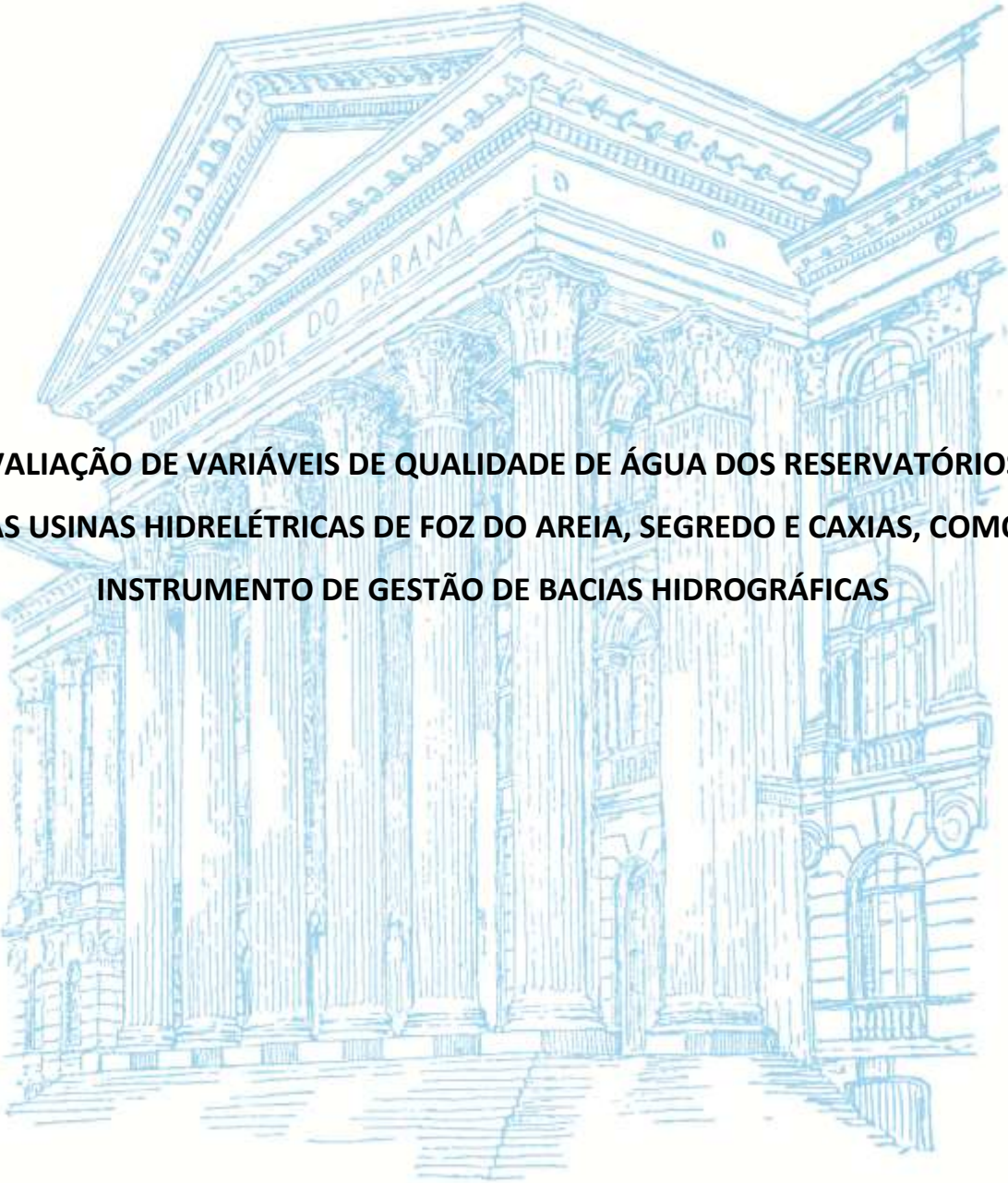


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NICOLE MACHUCA BRASSAC DE ARRUDA



**AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS  
DAS USINAS HIDRELÉTRICAS DE FOZ DO AREIA, SEGREDO E CAXIAS, COMO  
INSTRUMENTO DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

CURITIBA  
2014

NICOLE MACHUCA BRASSAC DE ARRUDA

**AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS  
DAS USINAS HIDRELÉTRICAS DE FOZ DO AREIA, SEGREDO E CAXIAS, COMO  
INSTRUMENTO DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Florestal. Área de Concentração: Conservação da Natureza.

Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi  
Co-orientadora: Dra. Tânia L. Graf de Miranda

CURITIBA  
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Arruda, Nicole Machuca Brassac de.

Avaliação de variáveis de qualidade de água dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Foz do Areia, Segredo e Caxias, como instrumento de gestão de bacias hidrográficas / Nicole Machuca Brassac de Arruda. - 2014.

227 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi.

Coorientadora: Profa. Dra. Tânia Lúcia Graf de Miranda.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 10/03/2014.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Reservatórios. 2. Análise fatorial. 3. Solo - Uso. 4. Teses. I. Rizzi, Nivaldo Eduardo. II. Miranda, Tânia Lúcia Graf de. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU – 628



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal


**ATA SESSÃO DE DEFESA DE TESE**

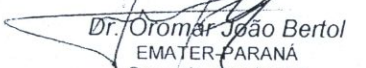
Defesa n.º 1027

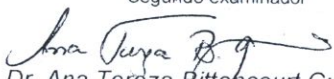
Ata da Sessão Pública, de exame de tese para obtenção do grau de **doutor** em Engenharia Florestal, área de concentração em **CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**


Ao(s) dez dia(s) do mês de março de , às quatorze horas, nas dependências do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, reuniu-se a banca examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, composta pelo Dr. Ingrid Illich Muller, primeiro examinador, pelo Dr. Oromar João Bertol, segundo examinador, pelo Dr. Ana Tereza Bittencourt Guimarães, terceiro examinador, pelo Dr. Cintia Mara Ribas de Oliveira, quarto examinador, e pelo Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi, orientador e presidente da banca examinadora, com a finalidade de julgar a tese do(a) candidato(a) Nicole Machuca Brassac de Arruda, intitulada "**AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS DAS USINAS HIDRELÉTRICAS DE FOZ DO AREIA, SEGREDO E CAXIAS, COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**", para obtenção do grau de doutor em Engenharia Florestal. O desenvolvimento dos trabalhos seguiu o roteiro de sessão de defesa estabelecido pela coordenação do curso, com abertura, condução e encerramento da sessão solene de defesa feitos pelo orientador Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi. Após haver analisado o referido trabalho e argüido o(a) candidato(a), os membros da banca examinadora deliberaram pela "**APROVAÇÃO**" do(a) acadêmico(a), habilitando-o ao título de Doutor em Engenharia Florestal, na área de concentração em CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. Curitiba, 10 de março de 2014, desde que apresente a versão definitiva da tese conforme regimento interno do programa.

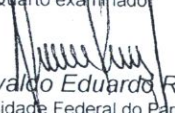
  
David Teixeira de Araujo  
Secretário do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

  
Dr. Ingrid Illich Muller  
CHPAR/LACTEC  
Primeiro examinador

  
Dr. Oromar João Bertol  
EMATER-PARANÁ  
Segundo examinador

  
Dr. Ana Tereza Bittencourt Guimarães  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Terceiro examinador

  
Dr. Cintia Mara Ribas de Oliveira  
Universidade Positivo  
Quarto examinador

  
Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora

  
Antonio Carlos Batista  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal



*Aos meus avós Dinorah e José (in memoriam), meus grandes incentivadores.*

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi, pela acolhida no curso de pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR. Também agradeço pela orientação, boa vontade e paciência. Obrigada pela confiança depositada e por indicar um norte à pesquisa aqui apresentada. Nossas conversas sempre foram valiosas.

À minha co-orientadora, Dra. Tânia Lúcia Graf de Miranda, pela colaboração e parceria, desde a revisão do projeto inicial à orientação da conclusão da tese.

Ao LACTEC - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, nas pessoas de Ingrid Illich, Tânia Miranda e Mauricio Müller, pelo incentivo para a realização do doutorado, mesmo trabalhando, e pela flexibilização de horários para que, tanto os créditos, quanto a tese pudessem ser concluídos em tempo hábil.

À COPEL - Companhia Paranaense de Energia, nas pessoas de Paulo Sérgio Pereira, Geovanni Fedalto, Adroaldo Oliveira e Jocéli de Andrade Bogusz, pela cessão dos dados de qualidade de água e de uso do solo no entorno dos empreendimentos estudados. Também agradeço à equipe de campo da concessionária, nas pessoas dos Srs. César Dalbosco e Claiton Bastian, responsáveis pela coleta de água nos reservatórios.

Às amigas do LACTEC, Letícia Silveira Maraschin e Gheysa Moraes Pires, e em especial, à amiga e querida professora de análise multivariada, Marianne França Sieciechowicz, pelo incentivo, pelo companheirismo e, principalmente, pela paciência. Também ao colega Juliano Silva Santos, pelo auxílio na descrição do entorno das estações de amostragem.

Aos colegas do curso de pós-graduação em Engenharia Florestal, Rafael, Richardson e Rita. Obrigada pelas conversas, pelas risadas, pela descontração e também pela troca de ideias.

À acadêmica de Geografia, Juliana Aurea Uber, pelo cuidado na preparação e organização dos mapas apresentados neste trabalho.

À querida prima Lícia Brassac Cortiano, pelas sugestões para o Abstract.

Aos meus avós Dino, Dinorah e José e à minha tia Beth, que mesmo não estando mais entre nós fisicamente, foram grandes incentivadores do início da minha vida acadêmica. Sem vocês, este trabalho teria sido inexecutável.

Aos meus amores incondicionais, meus pais, Rita e Dino, sempre, sempre presentes e amados. Vocês são meu porto seguro.

Ao amor escolhido para a vida, meu marido Élvio, por ser presente, pelo companheirismo, por me fazer feliz. Obrigada por trazer à tona o melhor de mim.

