

**Monitoramento Limnológico e  
de Qualidade da Água do  
Aproveitamento Hidrelétrico  
(AHE) Simplício – Queda Única**

Campanha: Agosto de 2017



**FITO-SENSE**  
CONSULTORIA AMBIENTAL



**Furnas**



# Relatório de acompanhamento 1

Agosto de 2017

## **EQUIPE TÉCNICA**

Dra. Eleonora Appel

Coordenação Técnica, análise de dados e elaboração de relatórios

Msc. Carlos Henrique Eckhardt Duque Estrada

Coleta e análise de amostras

## APRESENTAÇÃO

Em cumprimento ao Termo Contratual n° 8000009905, a FITO-SENSE Consultoria Ambiental LTDA apresenta o Relatório de Acompanhamento 1 (primeiro produto), referente à primeira campanha do Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Simplício – Queda Única, realizada nos dias 29 e 30 agosto de 2017. Este documento reúne os dados físicos, químicos e microbiológicos levantados nessa campanha, bem como a descrição das principais características encontradas nas estações de coletas no momento da amostragem, inclusive as condições climáticas e meteorológicas. A consolidação dos resultados de análises de campo e laboratoriais gera as informações necessárias para o diagnóstico atualizado dos corpos hídricos estudados, cuja grande abrangência permite a caracterização geral da região de inserção do empreendimento.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>6</b>
2.1	ESTAÇÕES DE COLETA .....	6
2.1	COLETA, ACONDICIONAMENTO E ANÁLISES DE AMOSTRAS .....	8
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>10</b>
3.1	RESULTADOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS .....	10
3.2	RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS .....	28
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>30</b>

### **ANEXO 1. Laudos analíticos – resultados físico, químicos e microbiológicos**

## 1 INTRODUÇÃO

O AHE Simplício – Queda Única está localizado no rio Paraíba do Sul, entre os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. A cidade de Sapucaia se situa a jusante do reservatório de Anta (parte integrante do complexo hidráulico do AHE Simplício – Queda Única), na margem direita do trecho de vazão reduzida do rio Paraíba do Sul. O aproveitamento hidrelétrico, incluindo as usinas de Anta e de Simplício, tem potência instalada de 333 MW.

O rio Paraíba do Sul nasce na serra Bocaina, no estado de São Paulo, da confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna. A bacia do rio Paraíba do Sul estende-se pelo território de três estados, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais é considerada, em superfície, uma das três maiores bacias hidrográficas secundárias do Brasil, abrangendo uma área aproximada de 57.000 km<sup>2</sup>. A bacia é limitada, ao norte, pelas serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo, ao sul, pela serra dos Órgãos e os trechos paulista e fluminense da Serra do Mar, que a separam das pequenas bacias independentes do litoral fluminenses e paulista, a leste. A oeste é limitada por áreas de altitudes pouco significativas nos arredores de Moji das Cruzes. A região do vale do Paraíba é caracterizada por um clima predominantemente tropical quente e úmido, com variações determinadas pelas diferenças de altitude e entradas de ventos marinhos.

A bacia do rio Paraíba do Sul encontra-se em território de Mata Atlântica com elevado impacto antrópico e com floresta original restrita a parques e reservas florestais. As principais atividades econômicas atualmente desenvolvidas na bacia são ligadas aos setores industrial e agropecuário, sendo o vale do Paraíba uma das maiores regiões industriais do país.

Na sua margem esquerda, os principais rios tributários do rio Paraíba do Sul são: Jaguari, Paraibuna, Pirapetinga, Pomba e Muriaé, enquanto que na margem direita os rios Una, Bananal, Piraí, Piabanha e Dois Rios são os principais afluentes. Os rios Piabanha e Paraibuna se unem ao rio Paraíba do Sul, no chamado encontro dos três rios, à montante da área de instalação do AHE Simplício. O rio Piabanha nasce na Serra dos Órgãos, no município de Petrópolis (RJ) e percorre um percurso de 80 km, cruzando os municípios de Areal, Paraíba do Sul e Três Rios, antes de desaguar no rio Paraíba do Sul. A nascente do Paraibuna localiza-se no município de Antônio Carlos (MG). Esse rio recebe o mesmo nome daquele que dá origem ao rio Paraíba do Sul, no estado de São Paulo. Dentre os municípios banhados por este rio antes de desaguar no Paraíba do Sul, destaca-se Juiz de Fora (MG), importante polo industrial do estado de Minas Gerais.

Desde sua nascente até sua foz em forma de delta em Atafona e São João da Barra, no norte fluminense, o rio Paraíba do Sul percorre um percurso total de 1120 km, passando por 180 municípios, sendo 53 no estado do Rio de Janeiro, 88 em Minas Gerais e 39 em São Paulo. Com uma população estimada em 5,5 milhões de habitantes e drenando uma das áreas mais desenvolvidas do país, a bacia do Paraíba do Sul constitui uma das principais bacias hidrográficas do Brasil.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia aplicada no Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Simplício – Queda Única, brevemente descrita a seguir, seguiu todas as recomendações estabelecidas no Termo de Referência GAE.E.TR.016.2017.

### 2.1 ESTAÇÕES DE COLETA

Este monitoramento abrange 16 estações de coleta, localizadas no corpo principal do reservatório de Simplício, bem como em seus principais tributários (**Figura 1 e Quadro 1**). A **Figura 2** apresenta o registro fotográfico das estações de campo onde foram realizadas as amostragens na campanha de agosto de 2017.

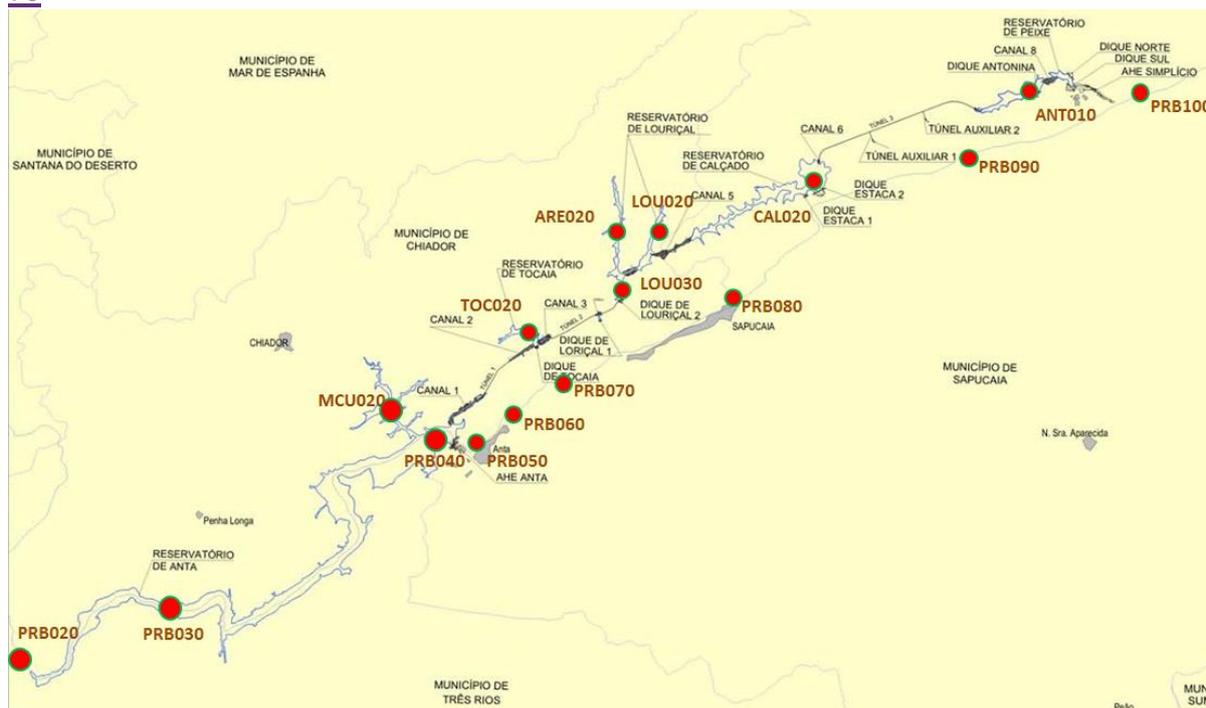


Figura 1. Localização das estações de coleta no AHE Simplício.

Quadro 1. Coordenadas geográficas e referência acerca da localização das estações de coleta no AHE Simplício.

PONTO	DESCRIÇÃO	UTM X	UTM Y
PRB20	Rio Paraíba do Sul, a montante do Reservatório de Anta	694571	7556653
PRB30	Rio Paraíba do Sul, área de abrangência do Reservatório de Anta	698739	7555537
PRB40	Rio Paraíba do Sul, Reservatório de Anta, à montante da barragem	706178	7562279
PRB50	Rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Anta-RJ	706843	7561801
PRB60	Rio Paraíba do Sul, a jusante da cidade de Anta-RJ	707833	7562343
PRB70	Rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Sapucaia-RJ	711720	7564729
PRB80	Rio Paraíba do Sul, na cidade de Sapucaia-RJ	715890	7566723
PRB90	Rio Paraíba do Sul, a montante do canal de fuga da AHE Simplício	728716	7573357
PRB100	Rio Paraíba do Sul, a jusante do canal de fuga da AHE Simplício	734603	7576270
ANT10	Reservatório de Antonina	724404	7573504
ARE20	Córrego Areia, a montante do Dique Alga1 - Reservatório de Louriçal	712000	7568800
ARE30	Córrego Areia, a montante do Dique Louriçal - Reservatório de Louriçal	712055	7567105
CAL20	Reservatório de Calçado	715150	7569394
LOU20	Córrego Louriçal, a montante do Dique Alga2 - Reservatório de Louriçal	713200	7569000
MCO20	Rio Macuco, Reservatório de Anta	704459	7562707
TOC20	Córrego Tocaia, Reservatório de Tocaia	708837	7566007

