2.6, contém uma condicionante específica sobre a simulação da qualidade da água: *“Apresentar, previamente ao requerimento de supressão de vegetação da área do reservatório, nova modelagem matemática da qualidade da água contemplando a área do reservatório e a jusante da barragem. Apresentar, juntamente, um plano de amostragem específico para o período de enchimento.”*

Nessa nova etapa da modelagem, está prevista a simulação da qualidade da água do reservatório considerando, pelo menos, três cenários de supressão da vegetação, de modo a permitir a comparação entre eles em termos de eficácia na mitigação das alterações na qualidade de água, durante o enchimento do reservatório e sua estabilização. Os cenários de supressão seriam: sem nenhuma supressão de vegetação; com supressão de 100% da vegetação; e com supressão parcial, mas concentrada nos pontos de maior sensibilidade, tais como o braço do rio Pirapetinga.

- c. **Apresentar os resultados de tempos de residência, profundidades médias e número de Froude para os compartimentos da simulação de qualidade da água, conforme previsto no Manual de DRDH, com destaque para o braço do rio Pirapetinga;**

O Manual de DRDH orienta que, “no caso em que o reservatório forma braços com características hidráulicas específicas, os modelos de avaliação da qualidade de água devem ser aplicados a cada braço com o respectivo aporte de nutrientes.”

Considerando suas características morfológicas, para simulação da qualidade de água, o reservatório da UHE Itaocara foi considerado com duas configurações:

- um compartimento principal, constituído do reservatório como um todo, abrangendo seu volume total no N.A. máximo normal;
- um compartimento secundário, constituído pela porção do reservatório no braço do rio Pirapetinga, afluente da margem esquerda do rio Paraíba do Sul.

## c.1 Características do reservatório da UHE Itaocara

### **Tempo de Residência da Água**

O tempo de residência (ou detenção hidráulica) indica o intervalo de tempo em que uma determinada massa de água permanece no reservatório desde a sua entrada até a sua saída.

O tempo de residência da água está diretamente relacionado com o risco de eutrofização do reservatório e pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$T_r = \frac{V_{total}}{Q_{afluente}}$$

onde:  $Q_{afluente}$  – vazão afluente média

$V_{total}$  – volume total do reservatório

$T_r$  – tempo de residência (ou detenção hidráulica da água)

Da série de vazões afluentes (regularizadas) médias mensais obtida no Projeto Básico da UHE Itaocara para o período 1931-2007, podem ser extraídos a vazão média de longo termo e os valores médios de vazão em cada mês do ano. O quadro a seguir apresenta os tempos de residência médios da água no reservatório, calculados para cada mês e para o período total da série, com a indicação da tendência à estratificação.



### Variação Sazonal do Tempo de Detenção da Água no Reservatório da UHE Itacara

Mês	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Tempo de residência (dias)	Tendência à estratificação
Janeiro	728	6,6	baixa
Fevereiro	790	6,0	baixa
Março	782	6,1	baixa
Abril	532	9,0	baixa
Maio	359	13,3	baixa
Junho	313	15,3	baixa
Julho	266	18,0	baixa
Agosto	237	20,2	baixa
Setembro	241	19,8	baixa
Outubro	268	17,8	baixa
Novembro	349	13,7	baixa
Dezembro	513	9,3	baixa
<b>Vazão MLT</b>	<b>448</b>	<b>10,7</b>	<b>baixa</b>

Verifica-se que os tempos de residência (ou detenção) médios em cada mês variaram entre 6,0 e 20,2 dias, sendo o tempo de residência médio da água no reservatório estimado em 10,7 dias, no período de 77 anos da série de vazões.