## RESUMO

Entre os vários recursos disponíveis na natureza, a água está entre os mais importantes e é considerado requisito básico à manutenção da vida. Múltiplas são as aplicações da água como a potabilidade, a balneabilidade, as atividades domésticas e industriais, a irrigação e a geração de energia. No Brasil, a geração de hidreletricidade é responsável por 80% da matriz elétrica do país, energia esta que advém do barramento de rios e conseqüente formação de reservatórios. No tocante à qualidade dos recursos hídricos, normalmente, a formação destes lagos artificiais gera conseqüências, que fazem com que esta atividade seja condicionada ao monitoramento sistemático do reservatório e do entorno. Programas de monitoramento compulsório geram extensas matrizes de dados, sendo que o tamanho da matriz e as inter-relações entre as variáveis, nem sempre visíveis diretamente, acabam dificultando o diagnóstico da qualidade de água, além de inviabilizar o uso deste tipo de dado na gestão efetiva do recurso hídrico. A utilização de ferramentas estatísticas facilita a interpretação de matrizes como estas. Entre as diversas técnicas que podem ser aplicadas, destaca-se a análise fatorial. Além de auxiliar na compreensão da interação dos diversos fatores que afetam o ecossistema aquático, esta técnica permite reduzir o conjunto de dados e avaliar de forma sistemática quais são as variáveis influenciadoras da qualidade da água. O principal objetivo do presente estudo foi a avaliação de dados desta natureza, relacionados às usinas hidrelétricas (UHE) Foz do Areia, UHE Segredo e UHE Caxias, instaladas no rio Iguaçu, no estado do Paraná. Através da avaliação estatística (descritiva e multivariada) foram verificados padrões nos dados de qualidade de água destes empreendimentos. O reservatório de Foz do Areia foi o que apresentou qualidade de água mais alterada, sendo observada a importância da bacia de contribuição no aporte de poluentes, em detrimento do uso do solo do entorno. Exatamente por ser o primeiro de uma cascata de empreendimentos, o reservatório de Foz do Areia torna-se mais vulnerável às alterações na qualidade das águas. O reservatório de Segredo, apesar de apresentar águas de boa qualidade, já demonstra a influência dos aportes de montante, advindos do reservatório de Foz do Areia, sendo também o uso do solo do entorno direto de menor relevância nas alterações gerais de qualidade da água, quando comparado com os poluentes recebidos de montante. O reservatório de Caxias é o último da cascata do Iguaçu, recebendo águas que já foram reservadas anteriormente em quatro reservatórios a montante. Desta forma, verificou-se uma melhor qualidade de água e maior influência do uso do solo no entorno nas variáveis destacadas como descritoras dos fatores selecionados para a caracterização das estações de monitoramento. Destaca-se ainda que a análise fatorial mostrou-se uma ferramenta adequada para avaliação e caracterização da qualidade de água na região de empreendimentos hidrelétricos.

Palavras-chave: gestão de reservatórios, rio Iguaçu, análise fatorial, reservatório hidrelétrico, uso do solo.



## ABSTRACT

Among the many resources that are available in nature, water is one of the most important and is considered a basic requirement for sustaining life. Many are the uses of water: potability, bathing, domestic and industrial uses, irrigation and power generation. In Brazil, the hydroelectric generation is responsible for 80% of the country's electrical power grid, an energy that comes from rivers and consequent formation of reservoirs. Regarding the quality of water, the formation of these artificial lakes, usually, produces consequences that make such activity a subject to systematic monitoring, of the reservoir and its surroundings. Monitoring programs generate large data matrices. The sample size and the complex relationships between the variables make it harder to achieve trustworthy predictions and end up jeopardizing the diagnosis of water quality. The use of statistical tools facilitates the interpretation of these matrices. Among the various techniques that can be applied, is factor analysis. Besides helping the comprehension of the interaction of several factors affecting an aquatic ecosystem, this technique reduces the data set and systematically evaluates which variables are influencing water quality. The herein study aims to evaluate data like these, related to the hydroelectric power plant (HPP) Foz do Areia, HPP Segredo and HPP Caxias, installed on the Iguaçu river, state of Paraná. Through statistical analysis (descriptive and multivariate), patterns in the water quality data were verified. Foz do Areia's reservoir showed worst water quality in comparison with the two others reservoirs. The importance of the watershed's contribution to the inflow of pollutants was also noted and it was observed the difference the land use around the reservoir makes. Precisely because it is the first lake of a cascade of power plants, the reservoir of Foz do Areia becomes more vulnerable to changes in water quality. Segredo's reservoir, despite having good water quality, already shows the influence of the contributions from the reservoir of Foz do Areia. The land use in the vicinity of Segredo's reservoir was, also, less relevant to characterize the water quality when compared with the amount of pollutants received from upstream. Caxias' reservoir is the last one in the cascade of reservoirs in Iguaçu river, receiving waters that were previously reserved in four reservoirs upstream. Thus, it was observed better water quality and greater influence of land use through factor analysis. It was also noted that the factor analysis proved to be a suitable tool for evaluation and characterization of water quality in the area of hydro power plants.

Keywords: Reservoir management, Iguaçu river, factor analysis, hydropower reservoir, land use.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - GRÁFICO DA REPARTIÇÃO DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA NO BRASIL.....	7
FIGURA 2 - GRÁFICO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.....	7
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO MUNDO .....	22
FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS ESTUDADOS.....	38
FIGURA 5 - VISTA GERAL DO RESERVATÓRIO DA UHE FOZ DO AREIA E BARRAGEM .....	39
FIGURA 6 - MAPA TEMÁTICO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA.....	41
FIGURA 7 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO FA_1M; B) ESTAÇÃO FA_2R (FOTO: CEZAR DALBOSCO/COPEL).....	42
FIGURA 8 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO FA_3R; B) ESTAÇÃO FA_4R (FOTO: CEZAR DALBOSCO/COPEL).....	43
FIGURA 9 - ASPECTO DA ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA FA_5J (FOTO: CEZAR DALBOSCO/COPEL).....	44
FIGURA 10 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO (LACTEC, 2009a).....	45
FIGURA 11 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	47
FIGURA 12 - VISTA GERAL DO RESERVATÓRIO DA UHE SEGREDO E BARRAGEM.....	48
FIGURA 13 - MAPA TEMÁTICO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DE SEGREDO .....	50
FIGURA 14 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO SE_1M; B) ESTAÇÃO SE_2R (FOTOS: CEZAR DALBOSCO/COPEL).....	51
FIGURA 15 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO SE_3R; B) ESTAÇÃO SE_4J (FOTOS: CEZAR DALBOSCO/COPEL).....	52
FIGURA 16 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE SEGREDO, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO (LACTEC, 2009B). .....	53

FIGURA 17 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE SEGREDO, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	55
FIGURA 18 - VISTA GERAL DO RESERVATÓRIO DA UHE SALTO CAXIAS E BARRAGEM .....	56
FIGURA 19 - MAPA TEMÁTICO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DE CAXIAS .....	57
FIGURA 20 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO CA_1M; B) ESTAÇÃO CA_2R (FOTOS: CEZAR DALBOSCO - COPEL).....	58
FIGURA 21 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO CA_3R; B) ESTAÇÃO CA_4R (FOTOS: CEZAR DALBOSCO - COPEL).....	59
FIGURA 22 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO CA_5R; B) ESTAÇÃO CA_6J (FOTOS: CEZAR DALBOSCO - COPEL).....	60
FIGURA 23 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO (COPEL, 2006).....	61
FIGURA 24 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	63
FIGURA 25 - CINCO PASSOS DA ANÁLISE FATORIAL.....	74
FIGURA 26 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE PLUVIOSIDADE ACUMULADA EM 48h (DIA DE COLETA E ANTERIOR), EM mm, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	81
FIGURA 27 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE TEMPERATURA DO AR (°C) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	83
FIGURA 28 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	86
FIGURA 29 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg.L <sup>-1</sup> ), COM INDICAÇÃO DO MÊS E ANO DE OCORRÊNCIA, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	88
FIGURA 30 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE pH NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	90
FIGURA 31 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS DE pH, COM INDICAÇÃO DO MÊS E ANO DE OCORRÊNCIA, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	91

FIGURA 32 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO, EM M.....	93
FIGURA 33 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE TURBIDEZ (NTU) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	95
FIGURA 34 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE SÓLIDOS TOTAIS (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	97
FIGURA 35 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE CONDUTIVIDADE (µS.cm <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	99
FIGURA 36 - VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS E MÉDIOS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA, COM INDICAÇÃO DO MÊS E ANO DE OCORRÊNCIA, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	100
FIGURA 37 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE FÓSFORO TOTAL (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO. A) INCLUINDO VALORES EXTREMOS (*) E OUTLIERS (°); B) EXCLUINDO VALORES EXTREMOS.....	102
FIGURA 38 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS DE FÓSFORO TOTAL, COM INDICAÇÃO DO MÊS E ANO DE OCORRÊNCIA DOS VALORES MÁXIMOS, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO (ESCALA LOGARÍTMICA).....	103
FIGURA 39 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE NITROGÊNIO TOTAL (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	105
FIGURA 40 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS DE NITROGÊNIO TOTAL, COM INDICAÇÃO DO MÊS DE OCORRÊNCIA DOS VALORES MÁXIMOS, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO.....	106
FIGURA 41 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO, EM NMP.100mL <sup>-1</sup> .....	108
FIGURA 42 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE DBO (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO.....	110
FIGURA 43 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS DE DBO, COM INDICAÇÃO DO MÊS E ANO DE OCORRÊNCIA DOS VALORES MÁXIMOS, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO (ESCALA LOGARÍTMICA) .....	110
FIGURA 44 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE DQO (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO.....	112

FIGURA 45 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE TEMPERATURA DA ÁGUA DE SUPERFÍCIE NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	114
FIGURA 46 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE CLOROFILA-A ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	115
FIGURA 47 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE FITOPLÂNCTON ( $\text{cél}\cdot\text{s}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) TOTAL NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	117
FIGURA 48 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE A DENSIDADE DO FITOPLÂNCTON ( $\text{cél}\cdot\text{s}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) E DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-A ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE BARRAGEM .....	118
FIGURA 49 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO FATOR 1 X FATOR 2, PARA A ESTAÇÃO FA_3R.	129
FIGURA 50 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO FATOR 1 X FATOR 2, PARA A ESTAÇÃO SE_3R.	136
FIGURA 51 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO FATOR 1 X FATOR 2, PARA A ESTAÇÃO CA_5R	146

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MAIORES USINAS HIDRELÉTRICAS EM FUNCIONAMENTO NO BRASIL.....	8
TABELA 2 - MAIORES USINAS HIDRELÉTRICAS EM CONSTRUÇÃO OU LICITAÇÃO NO BRASIL...	9
TABELA 3 - IMPACTOS POTENCIAIS DA CONSTRUÇÃO DE REPRESAS.....	10
TABELA 4 - USOS PREPONDERANTES DAS CLASSES DE ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS DOCES, SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357 .....	16
TABELA 5 - DADOS HIDRÁULICO-OPERATIVOS DA UHE FOZ DO AREIA .....	39
TABELA 6 - ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM NO RESERVATÓRIO DA UHE FOZ DO AREIA.....	40
TABELA 7 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000 M DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA (LACTEC, 2009A) .....	46
TABELA 8 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000 M DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA.....	48
TABELA 9 - DADOS HIDRÁULICO-OPERATIVOS DA UHE SEGREDO.....	49
TABELA 10 - ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DA UHE SEGREDO	49
TABELA 11 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000M DO RESERVATÓRIO DE SEGREDO .....	54
TABELA 12 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000M DO RESERVATÓRIO DE SEGREDO.....	54
TABELA 13 - DADOS HIDRÁULICO-OPERATIVOS DA UHE CAXIAS .....	55
TABELA 14 - ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM NO RESERVATÓRIO DA UHE CAXIAS .....	57
TABELA 15 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000 M DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS (COPEL, 2006) .....	62
TABELA 16 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000 M DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS.....	62
TABELA 17 - LISTA DE VARIÁVEIS SELECIONADAS PARA O ESTUDO E METODOLOGIA DE ENSAIOS ANALÍTICOS.....	65
TABELA 18 - ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS PARA A DIAGNÓSTICO DOS RESERVATÓRIOS SELECIONADOS .....	67
TABELA 19 - CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DO GRAU DE DISPERSÃO. ....	71
TABELA 20 - INTERPRETAÇÃO DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES .....	72