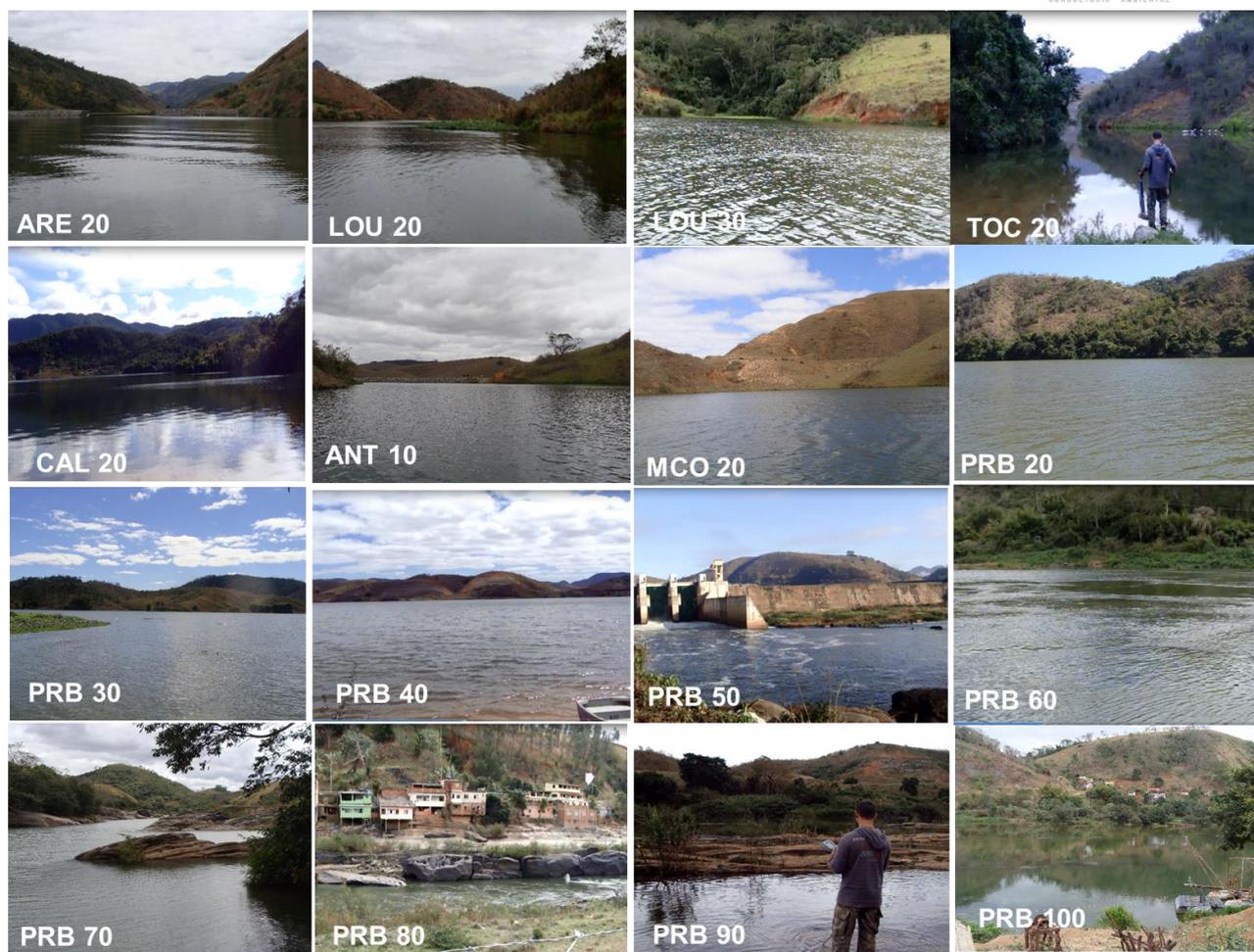


Figura 2. Estações de campo onde foram realizadas as amostragens em agosto de 2017 no AHE Simplício.

## 2.1 COLETA, ACONDICIONAMENTO E ANÁLISES DE AMOSTRAS

Uma série de parâmetros ambientais são medidos *in loco*, pela equipe de campo. A temperatura do ar foi medida com o auxílio de um termômetro. A transparência da coluna d'água foi determinada pela profundidade de desaparecimento do disco de Secchi. Perfis de temperatura da água, pH, turbidez, condutividade e oxigênio dissolvido foram obtidos com resolução a cada metro, através de uma sonda compacta multiparamétrica (YSI 6920). Em cada estação de amostragem foram realizados registros fotográficos e foram anotadas as condições meteorológicas.

Amostras de água foram coletadas em sub-superfície e, apenas a estação PRB 40, foi amostrado em superfície (PRB 40 S) e fundo (PRB 40 F). A amostragem no fundo foi realizada com o auxílio de uma garrafa de Van-Dorn.

As amostras de água foram coletadas em frascos destinados às análises de DBO e coliformes e em duas garrafas de 1,5 litros. Os frascos de DBO, de coliformes e as garrafas de 1,5 litros foram enviados para análise imediatamente após a coleta. Todas as amostras foram mantidas resfriadas durante todo o tempo de acondicionamento, desde o momento da coleta até a análise.

Os parâmetros da água amostrados e analisados encontram-se no Quadro 2 e os métodos analíticos adotados estão descritos em “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2005).

**Quadro 2 – Parâmetros amostrados na coluna d’água e atmosfera.**

GRUPO	PARÂMETRO	UNID
1	Temperatura da água	°C
	Transparência	m
	pH	-
	Turbidez	N.T.U
	Condutividade a 25 °C	uS/cm
	Oxigênio Dissolvido	mg/L
	Temperatura do Ar	°C
2	Sólidos Suspensos Fixos	mg/L
	Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L
	Fenóis	mg/L
3	Nitrogênio Total	mg/L
	Amônia	mg/L
	Fósforo Total	mg/L
4	Alcalinidade Total	mgCaCO <sub>3</sub> /L
5	D.B.O.	mg/L
	Coliformes Totais	NMP/100ml
	Coliformes Fecais Termotolerantes	NMP/100ml
6	Ferro Total	mg/L
	Ferro Dissolvido	mg/L
7	Clorofila a	ug/L

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 RESULTADOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS**

As **Tabelas 1 e 2** reúnem, respectivamente, os dados obtidos em campo e em laboratório, durante a coleta de agosto de 2017 no AHE Simplício. Os dados são apresentados graficamente nas **Figuras 1 a 10**, fazendo referência aos limites estabelecidos pela legislação vigente, sempre que pertinente. Nas **Figuras 11 a 15**, são apresentados graficamente os resultados das análises em perfil vertical. Os resultados obtidos em laboratório são apresentados nas **Figuras 16 a 22**.

**Tabela 1. Resultados das análises realizadas em campo, durante a campanha de agosto de 2017, no reservatório do AHE Simplicio.**

PONTO	PRB 20	PRB 30	PRB 40	PRB 50	PRB 60	PRB 70	PRB 80	PRB 90	PRB 100	ANT 10	ARE 20	CAL 20	LOU 20	LOU 30	MCO 20	TOC 20
Data	25/8	25/8	25/8	25/8	25/8	25/8	25/8	24/8	24/8	24/8	24/8	25/8	24/8	24/8	25/8	24/8
Hora	14:17	13:25	12:10	07:30	11:15	10:53	10:23	14:25	13:40	11:45	15:28	09:10	16:05	15:40	12:50	16:47
Tempo	sol	nublado	nublado	nublado	nublado	sol	nublado	nublado	sol	nublado						
Profundidade (m)	1,50	6,70	13,00	1,50	1,00	1,00	1,50	0,50	1,80	18,50	3,50	26,00	8,50	10,00	7,00	1,30
Temperatura do Ar °C	19,8	22,5	22,0	16,2	20,0	19,6	19,5	20,1	20,1	20,1	19,9	19,4	19,9	19,9	22,4	19,0
Temperatura da Água °C	20,00	20,08	20,85	20,52	20,70	20,82	20,66	20,94	20,92	21,19	21,18	20,97	20,95	21,04	21,59	20,79
Transparência (m)	1,20	0,90	1,40	total	total	total	total	total	1,50	2,80	1,50	2,80	2,00	1,45	1,50	total
Turbidez (NTU)	7,00	9,20	2,60	4,80	3,90	0,90	2,60	1,30	1,20	1,00	0,50	0,40	1,70	1,10	2,80	2,70
pH	7,74	7,67	7,81	8,01	7,75	7,81	7,82	8,05	7,99	7,85	8,02	7,93	8,27	8,31	7,67	7,74
Condutividade (µS/cm)	90,0	88,0	90,0	89,0	90,0	90,0	88,0	89,0	86,0	88,0	84,0	84,0	86,0	86,0	88,0	82,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,70	8,37	8,38	9,60	8,24	8,16	8,46	8,13	7,66	8,14	8,05	8,07	7,31	7,08	8,14	8,51
Oxigênio dissolvido (% sat.)	100,0	96,0	96,1	111,8	94,3	93,3	97,1	92,9	86,8	92,9	90,7	90,1	82,3	79,4	93,0	95,0

**Tabela 2. Resultados das análises realizadas em laboratório, a partir das amostras coletadas durante a campanha de agosto de 2017, no reservatório do AHE Simplício.**

	PRB 20	PRB 30	PRB 40 S	PRB 40 F	PRB 50	PRB 60	PRB 70	PRB 80	PRB 90	PRB 100	ANT 10	ARE 20	CAL 20	LOU 20	LOU 30	MCO 20	TOC 20
Sólidos susp. Fixos (mg/L)	2,5	8,0	2,5	4,0	4,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4,0	4,0	4,0	2,5	4,0
Sólidos susp. Voláteis (mg/L)	2,5	4,0	2,5	6,0	6,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4,0	6,0	4,0
Nitrogênio total (mg/L)	0,96	0,76	0,96	0,86	0,86	0,86	4,28	0,30	0,48	0,58	0,48	0,86	0,58	0,78	0,58	0,58	0,76
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Fósforo total (mg/L)	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01
Demanda bioquímica de oxigênio (mg/L)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,8	2,0
Alcalinidade total (CaCO <sub>3</sub> /L)	17,5	18,0	24,0	14,0	14,0	16,0	16,0	14,0	19,0	19,5	19,0	21,0	16,0	17,5	19,0	17,5	16,0
Fenóis (mg/L)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Ferro total	0,68	0,87	0,43	0,45	0,45	0,35	0,24	0,01	0,21	0,23	0,14	0,14	0,08	0,26	0,27	0,15	0,24
Ferro dissolvido	0,12	0,17	0,05	0,07	0,07	0,08	0,06	0,01	0,07	0,02	0,07	0,01	0,00	0,02	0,03	0,06	0,05
Colif. Termotolerantes (NMP/100mL)	430,0	68,0	ausente	ausente	ausente	ausente	94,0	22,0	92,0	36,0	ausente	ausente	43,0	ausente	ausente	220,0	ausente
Colif. Totais	430,0	68,0	ausente	ausente	ausente	ausente	94,0	22,0	92,0	36,0	ausente	ausente	43,0	ausente	ausente	220,0	ausente
Clorofia a (µg/L)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

A profundidade das estações de coleta variou de meio metro (PRB 90) a 13,0 m (PRB 40) nas estações do rio e variou de 1,3 m (TOC 20) a 26,0 m (CAL 20) nas estações de reservatórios. O ponto mais profundo foi o CAL 20, localizado no reservatório de Calçado, com 26,0 m (**Figura 3**).