Conforme apresentado em Tucci (1998), o Water Resources Engineering - WRE (1969) classificou os reservatórios com base no tempo de detenção da seguinte forma:

- Pequena relação vazão/volume – grandes reservatórios com tempo de detenção maior do que um ano. Pequenas variações sazonais ocorrem no armazenamento e a vazão de saída é retirada da superfície.
- Média relação vazão/volume – grandes reservatórios com tempo de detenção entre 4 meses e 1 ano. Estes reservatórios apresentam estratificação e grande variação do armazenamento.
- Grande relação vazão/volume – reservatórios com pequeno tempo de detenção, menor que 4 meses. É difícil haver estratificação.

A estratificação deve-se à criação de ambientes lênticos com reduzida capacidade de renovação, devido à implantação do reservatório. Segundo o critério do tempo de residência, o reservatório da UHE Itacoara teria grande relação vazão/volume e baixa tendência à estratificação, conforme indicado no Quadro anterior.

#### **Profundidade Média**

A profundidade média de um reservatório pode ser calculada pela razão entre o volume total e a área total do reservatório.

$$h_m = \frac{V_{total}}{A_{total}}$$

onde:  $A_{total}$  – área total do reservatório

$h_m$  – profundidade média do reservatório

Dessa forma, a profundidade média do reservatório da UHE Itaocara pode ser estimada como 10,0m.

### **Número de Froude Densimétrico**

A classificação da tendência à estratificação de reservatórios a partir do tempo de residência é limitada já que existem reservatórios de grande profundidade e pequeno tempo de residência que podem produzir estratificação térmica em razão das forças envolvidas no sistema.

O U.S. Army (1977) propôs o número de Froude densimétrico, baseado na comparação entre a força de inércia do fluxo que atravessa o reservatório e a força gravitacional que tende a manter a estabilidade densimétrica. O número de Froude densimétrico é utilizado para avaliar a tendência à estratificação de um lago ou reservatório.

$$F_d = 322 \frac{L * Q_{afluente}}{h_m * V_{total}}$$

Onde:  $F_d$  – Froude densimétrico

$L$  – comprimento do reservatório

$h_m$  – profundidade média do reservatório

$Q_{afluente}$  – vazão afluente média

$V_{total}$  – volume total do reservatório

Segundo Tucci (1998), a tendência do reservatório à estratificação é classificada como forte quando  $F_d < 0,318$ , média se  $0,318 < F_d < 1,0$ , e baixa se  $F_d > 1,0$ . Na classe de tendência média, o reservatório pode ficar estratificado sem apresentar gradiente muito forte.

O Quadro a seguir apresenta os valores do Froude densimétrico para o reservatório da UHE Itaocara, calculados para cada mês, a partir da série de vazões afluentes mensais médias no período 1931-2007.

### Variação Sazonal do Froude Densimétrico no Reservatório da UHE Itaocara

Mês	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Fd	Tendência à estratificação
Janeiro	728	1,323	baixa
Fevereiro	790	1,436	baixa
Março	782	1,421	baixa
Abril	532	0,967	média
Maio	359	0,652	média
Junho	313	0,569	média
Julho	266	0,483	média
Agosto	237	0,431	média
Setembro	241	0,438	média
Outubro	268	0,487	média
Novembro	349	0,634	média
Dezembro	513	0,932	média
<b>Vazão MLT</b>	<b>448</b>	<b>0,814</b>	<b>média</b>

Verifica-se que os valores de Froude densimétrico variaram entre 0,431 a 1,436, sendo que o valor médio, para o período de 77 anos da série, ficou em 0,814. Esses resultados indicam uma tendência média do reservatório à estratificação nos meses de vazante, estiagem e enchente, de abril a dezembro. Nos meses de cheia, de janeiro e março, a tendência é baixa. A maior parte do tempo o reservatório apresenta uma tendência média à estratificação.

No entanto, como não é prevista depleção do reservatório, a tomada d'água da usina não ficará profunda, por isso, mesmo que ocorra estratificação do reservatório, as águas aduzidas para jusante serão oriundas das camadas superficiais, com melhor qualidade. Quanto mais rasa a tomada d'água da usina, menor será o risco de alteração da qualidade de água a jusante.