TABELA 21 - INTERPRETAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA PARA ANÁLISE FATORIAL, SEGUNDO COMREY (1973) .....	75
TABELA 22 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE PLUVIOSIDADE ACUMULADA EM 48H (DIA DE COLETA E ANTERIOR), EM MM, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .	81
TABELA 23 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE TEMPERATURA DO AR (°C) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	82
TABELA 24 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	85
TABELA 25 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE pH NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	89
TABELA 26 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO, EM M.....	92
TABELA 27 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE TURBIDEZ (NTU) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	94
TABELA 28 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE SÓLIDOS TOTAIS (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	97
TABELA 29 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE CONDUTIVIDADE (µS.cm <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	99
TABELA 30 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE FÓSFORO TOTAL (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	102
TABELA 31 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE NITROGÊNIO TOTAL (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	105
TABELA 32 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO, EM NMP.100ML <sup>-1</sup> .....	107
TABELA 33 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE DBO (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	109
TABELA 34 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE DQO (mg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	111
TABELA 35 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE TEMPERATURA DA ÁGUA (°C) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	113
TABELA 36 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE CLOROFILA-A (µg.L <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	115

TABELA 37 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE FITOPLÂNCTON TOTAL (célis.mL <sup>-1</sup> ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO .....	116
TABELA 38 - CONJUNTOS DE DADOS AVALIADOS.....	119
TABELA 39 - RESULTADOS DAS MEDIDAS DE ESFERICIDADE E ADEQUACIDADE PARA AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO ESTUDADAS.....	121
TABELA 40 - RESULTADOS DO ÍNDICE MSA PARA A MATRIZ DE DADOS INICIAL, PARA A MATRIZ ALTERADA APÓS O ESTUDO DA MATRIZ ANTI-IMAGEM, E PARA A MATRIZ ALTERADA APÓS O ESTUDO DAS COMUNALIDADES .....	122
TABELA 41 - VARIÁVEIS REMOVIDAS DA ANÁLISE FATORIAL APÓS O ESTUDO DAS COMUNALIDADES, POR ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO.....	123
TABELA 42 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO FA_1M, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS.....	124
TABELA 43 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO FA_2R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS.....	126
TABELA 44 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO FA_3R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS.....	128
TABELA 45 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO FA_4R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS.....	130
TABELA 46 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA O CONJUNTO FORMADO PELOS DADOS DAS ESTAÇÕES FA_5J E SE_1M, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS.....	132
TABELA 47 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO SE_2R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS .....	134
TABELA 48 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO SE_3R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS .....	135
TABELA 49 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO SE_4J, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS .....	137
TABELA 50 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA_1M, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS .....	139
TABELA 51 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA_2R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS.....	141



TABELA 52 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA_3R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS.....	142
TABELA 53 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA_4R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS.....	143
TABELA 54 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA_5R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS.....	145
TABELA 55 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA_6J, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS.....	147

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

°C	-	Grau(s) Celsius
µg.L <sup>-1</sup>	-	Micrograma(s) por litro
µS.cm <sup>-1</sup>	-	Microsiemens por centímetro
§	-	Parágrafo
%	-	Por cento
ACP	-	Análise de componentes principais
AF	-	Análise fatorial
ANA	-	Agência Nacional de Águas
ANEEL	-	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCR	-	Concreto compactado a rolo
céls.mL <sup>-1</sup>	-	Células por mililitro
CEPPA	-	Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos
Coef. Var.	-	Coefficiente de variação
CONAMA	-	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEL	-	Companhia Paranaense de Energia
CRCC	-	<i>Cascading reservoir continuum concept</i>
D.Padrão	-	Desvio padrão
DBO	-	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	-	Demanda química de oxigênio
EMBRAPA	-	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	-	Empresa de Pesquisa Energética
Gov.	-	Governador
hm <sup>3</sup>	-	Hectômetro(s) cúbico(s)
IAP	-	Instituto Ambiental do Paraná
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IET	-	Índice de estado trófico
IPARDES	-	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
IQAR	-	Índice de qualidade de água de reservatórios
km	-	Quilômetro(s)
km <sup>2</sup>	-	Quilômetro(s) quadrado(s)
km <sup>2</sup> .MW <sup>-1</sup>	-	Quilômetro(s) quadrado(s) por megawatt
km <sup>3</sup>	-	Quilômetro(s) cúbico(s)
km <sup>3</sup> .ano <sup>-1</sup>	-	Quilômetro(s) cúbico(s) por ano
KMO	-	Índice Kaiser-Meyer-Olkin
LACTEC	-	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento
m	-	Metro(s)
m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	-	Metro(s) cúbico(s) por segundo
máx.	-	Máxima
maxm.	-	Maximorum
MDT	-	Modelo digital de terreno
mg.L <sup>-1</sup>	-	Miligrama(s) por litro
mín.	-	Mínimo
mL	-	Mililitro(s)
MLT	-	Média de longo termo
mm	-	Milímetro(s)
mm.ano <sup>-1</sup>	-	Milímetro(s) por ano
MMA	-	Ministério do Meio Ambiente
MME	-	Ministério das Minas e Energia

MSA	-	<i>Measure of sampling adequacy</i>
MW	-	Megawatt(s)
N	-	Nitrogênio (elemento químico)
N.A.	-	Nível de água
NMP	-	Número mais provável
NTU	-	Unidade nefelométrica de turbidez
OD	-	Oxigênio dissolvido
P	-	Fósforo (elemento químico)
PACUERA	-	Plano ambiental de conservação e uso do entorno de reservatório artificial
PCH	-	Pequena central hidrelétrica
pH	-	Potencial hidrogeniônico
RIMA	-	Relatório de impacto ambiental
SEAB	-	Secretaria de Agricultura e Abastecimento
SEMA	-	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SUDERHSA	-	Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (Paraná)
SUREHMA	-	Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (Paraná)
t.dia <sup>-1</sup>	-	Tonelada(s) por dia
TR	-	Tempo de residência teórico da água
UHE	-	Usina hidrelétrica
UTM	-	Universal Transversa de Mercator

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT .....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	xvi
SUMÁRIO .....	xviii
1 Introdução.....	1
1.1 Objetivo geral .....	4
1.2 Objetivos específicos .....	5
2 Revisão bibliográfica .....	6
2.1 Matriz energética brasileira e a hidreletricidade .....	6
2.2 Legislação sobre recursos hídricos relacionada à geração de energia.....	11
2.2.1 Legislação pertinente no estado do Paraná .....	13
2.2.2 Legislação pertinente aos empreendimentos em estudo.....	15
2.3 Usos múltiplos da água.....	15
2.3.1 Disponibilidade hídrica .....	16
2.3.2 Qualidade de água e problemas relacionados .....	17
2.4 Reservatórios artificiais .....	22
2.4.1 Problemas de qualidade de água em reservatórios hidrelétricos.....	24
2.5 Análise multivariada como instrumento de avaliação da qualidade da água.....	29
3 Material e métodos.....	37
3.1 Caracterização das áreas de estudo e estações de amostragem.....	37
3.1.1 UHE Foz do Areia .....	38

3.1.1.1	Estações de amostragem de água no reservatório de Foz do Areia.....	40
3.1.1.2	Uso e Ocupação do solo da área de influência .....	44
3.1.1.3	Declividade da área de influência .....	46
3.1.2	UHE Segredo .....	48
3.1.2.1	Estações de amostragem de água no reservatório de Segredo .....	49
3.1.2.2	Uso e ocupação do solo da área de influência.....	52
3.1.2.3	Declividade da área de influência .....	54
3.1.3	UHE Salto Caxias .....	55
3.1.3.1	Estações de amostragem de água no reservatório de Caxias.....	56
3.1.3.2	Uso e ocupação do solo da área de influência.....	60
3.1.3.3	Declividade da área de influência .....	62
3.2	Dados de qualidade de água.....	63
3.2.1	Dados meteorológicos regionais .....	66
3.3	Tratamento dos dados de qualidade de Água.....	67
3.3.1	Consolidação do banco de dados .....	67
3.3.1.1	Técnicas de preenchimento de falhas.....	68
3.3.1.2	Dados discrepantes .....	69
3.3.2	Análise estatística descritiva.....	70
3.3.3	Análise fatorial.....	72
3.3.3.1	Adequação dos dados à análise fatorial .....	74
3.3.3.2	Método de extração de fatores .....	77
3.3.3.3	Rotação ortogonal.....	78
3.3.3.4	Seleção do número de fatores retidos.....	78
4	Resultados e discussão.....	80
4.1	Estatística descritiva dos dados de monitoramento .....	80
4.1.1	Avaliação do regime de chuvas e da temperatura ambiente .....	80

4.1.2	Avaliação da qualidade de água dos reservatórios selecionados .....	84
4.1.2.1	Oxigênio dissolvido .....	84
4.1.2.2	pH .....	89
4.1.2.3	Transparência da água .....	92
4.1.2.4	Turbidez.....	94
4.1.2.5	Sólidos totais .....	96
4.1.2.6	Condutividade .....	98
4.1.2.7	Fósforo total.....	100
4.1.2.8	Nitrogênio total.....	104
4.1.2.9	Coliformes termotolerantes.....	106
4.1.2.10	DBO e DQO.....	109
4.1.2.11	Temperatura da água.....	112
4.1.2.12	Produtividade primária .....	114
4.2	Aplicação da análise fatorial em conjunto com análise do meio físico.....	119
4.2.1	Verificação das condições para AF dos dados de qualidade de água .....	119
4.2.2	Análise fatorial - UHE Foz do Areia.....	123
4.2.3	Análise fatorial - UHE Segredo.....	133
4.2.4	Análise fatorial - UHE Caxias.....	139
5	Conclusões .....	149
6	Recomendações .....	154
7	Referências bibliográficas .....	155
	APÊNDICE A - Dados brutos de qualidade de água.....	176
	APÊNDICE B - Tabelas de correlação .....	192
	APÊNDICE C - Gráficos Scatter plot (avaliação da distribuição normal multivariada) ..	201
	APÊNDICE D - Matrizes anti-imagem e comunalidades .....	205
	APÊNDICE E - Resultados da análise fatorial .....	220

# 1 INTRODUÇÃO

Há um milhão de anos, a população do homem primitivo provavelmente não era superior a meio bilhão de indivíduos, o que permitia à natureza a manutenção de sua capacidade de suporte, fornecendo e renovando os recursos necessários para a produção de energia e alimentos. No caso de ameaça de escassez de recursos, as populações buscavam novos locais para se instalar. Com o aumento da população, o tempo necessário para a regeneração do meio ambiente era demasiadamente grande para suprir a constante demanda por recursos. Desta forma, novas fontes de energia primária foram exploradas além da lenha, como o carvão mineral para aquecer e gerar vapor, o petróleo e seus derivados para mover motores de combustão interna, o urânio, para a geração de eletricidade termonuclear e os potenciais hidráulicos em rios (GOLDEMBERG e LUCON, 2011).

Segundo Avakyan e Iakovleva (1998), apesar dos primeiros reservatórios terem sido construídos há mais de 4.000 anos, no Egito, Mesopotâmia e China, para fins de irrigação, o primeiro grande reservatório tornou-se operacional apenas entre as décadas de 20 e 30. Sobre o uso da energia hidráulica, os primeiros registros vieram com o uso da “nora”, a roda d’água horizontal com acionamento direto e a roda d’água com engrenagens, conhecimento sedimentado no final do primeiro século antes de Cristo. Os registros do uso da água são escassos antes do final do Século XIX, quando a história da humanidade evidencia os primeiros sistemas de abastecimento urbano (ANA, 2007).