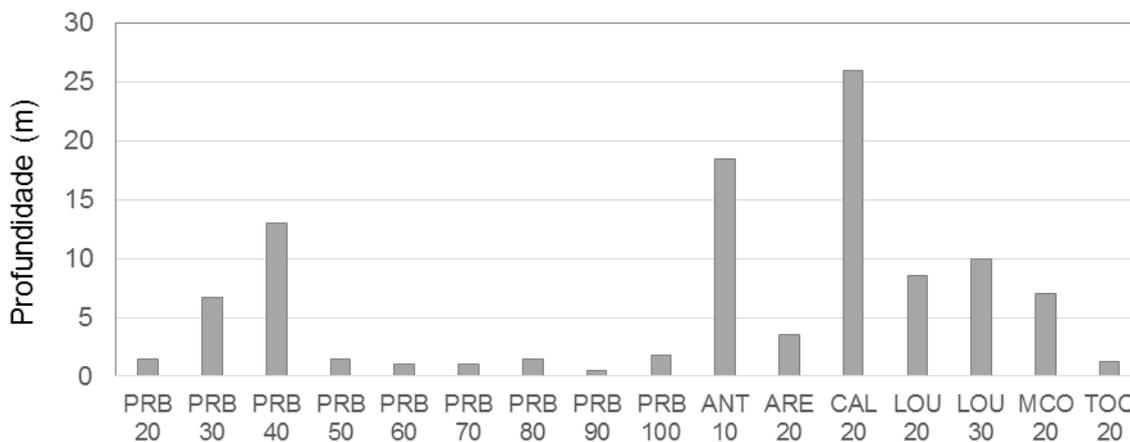


Figura 3. **Profundidade máxima registrada nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.**

A variação na temperatura do ar foi influenciada pelo horário de amostragem, sendo as temperaturas máximas de 22 e 23 °C registradas entre 12h e 13:30 horas da tarde. A menor temperatura do ar foi registrada às 7:30 da manhã (16 °C). Nas demais horas do dia e durante os dois dias de amostragem a temperatura média do ar foi de  $20 \pm 1,5$  °C (média  $\pm$  DP), sendo que os valores variaram de 16 (PRB 50) a 23 °C (PRB 30; **Figura 4**).

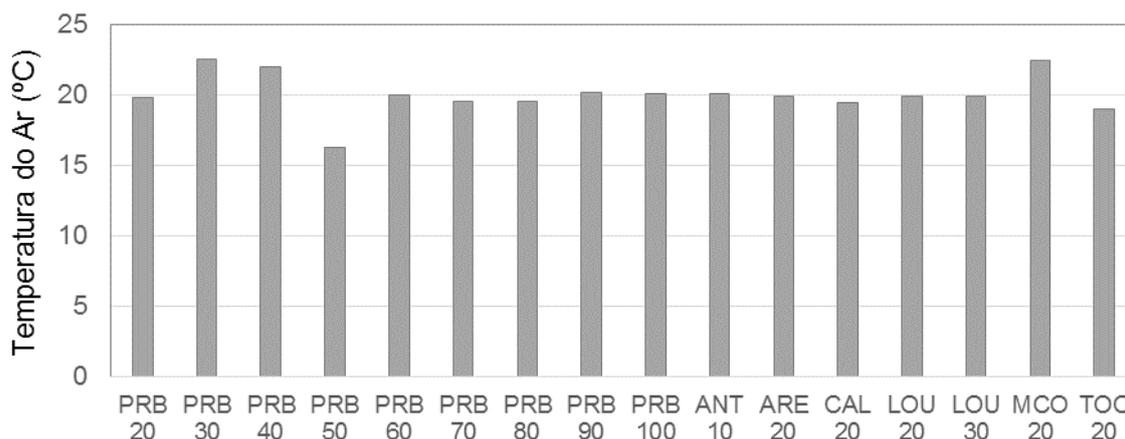
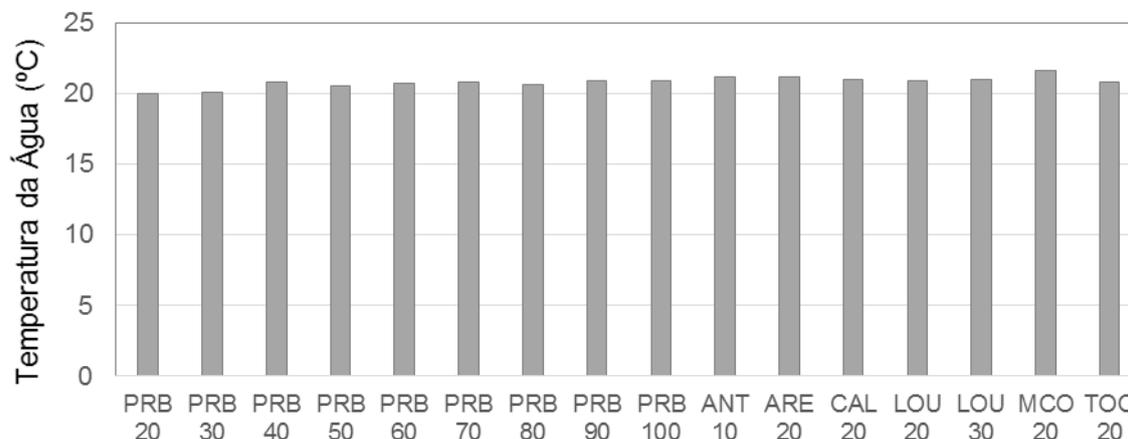


Figura 4. **Temperatura do ar medida nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017**

A temperatura da água apresentou menor variação entre os pontos de amostragem do que a temperatura do ar. O valor médio registrado foi de  $20,8 \pm 0,4$  °C (média  $\pm$  DP), com mínima de 20,0 no ponto PRB 20 às 14:17 horas e máxima de 21,6 no ponto MCO 20 às 12:50 horas (**Figura 5**).



**Figura 5. Temperatura da água medida na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.**

A transparência da água aponta a região na coluna d'água em que ocorre fotossíntese. Ambientes com turbidez mais elevada apresentam, geralmente, menor transparência da água. A menor transparência (0,9 m) foi observada em PRB 30, assim como a maior turbidez (9,2 NTU). No entanto, esse padrão não foi claramente observado nas demais estações de amostragem no reservatório AHE Simplício. As maiores transparências da água (2,8 m) foram registradas nas estações com maiores profundidades máximas (ANT 10, e CAL 20) e não nas estações com maior turbidez. Esse resultado evidencia que, em sistemas lênticos mais profundos, a transparência é favorecida pela ausência do regime de mistura da massa d'água. Por outro lado, em sistemas muito rasos (~1,0 m) o disco de Secchi foi visível até o fundo (transparência total; **Figura 6**).

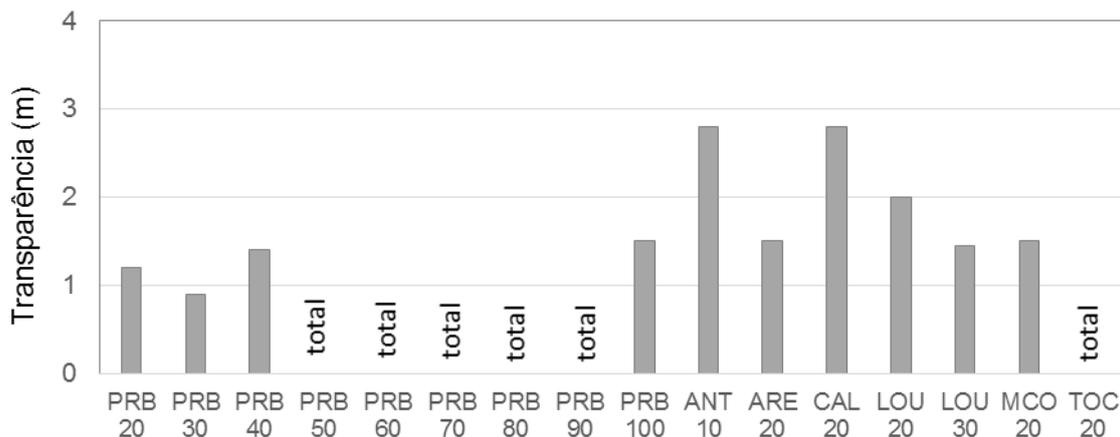


Figura 6. **Transparência da água nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.**

A turbidez em corpos de água é resultado da quantidade de partículas em suspensão, sejam elas orgânicas ou inorgânicas, e, em menor proporção, dos compostos dissolvidos. Os valores de turbidez estiveram abaixo do limite máximo preconizado pela Resolução N° 357/2005 do CONAMA para classe 2 em todas as estações (< 100 NTU) e também para classe 1 (<40 NTU; **Figura 7**). O valor médio para a turbidez nas estações de campo foi de  $2,7 \pm 2,5$  NTU (média  $\pm$  DP), com valor mais elevado na estação PRB 30 (9,2 NTU).