## c.2 Características do braço do rio Pirapetinga

Para realizar um prognóstico sobre a qualidade da água do braço do rio Pirapetinga após a implantação da UHE Itaocara, foi necessário inicialmente caracterizar as condições hidrológicas e morfométricas desse compartimento do futuro reservatório. O Quadro a seguir apresenta uma síntese das informações obtidas.

### Características Hidrológicas e Morfométricas do Braço do Rio Pirapetinga

Características do Braço do Rio Pirapetinga	
N.A. máximo normal (m)	89,6
Área do braço do rio Pirapetinga no N.A. máximo normal (km <sup>2</sup> )	1,67
Volume do braço do rio Pirapetinga no N.A. máximo normal (hm <sup>3</sup> )	8,21
Vazão média de longo termo 1979-2013 (m <sup>3</sup> /s)	9,1
Comprimento máximo do braço do rio Pirapetinga (km)	4,8
Profundidade máxima do braço do rio Pirapetinga (m)	9,6

A vazão média de longo termo para o rio Pirapetinga, com área de drenagem de 633 km<sup>2</sup>, foi calculada por proporcionalidade entre as áreas de drenagem com os dados do posto fluviométrico Fazenda da Barra – Pirapetinga (58670002), que possui histórico de 35 anos de dados e área de drenagem de 525 km<sup>2</sup>. O Quadro a seguir apresenta a série de vazões médias mensais do posto, conforme dados obtidos no banco de dados Hidroweb da ANA.