Entre os usos múltiplos da água encontra-se a geração de energia elétrica, atividade desenvolvida pelo homem desde a primeira metade do Século XX. No Brasil, a construção de grandes reservatórios para a geração de energia elétrica intensificou-se no período compreendido entre 1950 e 1980 (TUNDISI *et al.*, 2005). A maior parte dos reservatórios brasileiros está localizada na região sudoeste, onde a demanda por energia elétrica é maior, em função da densidade demográfica regional e pela demanda das atividades industriais (SOARES *et al.*, 2008).

Na América do Sul, praticamente todas as grandes bacias hidrográficas foram alteradas pela construção de barragens e grandes reservatórios. Inicialmente construídos

exclusivamente para a geração de energia elétrica, estes ecossistemas artificiais foram, ao longo do tempo, submetidos ao atendimento de múltiplos usos (TUNDISI *et al.*, 2005). No Brasil, a utilização da água para a geração de energia corresponde a, aproximadamente, 15% da energia produzida. Já em termos de energia elétrica, cerca de 80% advém das hidrelétricas (EPE, 2012).

Reservatórios artificiais vêm sendo construídos em todos os continentes e têm sido utilizados para múltiplas finalidades ao longo da história da humanidade. Produção de alimentos (pesca e piscicultura), abastecimento de água, geração de energia hidrelétrica, recreação, irrigação, turismo e navegação são alguns dos principais usos correntes. Reservatórios são influenciados pelas características da bacia e de sua malha hídrica, pelas características hidráulicas do próprio reservatório e suas descargas, influenciando todo o sistema a jusante. Estes componentes são interativos e operam em conjunto, e os reservatórios dependem destas interações (TUNDISI, 2005).

No cenário brasileiro, os usos dados às águas reservadas, bem como o aumento das atividades humanas nas bacias hidrográficas, vêm acelerando o surgimento de problemas de qualidade de água, especialmente da eutrofização (SOARES *et al.*, 2008). Muitos reservatórios do sudeste já enfrentam problemas de degradação da qualidade de água. Elevadas cargas de nutrientes, metais pesados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos são alguns dos poluentes relacionados com a queda na qualidade hídrica dos reservatórios da região (SOARES *et al.*, 2008).

Em função dos impactos causados pelo represamento de rios na formação de reservatórios hidrelétricos, a legislação ambiental prevê o monitoramento da qualidade destas águas, antes, durante e depois da construção destes empreendimentos (BRASIL, 1987). No Brasil, legislações relacionadas à avaliação e monitoramento compulsório de regiões a serem afetadas pela construção de empreendimentos hidrelétricos já foram editadas (BRASIL, 1986; 1987; 1997a). Vale frisar que cada usina hidrelétrica conta com um conjunto de condicionantes em suas licenças (prévia, instalação e operação) que deve ser atendido para a manutenção das mesmas, em cada fase do empreendimento, sendo o monitoramento das águas uma das condicionantes mais comuns. Além disto, a Agência Nacional de Águas (ANA) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) editaram, em conjunto, a Resolução nº 03 (ANEEL e ANA, 2010), no intuito de definir normas e procedimentos a serem cumpridos pelas concessionárias para a coleta, monitoramento e



gerenciamento dos bancos de dados hidrométricos, fluviométricos e de qualidade de água de reservatórios. Estes procedimentos visam ampliar o monitoramento já realizado pelo setor elétrico, conforme instituído pela Resolução ANEEL nº 396/98 e revogada pela edição da resolução conjunta supracitada (ANEEL, 1998).

Programas de monitoramento provem uma estimativa representativa e confiável das características das águas superficiais e se tornaram importantes para a gestão das mesmas, subsidiando ações de controle ambiental (BOYACIOGLU, BOYACIOGLU e GUNDUZ, 2005; LEMOS, FERREIRA-NETO e DIAS, 2010), além da manutenção dos usos múltiplos do reservatório. De acordo com Lamparelli (2004), a existência de séries históricas, bem como sua interpretação, permite uma maior compreensão da qualidade ambiental do recurso hídrico, bem como sua evolução ao longo do tempo, e suas correlações com fatores climáticos ou econômicos, priorizando ações de controle, bem como, investimentos na bacia.

O monitoramento da qualidade de água de rios e reservatórios, compulsório ou não, tem como resultado a geração de extensos bancos de dados. Estes dados, normalmente, se encontram nos sistemas internos das concessionárias de energia elétrica e são, de maneira geral, utilizados tão somente para constituir relatórios de acompanhamento a serem entregues ao órgão fiscalizador. Do ponto de vista científico, a não utilização de tais informações seria uma grande perda, visto que rotineiramente expressam o comportamento de séries históricas de monitoramento, que em uma pesquisa científica seria difícil de obter. Uma das grandes dificuldades de tratamento destes dados está relacionada à confiabilidade dos mesmos, no tocante à sua obtenção de forma correta, análise em laboratórios fidedignos e, ainda, a inserção destes dados em um banco, levando em consideração a possibilidade de erro humano no processo de digitação. Também se deve considerar a possibilidade de que os dados históricos de uma mesma variável tenham sido obtidos a partir de diferentes metodologias, dificultando seu tratamento.

Desde 2005, a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), realiza o automonitoramento sistemático da qualidade das águas de seus empreendimentos hidrelétricos, com pontos de controle no rio represado a jusante e a montante do barramento. A COPEL monitora trimestralmente mais de 20 empreendimentos, entre pequenas, médias e grandes centrais hidrelétricas no estado do Paraná. Esta atividade de monitoramento é gerenciada, desde seu início, pelo Instituto de Tecnologia para o

Desenvolvimento (LACTEC), onde são realizados ensaios e também é mantido e alimentado o banco de dados de qualidade de água dos reservatórios e rios relacionados.

Além das razões de cunho científico, voltadas para conservação da natureza, um melhor entendimento dos processos que afetam a qualidade da água, influencia diretamente na alocação de recursos, visando ações no corpo hídrico e na bacia de contribuição. Conforme Veiga (2010), monitoramentos convencionais auxiliam no entendimento das alterações sofridas pelo ecossistema aquático quando da construção de um barramento, no entanto, há uma dinâmica complexa que não é muitas vezes compreendida neste processo. Metodologias e aplicações que venham a contribuir para a tomada de decisão pelos gestores ambientais auxiliam na concentração de esforços que visam ao planejamento, à distribuição de recursos e à tomada de decisões.

### *1.1 Objetivo geral*

Setzer (2004) define “dado” como uma representação simbólica quantificada ou quantificável. Não diferente dos demais tipos, bancos de dados de qualidade de água, em sua forma pura, representam exatamente isto, um conjunto de símbolos numéricos ou textuais. O mesmo autor, refletindo sobre o que é *informação*, elucida que dados tornam-se informações quando seu receptor interpreta seu conteúdo, compreendendo-o e associando conceitos ou um significado.

É desta inquietação que surgiram as premissas do presente estudo. No momento, mais de 50 concessionárias de geração de energia encontram-se cadastradas junto à ANEEL (ANEEL, 2013). O monitoramento dos empreendimentos hidrelétricos concessionados é uma atividade compulsória à geração de energia, gerando extensas matrizes de dados, cuja principal função é a confecção de relatórios que atendam às solicitações dos órgãos de fiscalização ambiental. Uso do solo, qualidade da água, estudos socioeconômicos, levantamentos específicos de fauna e flora são alguns dos realizados para atendimento destas condicionantes ambientais.

A hipótese do presente estudo é que dados de monitoramentos compulsórios, quando devidamente tratados, podem gerar informações consistentes para o gerenciamento de reservatórios e, por consequência, tornam-se uma ferramenta de gestão

do recurso hídrico e de alocação de recursos financeiros. Desta forma, o principal objetivo do presente estudo é a avaliação de dados de monitoramento de qualidade de água relacionados aos empreendimentos UHE Governador Ney Aminthas de Barros Braga (UHE Segredo), UHE Governador José Richa (UHE Caxias) e UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Netto (UHE Foz do Areia), buscando identificar fatores que afetam a qualidade das águas e as caracterizem de forma efetiva. Este trabalho também visa comparar tais com as características físicas o uso do solo no entorno (1.000 m) destes reservatórios, a partir de dados disponíveis e de fácil acesso, buscando estruturar uma metodologia para o gerenciamento do recurso hídrico a partir de dados obtidos por meio de monitoramentos compulsórios.

## *1.2 Objetivos específicos*

Como objetivos específicos do presente estudo podem ser elencados:

- Avaliar, por meio de análises de estatística descritiva e de análise fatorial, dados de qualidade de água relacionados ao reservatório de Foz do Areia, Pr.
- Avaliar, por meio de análises de estatística descritiva e de análise fatorial, dados de qualidade de água relacionados ao reservatório de Segredo, Pr.
- Avaliar, por meio de análises de estatística descritiva e de análise fatorial, dados de qualidade de água relacionados ao reservatório de Caxias, Pr.
- Relacionar os fatores retidos identificados na análise fatorial de cada estação de monitoramento, para cada reservatório, com o uso do solo no entorno dos reservatórios (faixa de 1.000 m), buscando verificar possíveis fatores influenciadores do aporte de poluentes ao corpo hídrico.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 *Matriz energética brasileira e a hidreletricidade*

A participação da água na matriz energética mundial é pouco expressiva. Segundo o IEA (2008<sup>1</sup> *apud* ANEEL, 2008), entre 1973 e 2006, a participação da força das águas na produção total de energia no mundo passou de 2,2% para apenas 1,8%.

No entanto, estes dados médios não refletem a realidade brasileira, possivelmente pelo fato de que o Brasil é o país com maior potencial hidrelétrico em todo o mundo, cerca de 260.000 MW. De acordo com MME (2007), o país faz parte de um conjunto de países em que a produção de eletricidade é maciçamente proveniente de usinas hidrelétricas (75% da potência instalada no país). No ano de 2011, 929 usinas hidrelétricas se encontravam em funcionamento no país, gerando 81.000 MW (BRASIL, 2013).

Em termos absolutos, os cinco maiores produtores de energia hidrelétrica no mundo são China (17,8%), Canadá (11,5%), Brasil (11,2%), Estados Unidos (8,6%) e Rússia (5,1%), sendo responsáveis por aproximadamente 52% do total da produção mundial (EPE, 2011a). De acordo com Silva (2002), o Brasil é o maior produtor de hidreletricidade na América Latina, com mais de 600 barragens e possibilidade de aumento para mais de 1.000, até 2015.

Segundo ANA (2005), o potencial hidrelétrico brasileiro representa uma indiscutível vantagem comparativa em relação às matrizes elétricas adotadas por outros países, que utilizam principalmente os combustíveis fósseis, ou ainda centrais nucleares, para geração de energia elétrica. Além de se tratar de uma fonte abundante e renovável, a tecnologia necessária para a construção de tais aproveitamentos é amplamente estudada e bem desenvolvida no Brasil, servindo de referência para outros países (MMA, 2006a). Fato mais impressionante é que apenas cerca de 30% do potencial hidrelétrico nacional foi explorado, baixo percentual quando comparado com países desenvolvidos (ANEEL, 2008).

---

<sup>1</sup> IEA – International Energy Agency. **Key world energy statistics**. Paris: IEA, 2008. Disponível em <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/kwes.pdf>. Acesso em 07 de janeiro de 2010.