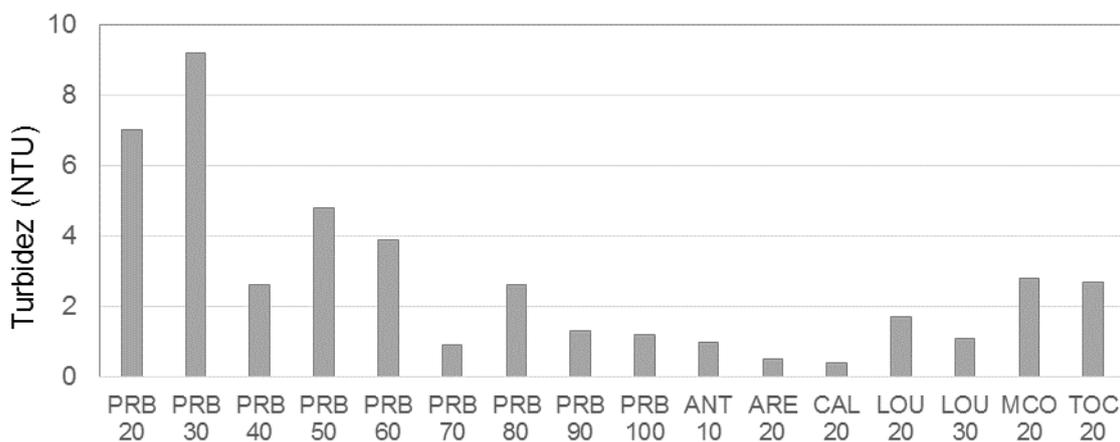


Figura 7. **Turbidez da água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.**

O pH das estações amostradas esteve dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 (**Figura 8**). Em média, o pH das estações foi de  $7,9 \pm 0,2$  (média  $\pm$  DP).

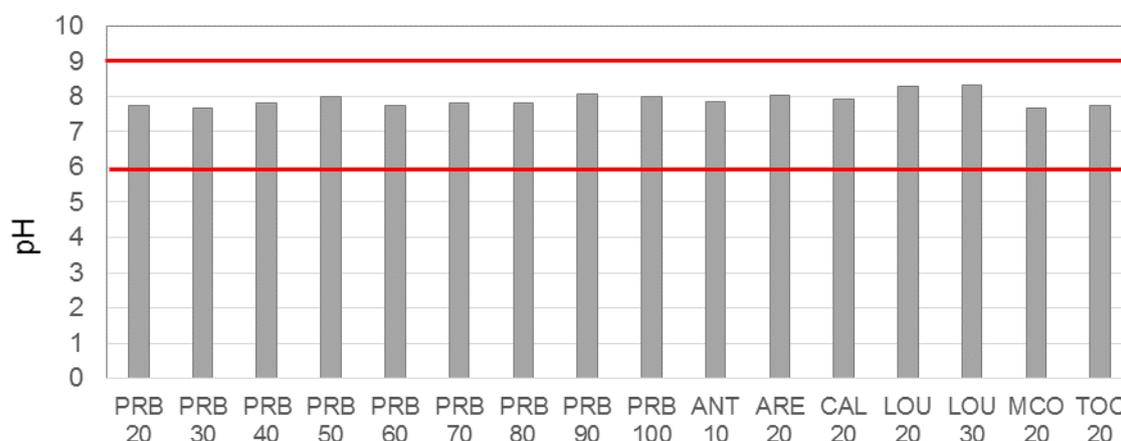


Figura 8. **pH da água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em agosto de 2017. As linhas vermelhas indicam os limites máximo e mínimo para corpos de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

A condutividade elétrica corresponde à carga transmitida na água em um espaço definido. Uma vez que a condução elétrica na água depende da concentração de íons em solução, a condutividade é uma medida indireta do teor de sais na água. Em sistemas de água doce a condutividade está relacionada a fatores geoquímicos locais, as condições climáticas e as contribuições humanas. A condutividade variou entre  $82 \mu\text{S}/\text{cm}$  na estação TOC 20 a  $90 \mu\text{S}/\text{cm}$  nas estações PRB 20, 40, 40, 60 e 70 (**Figura 9**).

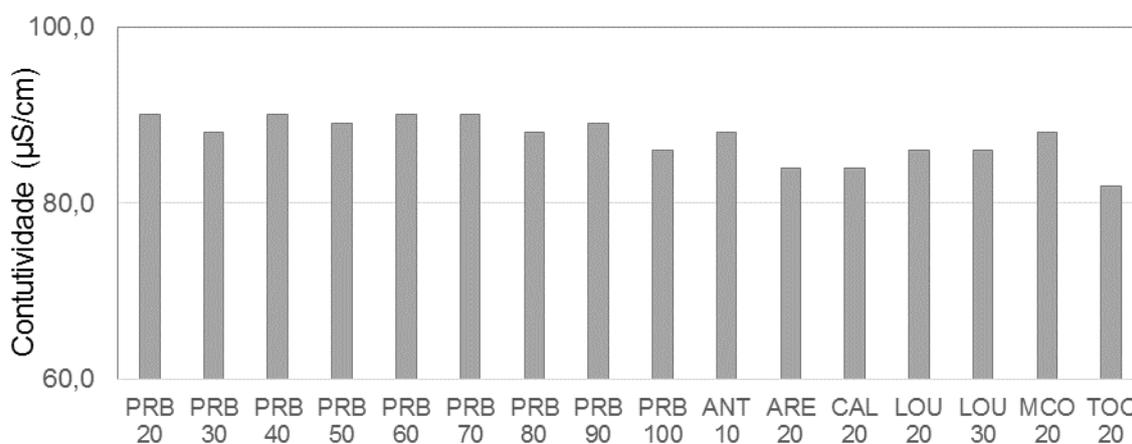


Figura 9. **Condutividade elétrica da água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.**

O oxigênio dissolvido (OD) esteve acima do limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 em todas as estações (**Figura 10**) não evidenciando anoxia nas estações de coleta. Em média a concentração de oxigênio dissolvido esteve abaixo de 10mg/L não evidenciando supersaturação e foi de  $8,2 \pm 0,6$  mg/L (média  $\pm$  DP).

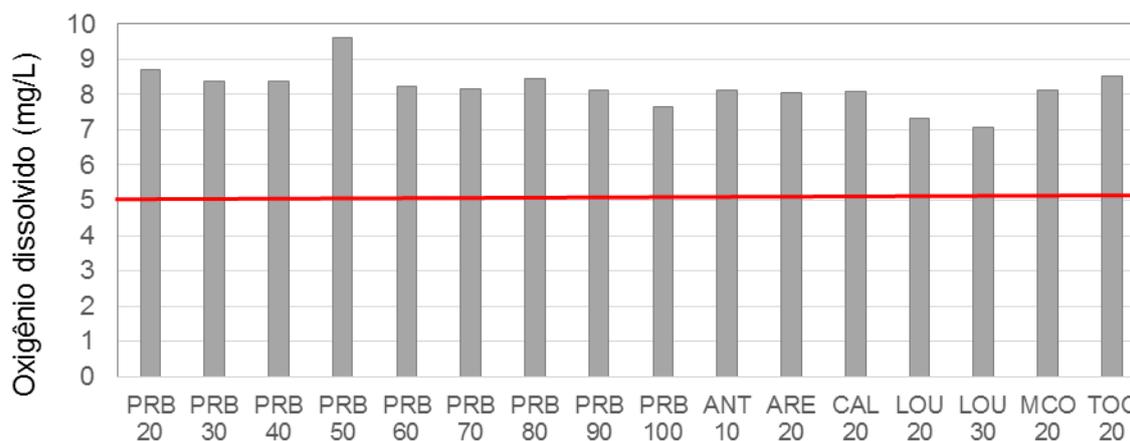


Figura 10. **Oxigênio dissolvido na água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em agosto de 2017. A linha vermelha indica o limite mínimo para corpos de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

Os perfis de temperatura da água mostram que dentre as estações de coleta do reservatório do AHE Simplício apenas PRB 30 e ANT 10 estavam estratificadas durante a campanha de agosto de 2017 (**Figura 11**). A profundidade da termoclina nessas duas estações foi de 2 e 8 metros, respectivamente. Nas demais estações foi observada tendência de diminuição da temperatura em direção ao fundo.

Situação diferente foi observada para os perfis de oxigênio dissolvido, os quais apenas MCO 20 apresentou valores homogêneos ao longo da coluna d'água (**Figura 12**). As demais estações apresentaram redução do oxigênio dissolvido em direção ao fundo. Enquanto na camada superficial as algas fazem fotossíntese e aumentam as concentrações de O<sub>2</sub>, a biomassa de alga em senescência decompõe ao sedimentar nas camadas mais profundas, reduzindo as concentrações de oxigênio. Além disto, menores concentrações de oxigênio dissolvido na água são esperadas em menores temperaturas e maiores pressões (quanto maior a profundidade) devido a maior solubilidade deste gás sob essas condições. As concentrações de oxigênio

dissolvido na água atingiram valor mínimo de 2,0 no fundo das estações CAL 20, indicando a ausência de anoxia na coluna d'água do AHE Simplício durante esta campanha.

A variação da condutividade ao longo dos perfis verticais apresentou padrões distintos entre os pontos com aumento em direção ao fundo (**Figura 13**).

Os valores de pH, foram no geral mais elevados na superfície das estações de coleta, com leve redução em direção ao fundo (**Figura 14**). Exceções foram as estações CAL 20 a qual apresentou aumento de pH entre as profundidades 9 e 12 m e LOU 30 a qual apresentou abrupta diminuição do pH a partir de 4 m de profundidade. Maiores pH na superfície ocorrem, provavelmente, devido à ocorrência de fotossíntese na zona eufótica, superficial, processo que consome CO<sub>2</sub> dissolvido na água, aumentando o pH.

A turbidez foi bastante constante, com sutil aumento em direção ao fundo nos perfis realizados nas estações PRB 30 e ANT 10 e aumentou bruscamente nas estações PRB 40, CAL 20 e LOU 30 a partir das profundidades 8 m, 13 m e 6 m, respectivamente (**Figura 15**).