### Vazões Médias Mensais (m<sup>3</sup>/s) do posto Fazenda da Barra (58670002) no rio Pirapetinga

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÍN	MÉD	MÁX
1979	8,6	44,6	17,2	11,1	7,4	6,5	5,7	5,7	5,2	4,0	14,8	18,7	4,0	12,5	44,6
1980	23,5	16,0	6,8	6,9	6,5	5,3	4,5	4,6	3,8	4,5	5,9	16,9	3,8	8,8	23,5
1981	9,3	4,0	7,8	4,6	3,9	3,9	3,0	2,8	2,7	4,1	14,2	16,5	2,7	6,4	16,5
1982	12,5	6,0	20,4	12,9	7,1	7,0	5,5	5,2	4,3	4,9	3,6	20,9	3,6	9,2	20,9
1983	37,5	11,9	12,4	23,3	10,2	9,6			11,1	14,5	15,8	25,3	9,6	17,2	37,5
1984	11,9	7,7	10,1	8,5	6,7	5,4	5,0	4,7	5,9	4,3	10,8	16,5	4,3	8,1	16,5
1985	47,5	48,0	29,1	13,7	11,6	9,5	7,8	7,4	7,2	7,0	7,9	13,4	7,0	17,5	48,0
1986	13,9	10,2	7,2	5,6	4,9	4,8	4,9	5,7	4,4	3,6	4,3	9,3	3,6	6,6	13,9
1987	7,8	4,5	6,0	4,8	3,9	3,5	3,2	2,5	3,5		6,7	11,0	2,5	5,2	11,0
1988	5,1	14,4	7,4	7,2	5,8	4,9	3,9	3,6	3,2	4,5	4,7	6,4	3,2	5,9	14,4
1989	13,1	6,2	7,9	4,5	3,7	4,1	3,8	3,4	3,3	5,3	5,0	11,1	3,3	6,0	13,1
1990	5,5	4,1	6,0	4,0	4,4	3,3	3,6	3,2	3,8	2,9	2,9	3,8	2,9	4,0	6,0
1991	18,3	6,3	5,3	5,8	4,0	3,7	3,7	3,3	3,8	3,7	13,0		3,3	6,4	18,3
1992		6,1	5,7	8,0	5,4	4,5	4,0	3,5	4,3	6,0	12,2	10,7	3,5	6,4	12,2
1993	6,7	8,0	5,2	4,8	4,6	4,3	3,9	4,1	4,5	4,2	4,0	4,5	3,9	4,9	8,0
1994	12,9	5,3	6,6	5,9	5,8	4,7	5,0	4,8	3,4	3,5	5,1	5,6	3,4	5,7	12,9
1995	5,1	11,8	4,3	3,4	3,3	2,7	2,6	2,1	2,3	4,7	6,6	10,8	2,1	5,0	11,8
1996	13,5	4,2	5,7	4,2	3,5	3,3	3,1	3,4	5,3	4,1	18,6	11,6	3,1	6,7	18,6
1997	22,3	5,2	7,5	6,3	4,8	4,2	3,7	3,5	4,2	4,2	4,9	8,0	3,5	6,6	22,3
1998	6,1	8,8	3,6	4,0	2,9	2,8	2,7	3,2	2,6	3,7	5,0	6,6	2,6	4,3	8,8
1999	9,5	3,8	5,8	3,5	3,2	3,0	2,8	2,8	2,7	3,3	8,4	8,7	2,7	4,8	9,5
2000	7,6	13,3	6,4	4,5	3,9	3,5	3,8	3,5	5,4	3,4	7,6	13,4	3,4	6,4	13,4
2001	8,1	6,7	4,1	3,3	3,4	3,3	2,8	2,6	2,5	3,4	5,9	8,8	2,5	4,6	8,8
2002	8,4	7,7	4,2	3,1	3,2	2,7	2,9	2,5	2,7	2,5	5,8	10,7	2,5	4,7	10,7
2003	16,3	5,2	5,3	4,1	3,4	2,9	2,9	3,4	3,6	4,9	6,8	7,5	2,9	5,5	16,3
2004	15,4	13,6	12,1	14,6	6,8	6,2	5,5	4,5	3,7	4,8	6,0	19,7	3,7	9,4	19,7
2005	16,4	10,5	14,1	7,4	6,7	6,6	5,9	5,0	4,5	4,2	8,8	14,9	4,2	8,8	16,4
2006	5,0	5,9	6,1	6,0	4,9	3,9	3,6	3,4	3,6	5,1	7,8	10,0	3,4	5,5	10,0
2007	43,8	14,2	6,7	6,6	5,4	5,0	4,4	4,0	3,6	4,9	5,4	7,4	3,6	9,3	43,8
2008	11,5	8,7	11,0	9,4	5,3	5,0	4,6	3,9	4,2	4,5	7,7	30,8	3,9	8,9	30,8

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÍN	MÉD	MÁX
2009	23,2	7,8	9,8	10,0	5,9	5,9	5,2	4,7	5,5	8,4	8,2	13,2	4,7	9,0	23,2
2010	6,5	4,2	8,3	7,0	4,9	3,9	4,1	3,6	3,3	4,7	18,2	25,5	3,3	7,9	25,5
2011	17,6	6,4	14,7	9,0	7,6	5,7	5,0	5,0	4,2	6,5	11,4	19,6	4,2	9,4	19,6
2012	41,5	15,6	9,8	7,7	8,2	7,5	5,8	5,5	4,6	4,2	10,0	5,8	4,2	10,5	41,5
2013	7,8	5,3	12,0	5,6	6,0	5,3	5,6								
<b>MÍNIMA</b>	<b>5,0</b>	<b>3,8</b>	<b>3,6</b>	<b>3,1</b>	<b>2,9</b>	<b>2,7</b>	<b>2,6</b>	<b>2,1</b>	<b>2,3</b>	<b>2,5</b>	<b>2,9</b>	<b>3,8</b>	<b>2,1</b>		
<b>MÉDIA</b>	<b>15,3</b>	<b>10,3</b>	<b>8,9</b>	<b>7,2</b>	<b>5,4</b>	<b>4,8</b>	<b>4,3</b>	<b>4,0</b>	<b>4,2</b>	<b>4,8</b>	<b>8,4</b>	<b>12,8</b>		<b>7,5</b>	
<b>MÁXIMA</b>	<b>47,5</b>	<b>48,0</b>	<b>29,1</b>	<b>23,3</b>	<b>11,6</b>	<b>9,6</b>	<b>7,8</b>	<b>7,4</b>	<b>11,1</b>	<b>14,5</b>	<b>18,6</b>	<b>30,8</b>			<b>48,0</b>