Conforme pode ser observado na Figura 1, dentro da oferta de energia disponível no país, a hidreletricidade perde, ainda, para outros tipos de energia não renováveis (como o petróleo, por exemplo).

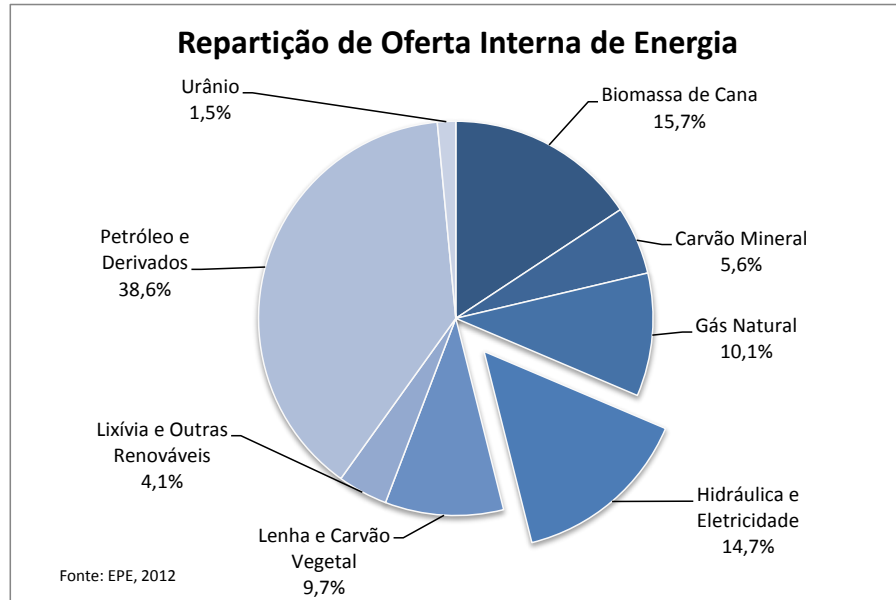


FIGURA 1 - GRÁFICO DA REPARTIÇÃO DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA NO BRASIL  
FONTE: EPE, 2012

No entanto, quando se avalia a matriz de energia elétrica brasileira, observa-se a relevância da hidreletricidade em relação às demais fontes deste tipo de energia (Figura 2).

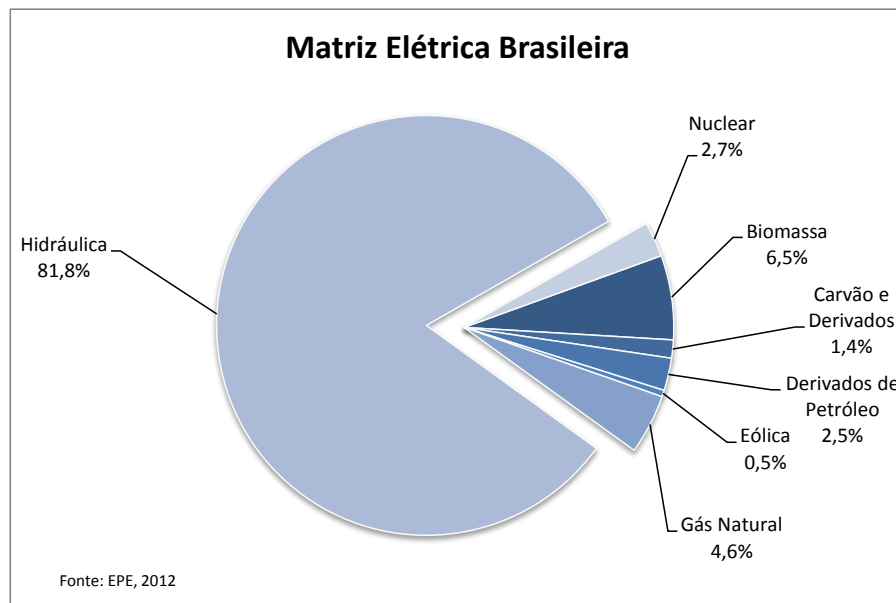


FIGURA 2 - GRÁFICO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA  
FONTE: EPE, 2012

Há poucos anos, as hidrelétricas representavam cerca de 90% da capacidade instalada no país. Em 2008, essa participação recuou para cerca de 75%. O fenômeno foi resultado da construção de usinas baseadas em outras fontes de energia (como termelétricas movidas a gás natural e a biomassa) em ritmo maior que aquele verificado nas hidrelétricas. Também contribuíram para esta redução, os constantes avanços tecnológicos no sentido de inserir fontes não convencionais na matriz energética brasileira (ANEEL, 2008; ITAIPU, 2010). No entanto, a geração de energia a partir de fontes hidráulicas deu suporte ao desenvolvimento do país no século XX e continua sendo relevante até o presente. De acordo com EPE (2011b), é de se esperar que, mesmo com o provável aumento de diferentes fontes de energia, a energia hidrelétrica continue sendo preponderante no país.

Grande parte do potencial hidrelétrico brasileiro encontra-se na região Amazônica (41%), embora pouco explorado (1%). Em termos de esgotamento dos potenciais, verifica-se que a bacia mais saturada é a do Paraná, com índices de aproveitamento (razão entre potencial aproveitado e existente) de 64%. Dentro desta bacia hidrográfica, os maiores índices são observados nos rios Grande, Tietê, Paranaíba e Iguaçu, respectivamente. (ANEEL, 2002; ANA, 2005).

De acordo com dados da EPE, a oferta de energia elétrica no país precisa crescer 42.600 megawatts (MW) nos próximos dez anos, para atender a demanda já latente no Brasil. Visando a ampliação do parque energético brasileiro, entre três e quatro usinas hidrelétricas devem entrar em operação por ano. Ainda de acordo com a EPE, já estão planejadas mais 34 novas usinas hidrelétricas até 2021, sendo 15 delas na Amazônia Legal (CARVALHO, 2012). As tabelas seguintes ilustram algumas das maiores usinas hidrelétricas brasileiras em relação à capacidade instalada ou área inundada, bem como os maiores empreendimentos hidrelétricos em construção ou licitação no país.

TABELA 1 - MAIORES USINAS HIDRELÉTRICAS EM FUNCIONAMENTO NO BRASIL

Usina	Localização	Capacidade	Área Alagada
Itaipu Binacional (PR)	rio Paraná	14.000 MW	1.350 km <sup>2</sup>
Tucuruí (PA)	rio Tocantins	8.370 MW	2.430 km <sup>2</sup>
Complexo Paulo Afonso (BA)*	rio São Francisco	3.984 MW	115 km <sup>2</sup>
Ilha Solteira (SP/MG)	rio Paraná	3.400 MW	1.077 km <sup>2</sup>
Xingó (AL/SE)	rio São Francisco	3.162 MW	60 km <sup>2</sup>
Sobradinho (BA)	rio São Francisco	1.050 MW	4.214 km <sup>2</sup>
Balbina (AM)	rio Uatumã	275 MW	2.360 km <sup>2</sup>

\* Complexo hidrelétrico composto por cinco aproveitamentos

Fonte: SPERLING (1999); SANTOS-JÚNIOR *et al.* (2003); BRASIL (2013)

Quanto à razão entre a área alagada e a capacidade de geração pode-se observar diferença entre algumas das usinas listadas na Tabela 1 e as relacionadas na Tabela 2. De acordo com MME (2011), a média nacional é de  $0,49 \text{ km}^2 \cdot \text{MW}^{-1}$ . Quanto menor o valor, menor é a área alagada para a geração de 1 MW de energia. Desta forma, quanto menor o valor deste índice de aproveitamento, é esperado um menor impacto ambiental pela formação do reservatório. No caso da UHE Sobradinho, a relação é de  $4,01 \text{ km}^2 \cdot \text{MW}^{-1}$ , e com relação à UHE Balbina, o valor é ainda maior, cerca de  $8,6 \text{ km}^2 \cdot \text{MW}^{-1}$ .

Atualmente, nas usinas em construção ou em licitação (Tabela 2), o valor de tal relação é, de forma geral, inferior a  $0,10 \text{ km}^2 \cdot \text{MW}^{-1}$ . Esta situação é fruto da evolução das tecnologias de geração, bem como das pressões da sociedade no sentido de buscar alternativas ambientalmente mais corretas. Recentemente, no polêmico projeto da UHE Belo Monte, uma das medidas tomadas para mitigar os impactos causados pela construção do empreendimento foi a redução da cota de operação do reservatório, diminuindo a área do lago de  $1.225 \text{ km}^2$  para  $516 \text{ km}^2$ . Com isto, a relação área alagada x potencial de geração caiu pela metade, cerca de  $0,05 \text{ km}^2 \cdot \text{MW}^{-1}$ .

TABELA 2 - MAIORES USINAS HIDRELÉTRICAS EM CONSTRUÇÃO OU LICITAÇÃO NO BRASIL

Usina	Localização	Capacidade	Futura Área Alagada
Belo Monte (AM)	rio Xingu	11.233 MW	$516 \text{ km}^2$
São Luiz do Tapajós (PA)	rio Tapajós	7.880 MW	$722 \text{ km}^2$
Jirau (RO)	rio Madeira	3.750 MW	$258 \text{ km}^2$
Santo Antônio (RO)	rio Madeira	3.150 MW	$271 \text{ km}^2$
Jatobá (PA)	rio Tapajós	2.338 MW	$646 \text{ km}^2$

\* Fonte: BRASIL (2013)

A construção de usinas “a fio d’água” tem se tornado uma alternativa para a redução da área do reservatório. No entanto, mesmo esta alternativa não é unanimidade entre os gestores do sistema elétrico. Uma das críticas a este tipo de projeto é que usinas a fio d’água estão mais sujeitas a alterações no regime de chuvas, enquanto às aquelas com reservatórios podem regularizar as vazões de jusante e mantêm um estoque de água que assegura a geração de energia, mesmo em períodos de menor pluviosidade. Ainda assim, é inegável a redução do impacto ambiental com a redução da lâmina de água.

De acordo com ANA (2005), um dos potenciais problemas causados pela implantação de usinas hidrelétricas é a área inundada para a formação do reservatório e suas consequências sobre o meio físico e biótico, bem como sobre as populações atingidas. Ainda segundo ANA (2005), estas preocupações são, atualmente, ainda maiores, uma vez

que a maior parte do potencial hidrelétrico remanescente hoje no país está localizada em áreas de condições socioambientais delicadas, em territórios indígenas, em áreas de preservação ou, ainda, em áreas fortemente influenciadas por ocupações antrópicas.

Segundo Tundisi e Tundisi (2008), todos os continentes contam com represas construídas em seus principais cursos de água, ocasionando uma série de impactos negativos, mas, no entanto, gerando também eventos positivos. A Tabela 3 lista impactos positivos e negativos da construção de represas.

Ainda de acordo com os autores supracitados, o panorama mundial dos reservatórios hidrelétricos engloba mais de 10.000 km<sup>2</sup> de águas represadas, ocupando uma área de, aproximadamente, 65.000km<sup>2</sup>.