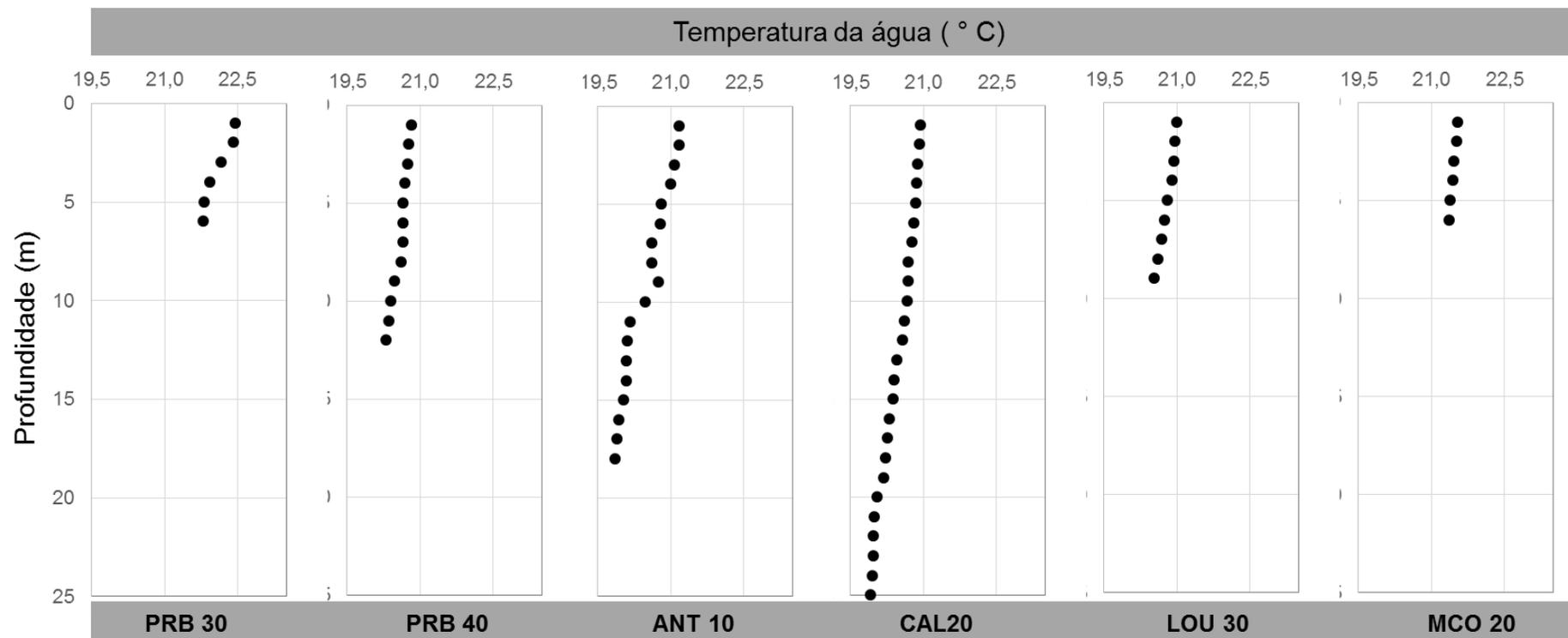


Figura 11. Perfis de temperatura da água nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.

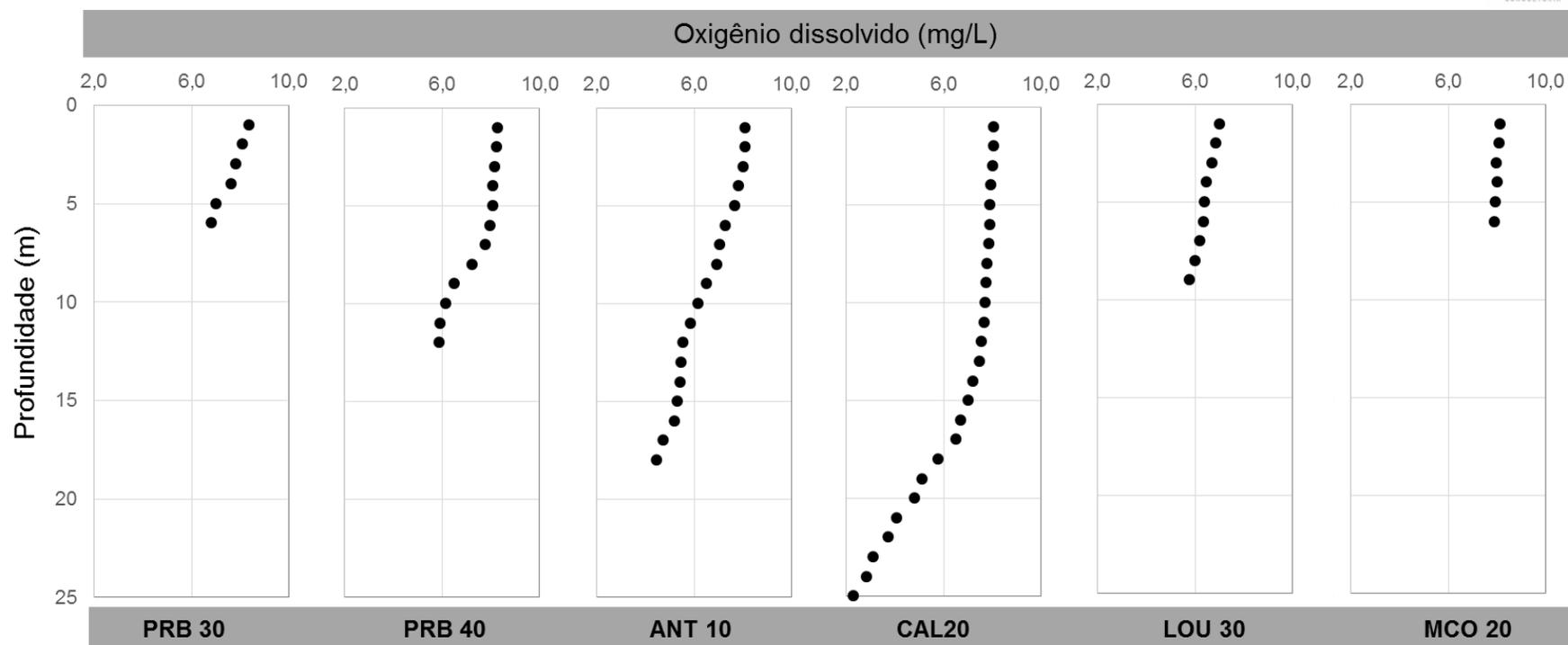


Figura 12. Perfis de oxigênio nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.

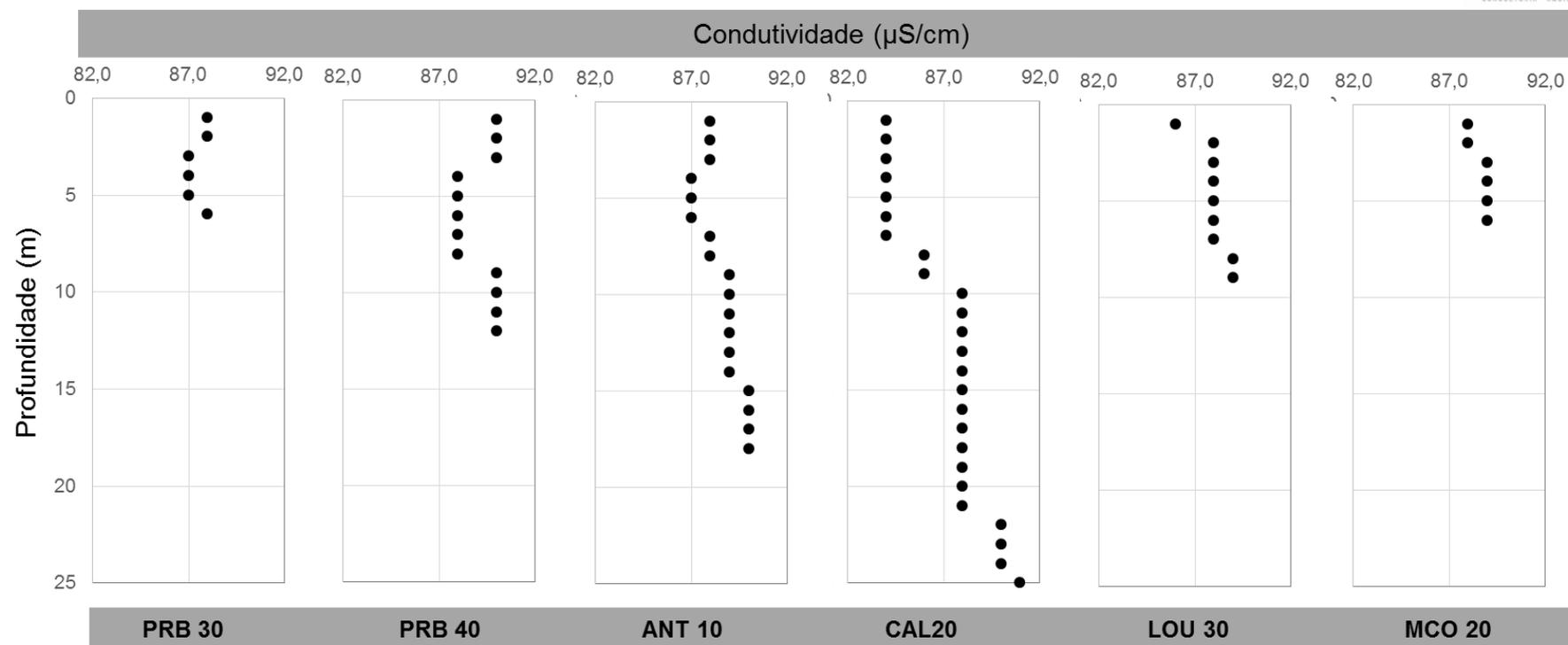


Figura 13. Perfis de condutividade nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.