Aplicando o fator de 1,21, relativo à proporção entre as áreas de drenagem da foz do rio Pirapetinga e do posto fluviométrico, a vazão média de longo termo foi estimada em 9,1m<sup>3</sup>/s.

Considerando as mesmas fórmulas e critérios apresentados no subitem anterior, as características do braço do rio Pirapetinga diretamente relacionadas com a qualidade de água foram avaliadas como mostrado a seguir.

### **Tempo de Residência da Água**

O mesmo fator de proporcionalidade entre as áreas de drenagem foi aplicado aos valores médios da série do posto fluviométrico para obter as vazões apresentados no Quadro a seguir, que apresenta a variação sazonal dos tempos de residência da água no braço do rio Pirapetinga após a implantação do reservatório de Itaocara.

### **Variação Sazonal do Tempo de Residência da Água no Braço do Rio Pirapetinga**

Mês	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Tempo de residência da água (dias)	Tendência à estratificação
Janeiro	18,4	5,2	baixa
Fevereiro	12,5	7,6	baixa
Março	10,8	8,8	baixa
Abril	8,6	11,0	baixa
Mai	6,5	14,6	baixa
Junho	5,8	16,4	baixa
Julho	5,1	18,6	baixa
Agosto	4,8	19,8	baixa
Setembro	5,1	18,6	baixa
Outubro	5,8	16,4	baixa
Novembro	10,1	9,4	baixa
Dezembro	15,5	6,1	baixa
<b>Vazão MLT</b>	<b>9,1</b>	<b>10,4</b>	<b>baixa</b>

Verifica-se que os tempos de residência médios em cada mês variaram entre 5,2 e 19,8 dias, sendo o tempo de residência médio, no período de 1979 a 2013, de 10,4 dias, no período de registros de 35 anos do posto Fazenda da Barra.

Com esse resultado, conforme apresentado em Tucci (1998), o braço do rio Pirapetinga tem grande relação vazão/volume e baixa tendência à estratificação ao longo do ano, conforme indicado no quadro anterior.

### **Profundidade Média**

A profundidade média do braço do rio Pirapetinga após a implantação do reservatório foi estimada pela razão entre o volume total e a área total desse braço fluvial, resultando em 4,9m.

### **Número de Froude Densimétrico**

Utilizando as mesmas fórmulas e critérios adotados para o compartimento do reservatório da UHE Itaocara como um todo, os valores do Froude densimétrico para o braço do rio Pirapetinga foram calculados para cada mês, a partir das vazões mensais médias no período 1979-2013, e estão apresentados no Quadro a seguir.

#### **Variação Sazonal do Froude Densimétrico no Braço do Rio Pirapetinga**

<b>Mês</b>	<b>Vazão (m³/s)</b>	<b>Fd</b>	<b>Tendência à estratificação</b>
Janeiro	18,4	0,716	média
Fevereiro	12,5	0,484	média
Março	10,8	0,418	média
Abril	8,6	0,336	média
Maió	6,5	0,253	forte
Junho	5,8	0,226	forte
Julho	5,1	0,199	forte
Agosto	4,8	0,186	forte
Setembro	5,1	0,197	forte
Outubro	5,8	0,225	forte
Novembro	10,1	0,391	média
Dezembro	15,5	0,600	média
<b>Vazão MLT</b>	<b>9,1</b>	<b>0,353</b>	<b>média</b>

Verifica-se que os valores de Froude densimétrico variaram entre 0,186 a 0,716, sendo que o valor médio, para o período de 35 anos, ficou em 0,353. Esses resultados indicam uma tendência média do braço do rio Pirapetinga à estratificação nos meses de enchente e cheia, de novembro a abril. Nos meses de vazante e estiagem, de maio a outubro, a tendência é forte, segundo o critério do Froude densimétrico.