TABELA 3 - IMPACTOS POTENCIAIS DA CONSTRUÇÃO DE REPRESAS

Efeitos	Positivos	Negativos
Ambientais	Harmonia paisagística pela presença do lago.	Retirada excessiva de água; Perda de habitat; Perda de biodiversidade aquática e terrestre; Deslocamento de animais selvagens; Alterações na qualidade da água; Introdução de espécies exóticas; Alterações de fluxo da água restituída; Redução do oxigênio no fundo do reservatório e nas vazões liberadas; Redução da temperatura e do material em suspensão nas vazões liberadas; Produção de gases de efeito estufa; Retenção de sedimento carregado.
Econômicos	Disponibilidade de água reservada para o abastecimento e irrigação; Produção de energia (hidreletricidade); Geração de empregos; Criação de oportunidades de recreação e turismo; Aumento da possibilidade de pesca e aquicultura; Navegação; Promoção de novas alternativas econômicas regionais.	Necessidade de compensação de propriedades e madeira.
Sociais	Aumento de opções de lazer; Fonte de água para abastecimento; Armazenamento de água para períodos de seca; Regularização de vazões e controle de enchente.	Perda de recursos hídricos; Emigração humana excessiva; Deterioração das condições da população original; Problemas de saúde pela propagação de doenças de veiculação hídrica; Perda de valores estéticos; Perda de patrimônio cultural.

Fonte: Modificado a partir de AGOSTINHO, JÚLIO-JÚNIOR E BORGUETTI (1992), GOODWIN *et al.* (2006) e TUNDISI e TUNDISI (2008)



## 2.2 Legislação sobre recursos hídricos relacionada à geração de energia

As características da matriz energética brasileira, discutidas anteriormente, têm reflexo direto na legislação de recursos hídricos do país. Segundo ANA (2005), além da própria lógica interna do sistema, que envolve políticas e ações voltadas à regulação e controle do uso dos recursos hídricos em uma notada interface com os outros usuários da água, existe a necessidade de articulação e adequação com outras instituições envolvidas no processo de aprovação dos aproveitamentos.

No intuito de manter a qualidade e a quantidade de água disponível para seus habitantes, de forma a assegurar o acesso a este bem da humanidade, o Estado legislou sobre tal tema, estabelecendo o Direito das Águas Brasileiras. Segundo Pompeu (2006), o direito das águas pode ser conceituado como um “conjunto de princípios e normas jurídicas que disciplinam o domínio, uso, aproveitamento, a conservação e a preservação das águas, assim como a defesa contra suas danosas consequências”.

Desde o início do século XX, o Brasil vem legislando sobre o assunto e estabelecendo políticas públicas que visam à normatização do uso da água no país. O Código das Águas Brasileiro, definido pelo Decreto nº 24.643 de 1934 (BRASIL, 1934) foi escrito em um contexto histórico relacionado à expansão industrial do início do século passado, quando o recurso hídrico era visto como uma alavanca para progresso do país através da geração de energia elétrica (CETESB, 2012). Segundo Carvalho *et al.* (2008), o Código das Águas foi fortemente influenciado pela demanda das companhias elétricas, em franco processo de surgimento e crescimento e que, no entanto, estavam limitadas visto que os poderes concedentes de aproveitamentos dos recursos hídricos eram exclusivamente dos estados e municípios.

Ainda segundo Carvalho *et al.* (2008), um novo arcabouço legal para a gestão de recursos hídricos passou a ser delineado na Constituição Federal (BRASIL, 1988). Em seu Artigo 20, determinou que todas as águas brasileiras são bens públicos de domínio dos Estados ou da União, sendo que os rios transfronteiriços (país ou estado), ou ainda, os que atravessam mais de um estado ou país pertencem à União, e os demais são águas estaduais. O gerenciamento dos usos múltiplos da água e dos conflitos decorrentes de tal premissa era

o grande desafio da União e de seus Estados, dentro da política descentralizadora, aplicada pela Federação.

Conhecida como “Lei das Águas”, a Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997b) instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos brasileiro. Seu primeiro artigo estabelece os fundamentos desta política, determinando que a água é um recurso natural limitado, um bem de domínio público, dotado de valor econômico. Estes fundamentos também estabelecem que a gestão da bacia hidrográfica (unidade de gestão) deve ser descentralizada, visando o uso múltiplo das águas. A única exceção à regra de atendimento aos usos múltiplos da água também é definida nos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, e está relacionada às situações de escassez, onde o uso prioritário da água passa a ser o consumo humano e a dessedentação de animais.

Também a Lei nº 9.433/97 estabeleceu os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo estes o Plano Nacional de Recursos Hídricos, o enquadramento de corpos de água segundo seus usos preponderantes, a cobrança pelo uso da água, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 1997b). Entre os usos sujeitos à outorga, cita aproveitamentos dos potenciais hidrelétricos e outros usos que alteram a qualidade, a quantidade ou o regime de vazão de um corpo de água.

Sobre a compensação financeira dos estados e municípios relacionada ao alagamento de áreas para a formação de reservatórios, tal direito foi assegurado pela Constituição Federal, em seu Artigo 20, §1º (BRASIL, 1988). No entanto, a mesma foi regulamentada pelas Leis 7990/89, 8001/91 e 9984/00, que instituem a compensação financeira e definem seus percentuais de distribuição (BRASIL, 1989, 1991, 2000). Além destas, resoluções da ANEEL auxiliam no percentual do cálculo destas compensações, métodos de rateio e valores de coeficientes de repasse (ANEEL, 2001a, b, c).

De acordo com Pompeu (2006), a outorga de direito de uso do recurso hídrico está condicionada às prioridades de uso estabelecidas pelos Planos de Recursos Hídricos, respeitando a classe em que o corpo de água está enquadrado e a preservação do uso múltiplo daquele recurso. A outorga para a geração de energia elétrica subordina-se ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, com obediência à legislação específica.

Em 2004, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos estabeleceu, através da Resolução nº 37, diretrizes para a outorga de recursos hídricos para a implantação de barragens em corpos de água de domínio dos Estados, do Distrito Federal ou da União. Esta resolução (BRASIL, 2004) define que as regras de operação dos reservatórios, o plano de ação de emergência e o plano de contingência poderão ser reavaliados pela autoridade outorgante, e mais especificamente pela ANA no que lhe couber, considerando-se os usos múltiplos, os riscos decorrentes de acidentes e os eventos hidrológicos críticos. A Resolução também determina que o usuário deve implantar e manter monitoramento do reservatório (também a montante e jusante), encaminhando esta avaliação à autoridade outorgante (ANA, 2005).

No intuito de atender aos múltiplos usos da água, os reservatórios e rios relacionados a empreendimentos hidrelétricos também ficam sujeitos às definições de características de qualidade de água por classe de enquadramento, estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

### *2.2.1 Legislação pertinente no estado do Paraná*

A Constituição do Estado do Paraná, de outubro de 1989, não trata da gestão dos recursos hídricos, reproduzindo as disposições da Constituição Federal. Sobre aproveitamentos energéticos da água, institui que os mesmos devem ser acompanhados por comissão parlamentar nomeada pela Assembleia Legislativa (POMPEU, 2006).

No estado do Paraná, a Lei nº 12.726 (PARANÁ, 1999) instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e criou o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo que no ano seguinte, pelos Decretos nº 2.314 e nº 2.315 (PARANÁ, 2000a; 2000b) foram instituídos o Conselho Estadual de Recursos Hídricos e o processo de criação de Comitês de Bacias Hidrográficas, respectivamente. Em 2010, ambos os decretos foram revogados, sendo editados novos documentos com o intuito de regulamentar o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (Decreto Estadual nº 9.129/10, PARANÁ, 2010a) e regulamentar o processo de instituição de Comitês de Bacia Hidrográfica (Decreto Estadual nº 9.130, PARANÁ, 2010b).

No ano de 2000, o Decreto Estadual nº 2.317 (PARANÁ, 2000c) estabeleceu as atribuições da SEMA - Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e da

SUDERHSA - Superintendência Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, no âmbito das políticas de recursos hídricos do Estado. Em outubro de 2009, a SUDERHSA foi extinta, e com as mesmas atribuições foi criado o Instituto das Águas do Paraná - Águas Paraná (Águas Paraná, 2013).

Em 2001, foi editado o Decreto Estadual nº 4.646 (PARANÁ, 2001), que dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, além de outras providências. Em seu Artigo IV, o Decreto define que o uso da água para aproveitamentos hidrelétricos está sujeito à outorga de direito de uso. Além disto, determina que a outorga de direitos de uso de recursos hídricos para fins de aproveitamentos de potenciais hidrelétricos deverá ser efetivada em articulação com a ANA, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, e com a ANEEL, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, observando-se o § 1º do art. 7º da Lei Federal nº 9.984.

Com relação ao enquadramento dos corpos de água do Estado, diversas portarias foram editadas, no sentido de enquadrar os cursos de água paranaenses. Estas portarias foram editadas entre os anos de 1989 e 1992, e já existem estudos para a proposta de um novo enquadramento para os rios do Estado (MARIN *et al.*, 2007).

A Portaria nº 20 da SUREHMA é datada de 1992, e enquadra os cursos de água da Bacia do rio Iguaçu (PARANÁ, 1992). Neste documento, todos os rios de domínio do Estado foram enquadrados na Classe 2, com poucas exceções. O curso principal do rio Iguaçu, no entanto, apresenta trechos de fronteira (Paraná e Santa Catarina). Nesta situação, o mesmo pode ser designado como transfronteiriço, ficando seu enquadramento sob responsabilidade da ANA (Agência Nacional de Águas). Desta forma, torna-se aplicável o Capítulo VI, Artigo 42, da Resolução CONAMA nº 357: “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, as salinas e salobras Classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente” (BRASIL, 2005).

### 2.2.2 *Legislação pertinente aos empreendimentos em estudo*

Os empreendimentos em estudo foram outorgados à COPEL através dos Decretos presidenciais nº 72.293 (Foz do Areia), nº 84.209 (Segredo) e nº 84.680 (Caxias) (BRASIL, 1973; 1979 e 1980).

### 2.3 *Usos múltiplos da água*

Segundo Lanna (1999), a sociedade moderna aumentou, sobremaneira, a diversidade de uso das águas, elevando a complexidade deste requisito com o surgimento de demandas conflitantes, advindas de setores distintos da sociedade. Estas situações, cada vez mais frequentes, requerem a harmonização dos diversos usos e sistemas, com a aplicação de legislação e regulamentação, com o aumento da oferta, e com o uso de metodologias de gestão integrada, que visem aumentar ou adequar a disponibilidade hídrica com as diferentes demandas.

Os usos múltiplos da água podem ser divididos em usos consuntivos e os usos não-consuntivos da água. O primeiro é definido quando há perda entre o que é captado e o que é restituído ao curso natural. Usos não-consuntivos podem ser entendidos como aqueles que não implicam em retirar a água das coleções hídricas. Abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais são exemplos de usos consuntivos. Recreação, harmonia paisagística, geração de energia, conservação da natureza, navegação e transporte, pesca, diluição de efluentes são exemplos de usos não consuntivos (BARP e LOUZADA, 2008).

A Lei nº 9.433/97 estabelece, em seu Artigo 1º, Inciso IV, que “a gestão do recurso hídrico deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”. A Resolução CONAMA nº 357 define critérios de qualidade para o atendimento destes múltiplos usos, ordenando o recurso hídrico em classes de enquadramento, em um conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros, das águas doces, salinas e salobras. A Tabela 4 lista os usos preponderantes das classes de enquadramento das águas doces (BRASIL, 2005).

De acordo com Lanna (1999), o uso múltiplo das águas pode ser a primeira opção de gestão, mas também é uma consequência do desenvolvimento econômico. A integração

destes usos é a opção existente e que deve contar com políticas públicas que visem dirimir os conflitos entre os usos e seus usuários.