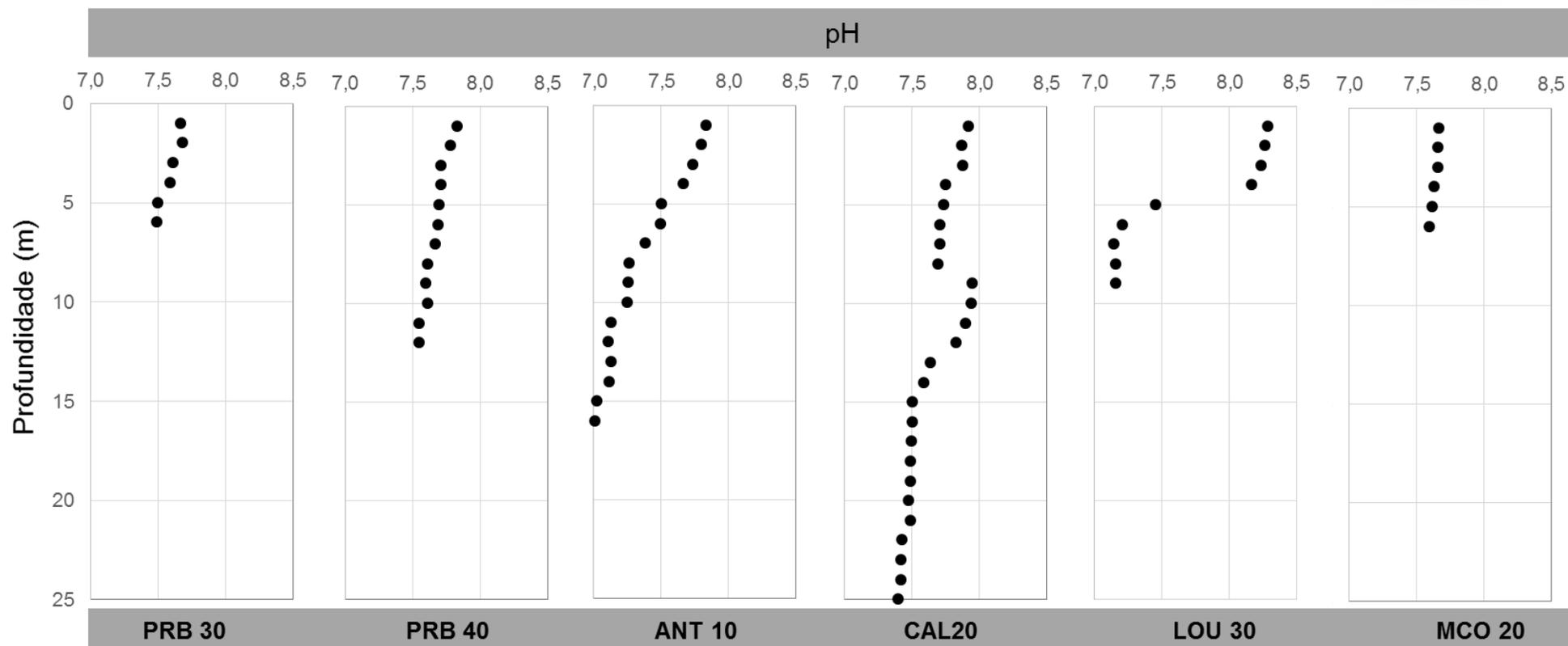


Figura 14. Perfis de pH nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.

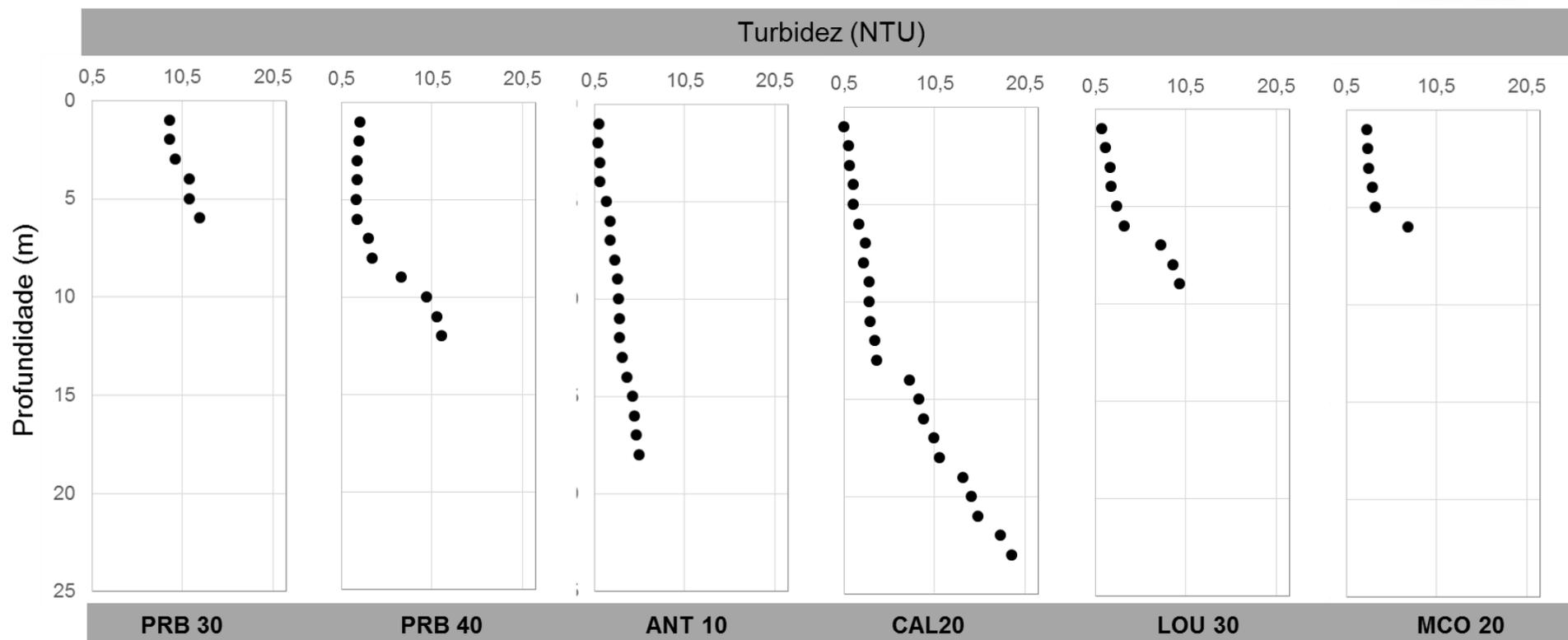


Figura 15. Perfis de turbidez nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.

A concentração de sólidos em suspensão fixos foi de 8 mg/L em PRB 30 e foram menores que o limite de detecção do método adotado (< 2,5 mg/L) na maioria das estações de amostragem, com exceção apenas das estações PRB 40-F, PRB 50, CAL 20, LOU 20, LOU 30 e TOC 20 que apresentaram concentração de 4 mg/L (**Figura 16**).

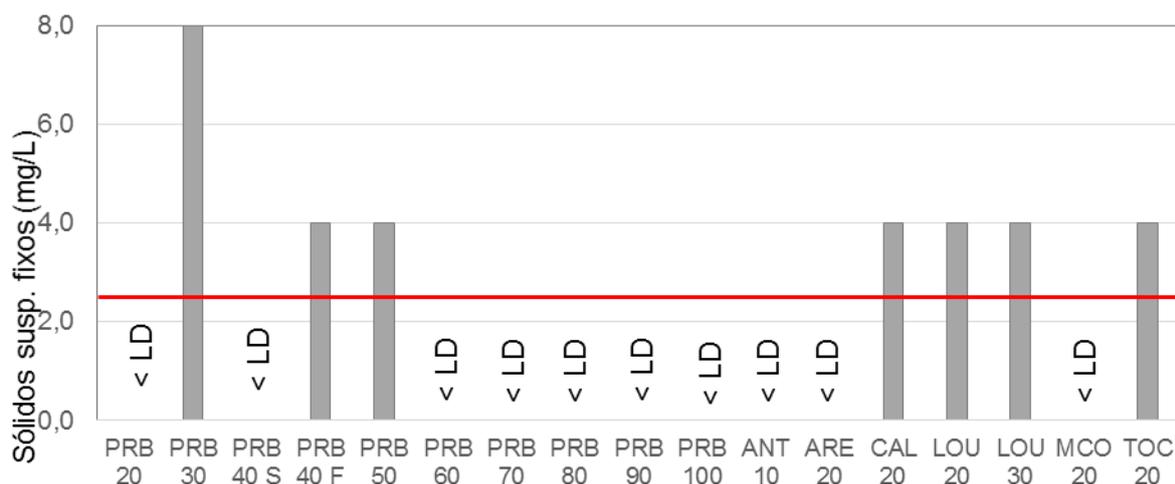


Figura 16. **Sólidos em suspensão fixos nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017. < LD = menor que o limite de detecção do método adotado.**

As concentrações de sólidos em suspensão voláteis foram menores que o limite de detecção do método adotado (< 2,5 mg/L) na maioria das estações de amostragem, com exceção apenas das estações PRB 30, LOU 30, e TOC 20 que apresentaram concentração de 4 mg/L e PRB 40-F, PRB 50 e MCO 20 que apresentaram concentração de 6 mg/L (**Figura 17**).

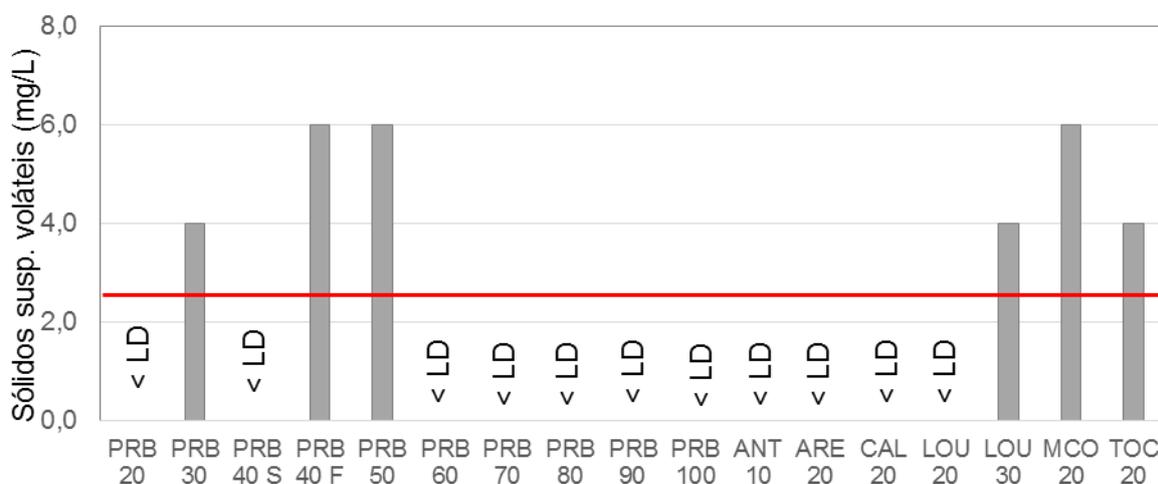


Figura 17. **Sólidos em suspensão voláteis nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em agosto de 2017. A linha vermelha indica o limite de detecção para o método de análise. < LD= menor que o limite de detecção do método adotado.**

O nitrogênio total é dado pela soma das frações de nitrogênio orgânica e inorgânica na água. Em ambientes aquáticos o nitrogênio total é um dos principais indicadores de eutrofização, juntamente com o fósforo e a clorofila-*a*. A concentração de nitrogênio total foi de 4,8 mg/L em PRB 70 e variou entre 0,30 mg/L a 0,96 mg/L nas demais estações de amostragem (**Figura 18**). O valor médio de nitrogênio total foi de  $0,91 \pm 0,882$  mg/L (média  $\pm$  DP).