A estratificação em lagos e reservatórios é a acomodação de camadas de fluido ao longo da vertical, em decorrência dos gradientes de densidade. Esses gradientes são provocados por gradientes de temperatura, predominantemente, e pela concentração de sólidos dissolvidos e em suspensão. Se não houver mistura vertical, como os processos de troca de calor ocorrem na superfície, o volume de água do reservatório ficará estratificado.

A estratificação é inexistente nos sistemas lóticos, como no caso dos rios. Com a implantação dos reservatórios, esses ambientes, em geral, tornam-se lênticos, com menor capacidade de renovação. A estratificação pode alterar de forma negativa a qualidade da água, principalmente a jusante dos reservatórios.

Caso ocorra estratificação do braço do rio Pirapetinga no período de estiagem, como ele não está situado junto à tomada d'água ou ao vertedouro do aproveitamento hidrelétrico, as águas represadas nesse braço fluvial, antes de serem lançadas para jusante do barramento, se misturam com as águas do compartimento principal do reservatório, diminuindo os eventuais efeitos negativos da alteração da qualidade de água no braço.

- d. **Avaliar a situação das outorgas emitidas no rio Pirapetinga, especialmente o impacto na qualidade da água do reservatório pelos lançamentos no rio Pirapetinga outorgados pela Resolução ANA 564/2009 (lançamentos de efluentes da Prefeitura de Pirapetinga e INPA), e eventuais medidas;**

Entre as outorgas emitidas no rio Pirapetinga, duas se referem ao lançamento de efluentes. Uma outorga está relacionada com o esgotamento sanitário de área urbana e a outra com o lançamento de efluente industrial. O Quadro a seguir apresenta as informações principais sobre essas outorgas.

Usuário	Vazão máxima (m <sup>3</sup> /h)	Vazão média (m <sup>3</sup> /h)	Regime de operação		DBO máxima (mg/L)	Carga máxima de lançamento (Kg DBO <sub>5,20</sub> /dia)
			(horas/dia)	(dias/mês)		
INPA - Indústria de Embalagens Santana S.A.	188	162	24	30	99	385
Prefeitura Municipal de Pirapetinga	66,9	66,9	24	30	590	947
<b>Total</b>						1.332

Admitindo a situação hipotética mais desfavorável possível, em que os dois usuários estariam lançando ao mesmo tempo a carga máxima de DBO, isso resultaria em 1.332 Kg DBO<sub>5,20</sub>/dia.

Considerando a vazão média de longo termo no rio Pirapetinga, estimada em 9,1 m<sup>3</sup>/s, essa carga hipotética seria diluída na vazão do curso d'água, resultando numa carga adicional de DBO<sub>5,20</sub> de 1,70 mg/L.