TABELA 4 - USOS PREPONDERANTES DAS CLASSES DE ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS DOCES, SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357

Classe de Enquadramento	Usos Propostos
Classe Especial	Águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após desinfecção; Águas destinadas à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	Águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Águas destinadas à proteção das comunidades aquáticas; Águas destinadas à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/00; Águas destinadas à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; Águas destinadas à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	Águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Águas destinadas à proteção das comunidades aquáticas; Águas destinadas à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/00; Águas destinadas à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; Águas destinadas à aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 3	Águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; Águas destinadas à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Águas destinadas à pesca amadora; Águas destinadas à recreação de contato secundário; Águas destinadas à dessedentação de animais.
Classe 4	Águas destinadas à navegação; Águas destinadas à harmonia paisagística.

Fonte: BRASIL (2005)

Entre os diversos usos da água está a geração de energia. Conforme exposto por ANA (2005), cabe ressaltar que, além do atendimento aos múltiplos usos da água, os reservatórios do setor elétrico prestam, historicamente, relevante serviço à sociedade, ao atuar no controle de cheias e regularização de vazões.

### 2.3.1 Disponibilidade hídrica

O Brasil é um dos países que se destaca pela grande disponibilidade hídrica, em comparação com os demais. Considerando a vazão média dos rios ( $\text{km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ), é o país mais rico do mundo, com 12% do total da água doce existente no mundo. Apesar da distribuição

irregular das chuvas, mais de 90% do território nacional apresenta uma pluviosidade entre 1.000 e 3.000 mm.ano<sup>-1</sup> (CARVALHO *et al.*, 2008).

Também no tocante à construção de estruturas para a reservação de águas, o Brasil, juntamente com a Rússia, Estados Unidos, Canadá, China, Índia e México detém mais da metade dos reservatórios do planeta (AVAKYAN e IAKOVLEVA, 1998).

Ainda assim, mesmo com tal abundância do recurso hídrico, e reconhecendo a distribuição irregular da água no território nacional, problemas relacionados à disponibilidade hídrica no Brasil estão fortemente relacionados ao aumento das demandas localizadas (centros urbanos e industriais, concentração de atividades agrossilvopastoris), como também com a intensa degradação da qualidade das águas superficiais. Segundo Linhares (2006), a redução da disponibilidade hídrica pode gerar colapso na geração e distribuição de energia, além do racionamento de água e de problemas na agricultura.

Esta situação se agrava diretamente com a falta de planejamento do uso do solo e da própria expansão do consumo, além do uso não sustentável e não otimizado da água pela população (LINHARES, 2006; FREIRE, 2009).

Buzelli e Cunha-Santino (2013) afirmam que o homem tem explorado a água de forma não sustentável, ocasionando baixa qualidade dos recursos hídricos e também sua escassez. Também contribuem para este desequilíbrio ambiental a diversificação dos usos múltiplos, a destruição de áreas alagadas, a supressão de vegetação ciliar, a poluição e a contaminação dos corpos hídricos pelo despejo efluentes não tratados.

Segundo Linhares (2006), a questão da disponibilidade de água doce tem sido intensamente debatida, uma vez que menos de 0,1% da água do planeta é apropriada ao consumo humano. É importante ressaltar que a garantia da disponibilidade hídrica não representa diretamente a garantia de água de qualidade adequada para o consumo. Ainda segundo Linhares (2009), a displicência com a água no planeta deve-se, provavelmente, ao fato de ser um recurso natural “renovável” erroneamente interpretado como “inacabável”.

### 2.3.2 *Qualidade de água e problemas relacionados*

De acordo com Merten e Minella (2002), “qualidade da água” não é um termo que se aplica ou se restringe somente à determinação do grau de pureza do recurso hídrico, mas

às características desejadas para que seus mais diversos usos sejam atendidos. Von Sperling (2005) distingue a qualidade de água existente, como a qualidade efetiva, relacionada ao uso do solo na bacia e a qualidade de água desejada como o uso previsto para tal recurso.

Do ponto de vista meramente econômico, pode-se avaliar que a queda na qualidade do recurso hídrico tem cada vez mais restringido o desenvolvimento econômico e o progresso social, especialmente em países em desenvolvimento (BU *et al.*, 2010). No entanto, exatamente pela precariedade dos sistemas de saneamento de países em desenvolvimento, as águas superficiais se encontram em estado de risco, tornando-se vulneráveis à poluição causada pela sua fácil acessibilidade para a eliminação de águas residuais.

Uma análise geral sobre as regiões hidrográficas brasileiras permite constatar que é recorrente o comprometimento da qualidade da água para abastecimento público devido ao lançamento de efluentes, sobretudo esgotos domésticos. Diante da importância deste setor, fica explicitada uma demanda nacional que se refere ao saneamento, envolvendo abastecimento de água, coleta e tratamento de efluentes (MMA, 2006b). Este problema não é novo, ou exclusivo de águas brasileiras. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de Azevedo-Netto (1988) que comenta sobre degradação da qualidade da água de lagos alpinos, como o Lago Morat (Suíça), onde o florescimento de algas, em decorrência de eutrofização antrópica, já havia sido registrado no ano de 1825.

O comprometimento da qualidade da água também está associado aos lançamentos de efluentes oriundos da indústria, que mesmo ocorrendo pontualmente, apresentam maior diversidade na sua composição (MMA, 2006b). Atualmente, em todas as esferas das atividades humanas, grande quantidade de água é utilizada, geralmente, além do volume necessário. Em função do uso excessivo e descuidado, elevada quantidade de água é retirada dos ecossistemas e tem sua qualidade deteriorada. O crescente aumento da demanda por água doce é uma manifestação do aumento do número de consumidores. Ainda assim, o consumo excessivo e não planejado, o mau uso, a poluição, a eutrofização e a depleção dos reservatórios de água subterrânea, e não apenas o aumento da população consumidora, são as causas reais da degradação da água doce (KHAN e ANSARI, 2005).

No tocante aos usos concorrentes intersetoriais, destacam-se duas interferências principais. A primeira refere-se às interferências de geração de energia elétrica com setores



de navegação, pesca, turismo e lazer. A segunda interferência diz respeito ao elevado consumo de água do setor de irrigação, que influencia na disponibilidade para outros setores e para a própria irrigação (MMA, 2006b).

A relação entre a ocupação agropecuária das terras e características físicas da bacia hidrográfica (solos e relevos) também requer atenção. Verifica-se a ocorrência frequente de ocupação antrópica em terras inaptas à atividade agrícola. Dada a extensão das terras ocupadas inadequadamente, os impactos sobre os recursos hídricos são diretos. Entre os problemas causados pelo uso de terras inaptas está a erosão hídrica, que contribui para a perda de solo e carreamento de sedimentos, afetando a rede de drenagem. A melhoria na condição ambiental, nestas situações depende de reforço nas ações de assistência técnica aos produtores rurais, para estimular a otimização do uso das terras aptas e reverter a condição de degradação dos recursos naturais pela ocupação de terras desfavoráveis à prática agrícola (MMA, 2006b).

Somam-se a estes aspectos a necessária articulação com alguns dispositivos legais a serem considerados para que o planejamento da política de recursos hídricos contemple aspectos do ordenamento territorial e urbano (MMA, 2006b).

A influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água de uma bacia hidrográfica vem sendo objeto de estudos (DORNELLES, 2003; MERENDA, 2004; SANTOS, 2006; BONNET, 2007; SILVA, ANGELIS e MACHADO, 2009; RABELO *et al.*, 2009). Pode-se citar, por exemplo, o exposto por Veronez (2011) sobre a retirada de florestas. Tal autor indica que a remoção de regiões florestadas para a instalação de sistemas de produção agrícola, pastagens, ou ainda para criação de centros urbanos afeta, não somente a paisagem local, mas também atua diretamente na modificação das características da qualidade das águas.

Já em centros urbanos, o principal problema de qualidade de água é o lançamento de esgotos domésticos, pois apenas 47% dos municípios brasileiros possuem rede coletora de esgoto e somente 18% dos esgotos recebem algum tratamento. A carga orgânica doméstica do país, medida em DBO, é estimada em  $6.389 \text{ t.dia}^{-1}$  (MMA, 2006b).

Um dos principais processos que vem a comprometer os usos da água é a eutrofização. De acordo com Rast e Thornton (1996), a eutrofização é um processo e não um estado, e pode ser definida como o enriquecimento de corpos de água por nutrientes assimiláveis por plantas, como o nitrogênio e o fósforo, e os efeitos subsequentes na

qualidade da água e na estrutura e função do componente biológico. Ainda de acordo com os autores supracitados, eutrofização é um processo de envelhecimento dos lagos, seja por fontes autóctones ou alóctones de nutrientes e matéria orgânica, a partir da bacia de drenagem. Estes aportes gradualmente diminuem a profundidade do corpo hídrico, e aumentam a produção interna, ao ponto do lago tomar forma de pântanos, de pântanos em áreas alagadas, até finalmente um ambiente de características terrestres. Em condições naturais, ou seja, sem a interferência do homem, este processo ocorre ao longo de eras geológicas. No entanto, a influência humana na bacia de drenagem pode contribuir amplamente para acelerar o processo de enriquecimento, diminuindo rapidamente a utilidade do corpo de água, muitas vezes dentro de décadas.

Este processo é chamado de eutrofização cultural (RAST e THORNTON, 1996) e pode ser distinto da eutrofização natural da seguinte forma: a primeira é uma consequência do processo de envelhecimento do corpo hídrico e a segunda é um sintoma do desbalanço provocado pelo homem nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes.

As causas da eutrofização estão geralmente relacionadas às características da bacia de contribuição e seus efeitos são complexos (DWAF, 2002). De acordo com Khan e Ansari (2005), a elevação na concentração de fósforo (acima de  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e também de nitrogênio (acima de  $2,5 \text{ mg.L}^{-1}$ ), macronutrientes essenciais para o metabolismo e crescimento de plantas e animais, é uma das principais causas do processo de eutrofização.

Outros autores, como Davis *et al.* (2006), avaliam, por exemplo, que ao menos em ecossistemas australianos, também a radiação solar e a estratificação térmica participam como fatores decisivos neste processo.

Problemas relacionados à eutrofização cultural podem ser elencados em diversas áreas, principalmente ecológica, socioeconômica e de saúde pública. Na esfera ambiental, os prejuízos da eutrofização são muitos. Variam de alterações na paisagem, perda de diversidade específica e modificação da biota dominante, aumento da biomassa de plantas e animais, redução na penetração da luz, restrição da reoxigenação pela ação dos ventos, elevação da turbidez e elevações de pH da água (ESTEVES, 1998; KHAN e ANSARI, 2005; MOTA, 2006; MASON, 1998<sup>2</sup> *apud* LAMPARELLI, 2004). Este processo afeta diretamente a

---

<sup>2</sup> MASON, C.F. **Biology of Freshwater Pollution**. Longman Editors. 1998. 359 p.

biota aquática, em função das baixas concentrações de oxigênio dissolvido, podendo levar, por exemplo, à rápida mortandade de peixes.