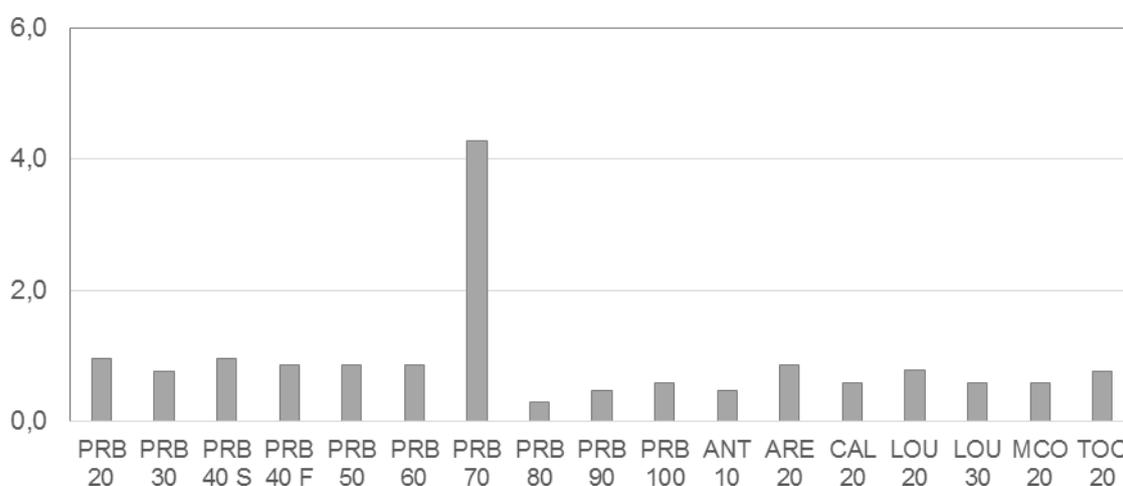


Figura 18. **Nitrogênio total nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.**

O fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode indicar eutrofização das águas. O fósforo total esteve abaixo do limite estabelecido pela Resolução N° 357/2005 do CONAMA para corpos d'água intermediários (com características intermediárias entre lóticos e lênticos) em todas as estações de amostragem. O valor médio de fósforo total foi de  $0,02 \pm 0,01$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 19**).

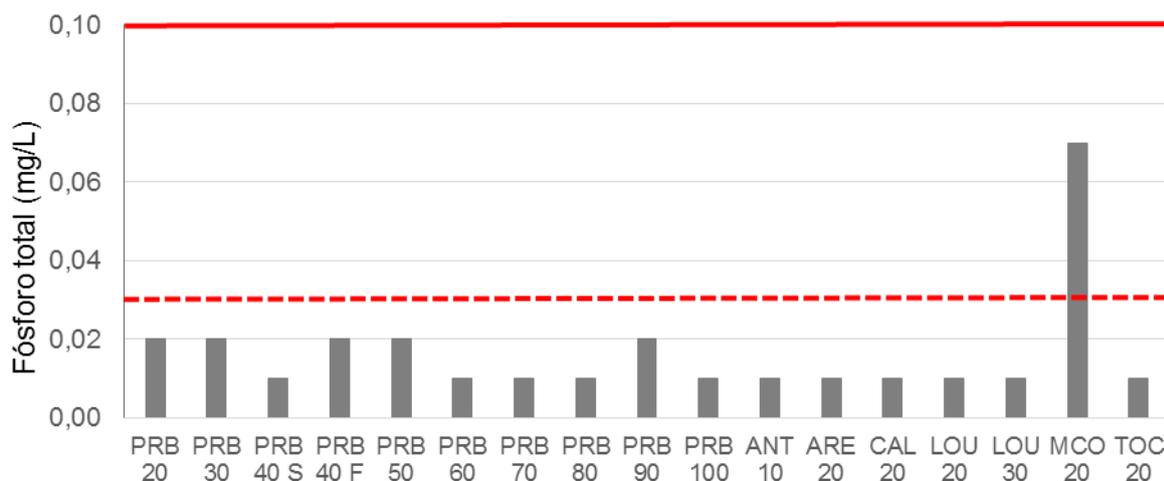


Figura 19. **Fósforo total na água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em agosto de 2017. As linhas vermelhas indicam os limites máximos para corpos de água lóticos (linha sólida) e intermediários (linha pontilhada) de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

A alcalinidade representa a capacidade de sistemas aquosos para neutralizar ácidos, resistindo às mudanças de pH, sem que ocorram distúrbios das atividades biológicas, ou seja, representa a capacidade de tamponamento do sistema. Em águas doces naturais os bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (Esteves, 1998) conferem esta propriedade à água. A alcalinidade variou de 14,0 mg CaCO<sub>3</sub>/L a 24,0 mg CaCO<sub>3</sub>/L na estação PRB 40-S. O valor médio de alcalinidade foi de 17,5 ± 2,36 mg CaCO<sub>3</sub>/L (média ± DP) (Figura 20).

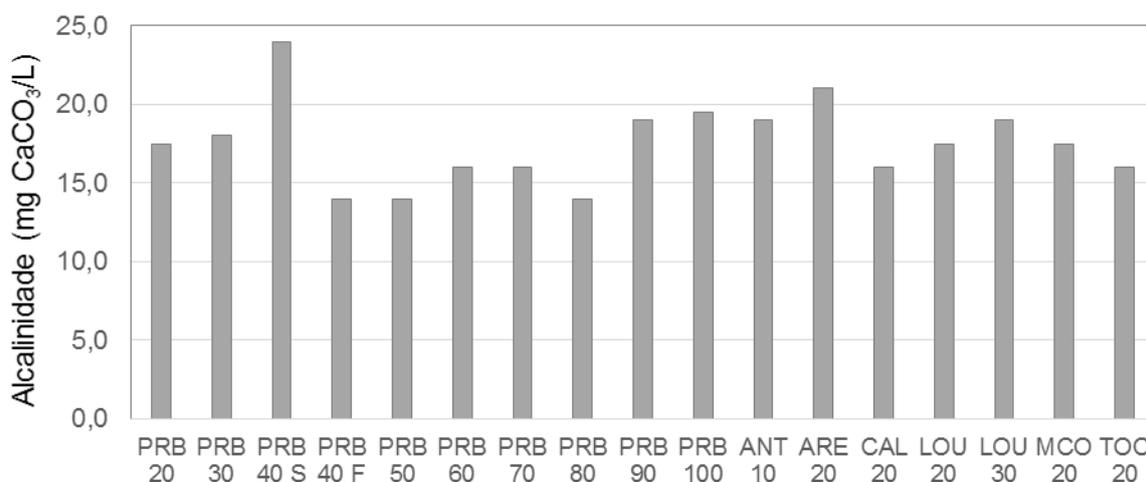
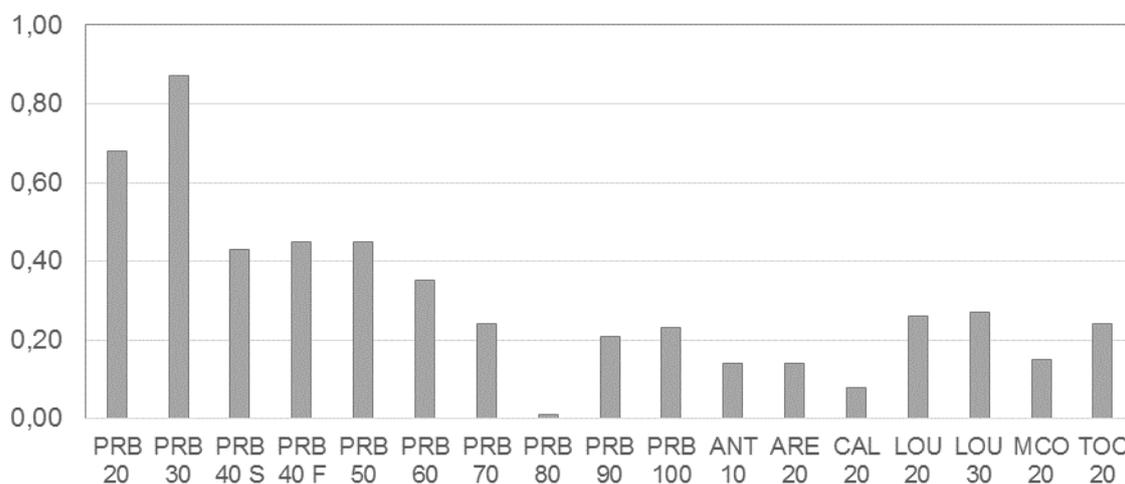


Figura 20. **Alcalinidade nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.**

As concentrações de ferro total variaram entre concentração inferior ao limite de detecção do método (0,01 mg/L) na estação PRB 80 a 0,87 mg/L em PRB 30. O valor médio foi de  $0,30 \pm 0,20$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 21**).



**Figura 21. Ferro total nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.**

As concentrações de ferro dissolvido estiveram abaixo do limite de detecção do método ( $<0,01$  mg/L) em PRB 80, ARE 20 e CAL 20. Nas demais estações de amostragem o ferro dissolvido variou de 0,02 mg/L em PRB 100 e LOU 20 a 0,17 mg/L em PRB 30. Nenhuma das estações amostradas apresentou valor superior ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 (0,3 mg/L). O valor médio nas estações de amostragem foi  $0,06 \pm 0,04$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 22**).