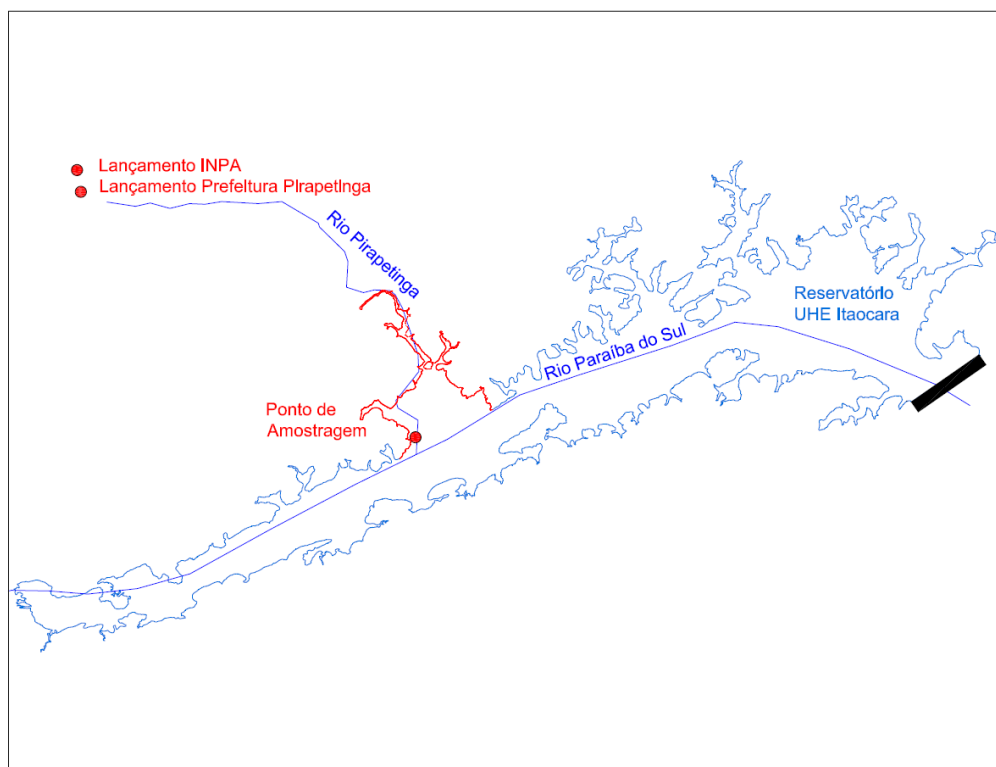
Uma atenuante dessa condição é o fato da distância percorrida entre os dois pontos de lançamento dos efluentes e a entrada no reservatório pelo braço do rio Pirapetinga ser aproximadamente 11,3 km, o que permitiria um processo de autodepuração da carga poluidora até esse local de chegada no futuro reservatório.

Durante as campanhas de campo realizadas no Estudo de Impacto Ambiental, os resultados no ponto de amostragem do rio Pirapetinga variaram entre 1,00 e 2,60 mg/L. Tendo em vista que as outorgas de lançamento são anteriores às campanhas de qualidade da água e o ponto de amostragem está a jusante dos lançamentos, esses resultados já incluem os efluentes outorgados.

Porém, numa análise ainda mais conservadora, se imaginarmos a carga hipotética estimada anteriormente como adicional, aportando em uma data com a mais alta taxa de DBO amostrada, a carga resultante seria 4,30 mg/L, valor ainda inferior ao limite da classe 2 estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005.



A Figura a seguir mostra o limite do reservatório da UHE Itacara e o compartimento do braço do rio Pirapetinga em destaque, assim como a localização do ponto de amostragem e dos lançamentos outorgados.



**Localização do ponto de amostragem e dos lançamentos outorgados no braço do rio Pirapetinga**

***e. Confirmar valores de área total do reservatório e tempo de residência médio.***

A área total do reservatório da UHE Itacara, quando em seu N.A. máximo normal (El. 89,6m), é 41,4 km<sup>2</sup>.

Conforme a curva cota-volume definida no Projeto Básico, o volume total do reservatório correspondente ao N.A. máximo normal é 412,76 hm<sup>3</sup>.

E considerando a série de vazões afluentes (regularizadas) médias mensais à UHE Itacara, no período 1931 a 2007, obtida no Projeto Básico e reapresentada no item 3.2 do REDH, a vazão afluente média de longo termo é 448 m<sup>3</sup>/s.

Como o tempo de residência médio da água em um reservatório pode ser calculado pela razão entre o volume total do reservatório e a vazão afluente média, conforme apresentado anteriormente, pode-se afirmar que o tempo de residência médio da água no reservatório da UHE Itacara será de 10,7 dias.