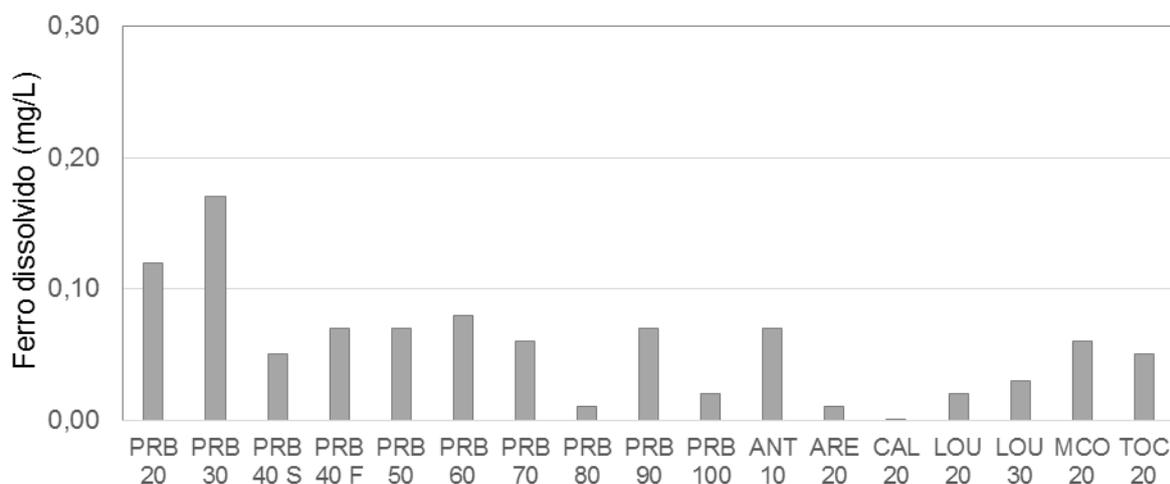


Figura 22. **Ferro dissolvido nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em agosto de 2017. A linha vermelha indica o limite máximo para corpos de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

A clorofila é um dos pigmentos responsáveis pelo processo fotossintético. A clorofila-*a* é a mais comum entre as clorofilas (*a*, *b*, *c* e *d*) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas. Desta maneira, a clorofila-*a* é um indicador da biomassa de algas, sendo considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos. As concentrações de clorofila-*a* estiveram abaixo do limite máximo ( $< 1,0 \mu\text{g/L}$ ) preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 ( $30 \mu\text{g/L}$ ) em todas as estações no reservatório do AHE Simplício (Tabela 2), não sendo apresentado gráfico para esta variável.

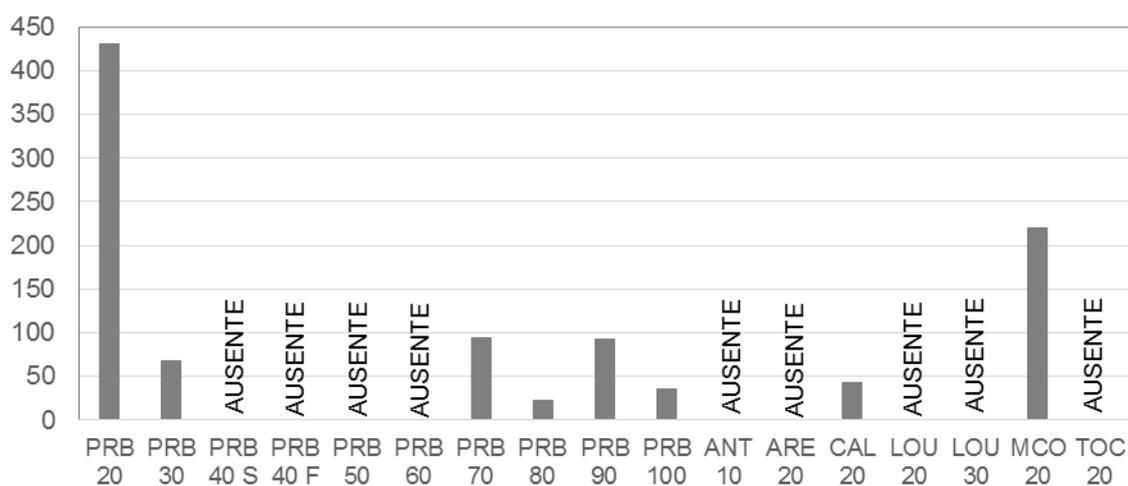
A demanda bioquímica de oxigênio, ou DBO, corresponde à quantidade de oxigênio consumido na degradação biológica da matéria orgânica. A exceção de MCO 20 cuja a DBO foi de  $2,8 \text{ mg/L}$ , as demais estações amostradas apresentaram concentrações inferiores ao limite de detecção do método ( $2,0 \text{ mg/L}$ ). Por isso, esta variável não foi representada graficamente. Além da DBO, as concentrações de fenóis ( $< 0,001$ ) e de nitrogênio amoniacal ( $< 0,06$ ) foram inferiores aos limites de detecção dos métodos em todos os pontos de amostragem.

### 3.2 RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS

As bactérias do grupo coliformes são bacilos gram negativos, de vida livre, classificados na família Enterobacteriaceae. Comumente encontrados no ambiente, no trato intestinal de humanos e certos animais homeotérmicos, são excelentes indicadores de contaminação da água por organismos patogênicos, dado a sua maior viabilidade e resistência nos corpos d'água, por apresentarem-se em maior número que os microrganismos patogênicos e não se reproduzirem no meio ambiente (Cabelli, 1978). A ausência destas bactérias, que são provenientes do carreamento pela água da chuva e do lançamento de esgoto doméstico em corpos receptores, implica em uma água bacteriologicamente potável. Bactérias do grupo coliformes são divididas em coliformes totais e coliformes termotolerantes. Os coliformes totais englobam espécies generalistas como dos gêneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, capazes

de crescer à temperatura ambiente. São aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos e oxidase negativos. Um subgrupo destes, os coliformes termotolerantes, também conhecidos como coliformes fecais, são muito bem representados pela *Escherichia coli*, caracterizada como o único coliforme de origem fecal e por apresentar as enzimas  $\beta$ -galactosidase e  $\beta$ -glucuronidase. Coliformes termotolerantes podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44 a 45°C, com produção de ácido gás e aldeído.

As densidades de coliformes totais variaram de zero (ausência de coliformes) nas estações PRB 40-S, PRB 40-F, PRB 50, PRB 60, ANT 10, ARE 20, LOU 20, LOU 30 e TOC 20 a 430,0 NMP/100 mL em PRB 20. A Resolução N° 357/2005 do CONAMA não estipula valores máximos para coliformes totais, sendo o limite máximo para coliformes termotolerantes em 100 mL para águas de classe 2 de 1.000 NMP/100 mL. As densidades de coliformes termotolerantes estiveram abaixo do limite máximo estabelecido por esta resolução em todas as estações amostradas (Figura 25).



**Densidade de coliformes totais nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017.**

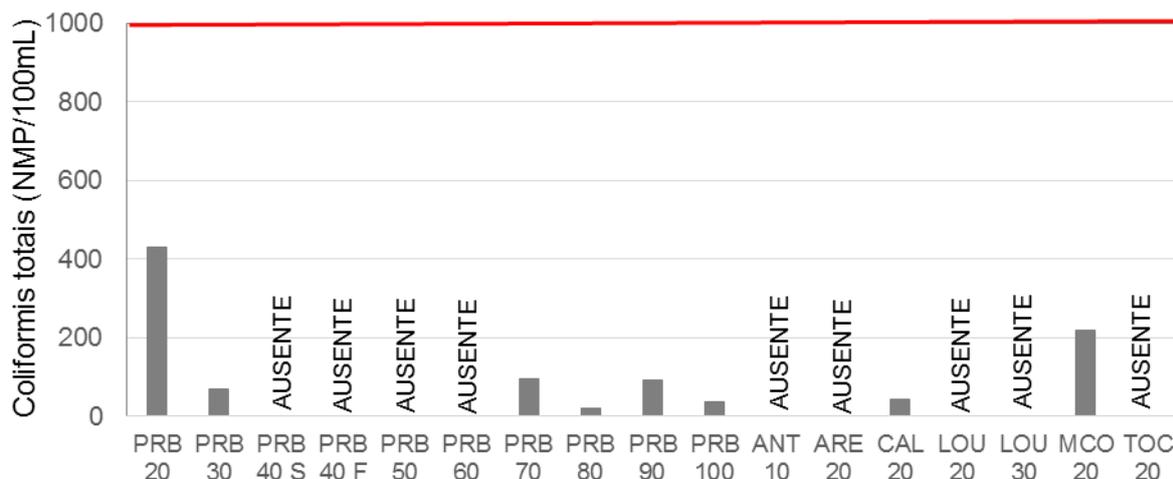


Figura 23. **Densidade de coliformes termotolerantes nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em agosto de 2017. A linha vermelha indica o limite máximo para corpos de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na coleta realizada no reservatório do AHE Simplício em agosto de 2017, foi observada uma massa d'água com temperaturas superficiais relativamente homogêneas espacialmente e verticalmente. Nenhuma das estações amostradas em perfil vertical apresentou variação acentuada nos parâmetros analisados. Dentre estes parâmetros apenas o pH evidenciou acentuada estratificação em CAL 20 a partir de 8 m e em LOU 30 a partir de 4 m.

De modo geral, não foram registradas ocorrências de valores fora do limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005. Assim sendo, todas as estações amostradas apresentaram valores satisfatórios com relação à qualidade da água. É importante ressaltar que nenhuma das estações apresentou valores de DBO e densidade de coliformes termotolerantes acima daquelas preconizadas pela Resolução CONAMA n° 357/2005, indicando baixo impacto por fontes poluentes.

#### 5 Referências

- APHA – American Public Health Association, AWWA – American Water Works Association, WPCF – Water Pollution Control Federation. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21ª Ed. Washington, DC.

Cabelli VJ. 1978. Microbial indicators system for assessing water quality. *Antonie van Leeuwenhoek*, n.48, p.613-617.