Entre os problemas socioeconômicos pode-se citar o aumento do custo do tratamento de água com a instalação de sistemas mais elaborados, implantação de políticas de monitoramento, depreciação do valor venal de áreas com rios ou lagos eutrofizados, em função de alterações estéticas e nas características organolépticas da água. Pesquisa realizada no Reino Unido (PRETTY *et al.*, 2002<sup>3</sup> *apud* LAMPARELLI, 2004) mostra correlação positiva entre a eutrofização das águas daquele país e a elevação dos custos associados ao sistema de tratamento, com perdas anuais estimadas entre 75 e 114 milhões de libras esterlinas. Valorando a perda total deve-se ainda adicionar o valor de 54,8 milhões, gastos anualmente em ações específicas de implantação de políticas de controle e monitoramento.

Na área da saúde pública, o problema de eutrofização está relacionado à elevação na concentração de células de algas, principalmente, cianobactérias (PITOIS, JACKSON e WOOD, 2001). Potenciais produtoras de toxinas, que além de fazer mal ao homem (inclusive a morte), também podem ser bioacumuladas em diversos níveis da cadeia trófica. De acordo com Chorus e Bartram (1999), os relatos desta ocorrência são diversos, em todos os continentes, com registro de prejuízo à saúde humana, seja pelo uso da água contaminada para abastecimento, seja por recreação de contato primário. Os autores também registram que águas com florações já foram utilizadas para a dessedentação de animais, que padeceram pelo contato com estes microrganismos. No Brasil, a morte de 52 pacientes de hemodiálise ocorrida em Caruaru, Pernambuco, em 1996, foi um terrível registro no histórico de problemas de cianobactérias e saúde pública (AZEVEDO *et al.*, 2002).

Especificamente no caso de reservatórios hidrelétricos, o aporte de matéria orgânica a partir do processo de eutrofização promove o aumento da taxa de sedimentação de partículas, diminuindo a vida útil dos reservatórios. Também não são raras situações de insalubridade em plantas de geração de energia pelo mau cheiro gerado pela decomposição de algas nos picos de eventos de floração. Macrófitas aquáticas, também beneficiadas pelo excesso de nutrientes podem encalhar em grades de proteção de turbinas, aumentando o custo de manutenção, uma vez que a máquina deve ser desligada para limpeza, paralisando assim o processo de geração de energia (LAMPARELLI, 2004).

---

<sup>3</sup> PRETTY, J.N.; MASON, C.F.; NEDWELL; HINE, R.E. **A preliminary assessment of environmental costs of eutrophication of freshwaters in England and Wales.** University of Essex, Colchester (UK). 2002. 57p.

## 2.4 Reservatórios artificiais

Menos de 3% de toda a água do planeta é de água doce (Figura 3). Lagos naturais contém mais de 50% deste total, sendo que deles dependem centenas de milhares de pessoas, especialmente para potabilidade.

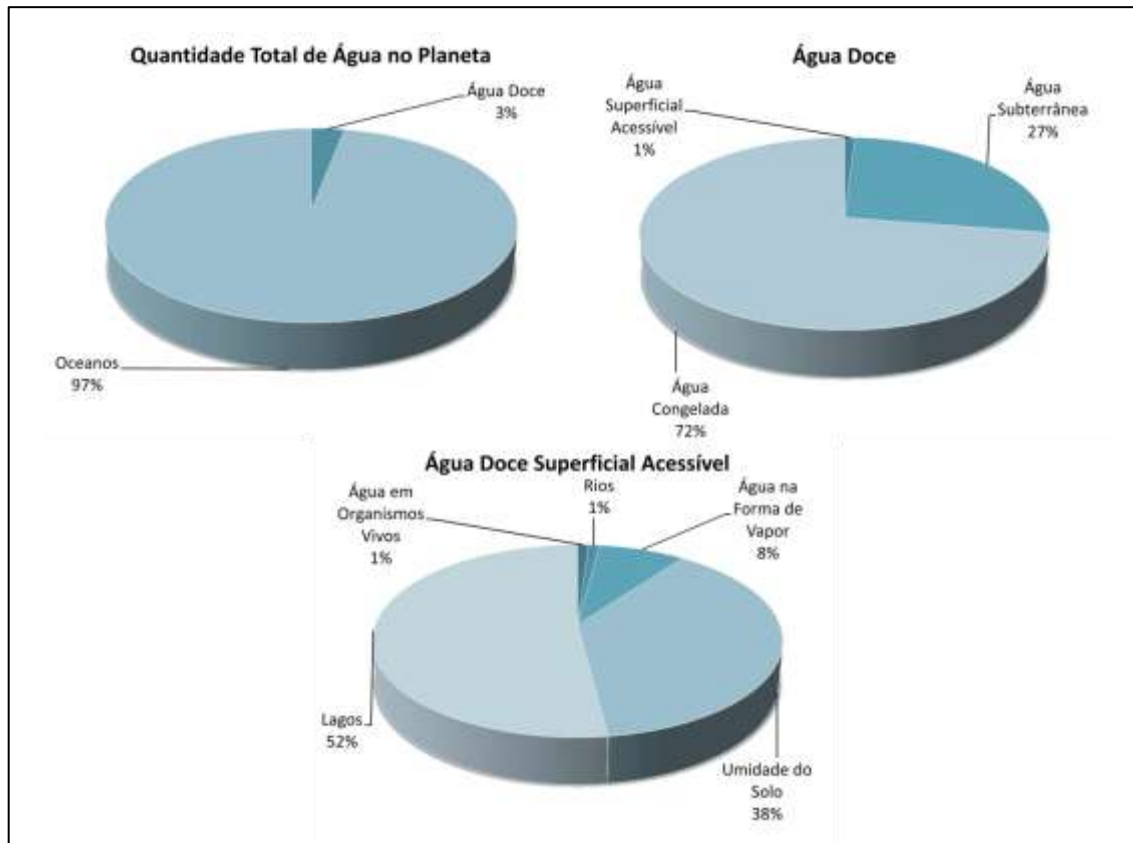


FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO MUNDO

Fonte: NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2007), modificado pelo autor (2014)

Em função da escassez relativa de lagos naturais em ambientes tropicais, é de se esperar que, nestas regiões, a construção de reservatórios seja comum, especialmente em paralelo ao seu desenvolvimento econômico e seu crescimento populacional que requerem estoques estáveis de água e energia. Desta forma, é possível que reservatórios sejam a tipologia de lago predominante em muitas regiões (DINAR *et al.*, 1995; ATOBATELE e UGWUMBA, 2008).

Reservatórios artificiais são sistemas aquáticos modificados, complexos e dinâmicos, de importância estratégica. Recebem águas de amplas áreas (bacias de drenagem) em comparação ao tamanho do reservatório, e desta forma são especialmente

vulneráveis a mudanças no regime de vazão e na qualidade da água dos rios. São utilizados para diversos usos que interferem na qualidade de suas águas, nos mecanismos de funcionamento e a sucessão das comunidades aquáticas em rios e bacias hidrográficas. Entre suas funções, atuam na manutenção das vazões de cursos de água e atendimento à variação da demanda por água (LEWIS, 2000; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Avakyan e Iakovleva (1998), em um estudo sobre o status dos reservatórios mundiais, comentam que, anualmente, centenas de novos lagos artificiais são construídos no planeta, e como consequência deste fato, no final da década de 90, existiam mais de 60.000 reservatórios, com capacidade total de 6.500 km<sup>3</sup> e uma lâmina de água, que somada, atingia 400.000 km<sup>2</sup>.

Segundo Lima *et al.* (2010), fazer uso dos rios para a construção de uma sequência de reservatórios é uma prática comum em grandes rios brasileiros. Reservatórios em cascata são empreendimentos localizados no mesmo rio, também chamados de reservatórios em cadeia. No que tange a qualidade da água, reservatórios em cascata caracterizam-se pela transferência de efeitos do reservatório a montante para os de jusante. De forma geral, no primeiro reservatório da cadeia (mais a montante), a qualidade de água esperada é a mesma de qualquer reservatório isolado (não em cascata). No entanto, nos reservatórios a jusante do primeiro, a situação é distinta. A capacidade que um reservatório tem em influenciar a qualidade da água de outro a jusante depende de suas características morfológicas e hidrológicas, como profundidade (profundos ou rasos), morfometria (dendríticos ou lineares), ou ocorrência de estratificação térmica (estratificados ou não). A distância entre os reservatórios ao longo do curso de um rio também é preponderante, sendo os efeitos mais significativos quando os reservatórios são mais próximos (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

O conceito do Contínuo em Cascatas de Represas (CRCC - para "*Cascading Reservoir Continuum Concept*") foi proposto por Barbosa *et al.* (1999). De acordo com os autores citados, independentemente da interrupção da continuidade do rio, reservatórios ao longo de uma sequência longitudinal apresentam significativa interconectividade entre si. Os autores supracitados indicam algumas características observáveis em reservatórios em cascata, com base no trabalho de Straskraba (1990). Como exemplos, algumas alterações podem ser citadas: alterações na temperatura da água dos reservatórios a jusante, alterações químicas na qualidade da água dos reservatórios a jusante e efeitos indiretos nos processos biológicos e químicos.

No Brasil, algumas cascatas de reservatório se destacam, seja pela quantidade de empreendimentos, seja pelo porte do rio represado. Podem ser citadas as cascatas do médio rio Tietê (SP): Reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava, Três Irmãos e Jupiaá; do rio Paranapanema (PR/SP): Reservatórios de Jurumirim, Chavantes, Salto Grande, Canoas II, Canoas I, Capivara, Taquaruçu e Rosana; do alto rio Jacuí (RS): Reservatórios de Passo Real, Jacuí, Itaúva e Dona Francisca; do rio São Francisco (BA): Reservatórios de Sobradinho, Itaparica, Apolônio Sales, Paulo Afonso (PA I, II, III, IV) e Xingó; do rio Iguaçu (PR): Reservatórios de Foz do Areia, Segredo, Salto Osório, Salto Santiago e Caxias (BARBOSA *et al.*, 1999; FELISBERTO e RODRIGUES, 2005; WACHHOLZ, PEREIRA FILHO e PEREZ FILHO, 2009).

Barbosa *et al.* (1999) citam também outros sistemas em cascata relevantes mundialmente, a saber: reservatórios de Kama, Volga e Angara (Rússia); Ebro, Guadiana, Tejo e Douro (Espanha e Portugal); Missouri e Colorado (Estados Unidos); reservatórios de Kiev, Kaniv, Kremenchuk, Dniprodzerzhynsk, Dnipro e Kakhovka, no rio Dnieper, na Ucrânia (MINISTRY OF ECOLOGY AND NATURAL RESOURCES OF UKRAINE, 2000) e três principais reservatórios do rio Zambezi, os reservatórios de Kariba, Kafue e Cahora Bassa, na África (MOORE *et al.*, 2007). Avakyan e Iakovleva (1998) elencam estes rios de importância mundial e outros, que já tiveram seus cursos alterados pela construção de reservatórios em cascata, como o rio Columbia (Estados Unidos), o Tennessee (Estados Unidos) e o Paraná (Brasil).

#### 2.4.1 Problemas de qualidade de água em reservatórios hidrelétricos

O problema da disponibilidade de água é atualmente um tema discutido no mundo todo. Esta discussão passa pela avaliação quantitativa de disponibilidade hídrica bem como pela qualidade da água disponível para os diferentes possíveis usos, como recreação, pesca, irrigação, abastecimento público e geração de energia (LAMPARELLI, 2004).

Entre 1978 e 1989, a oferta de energia hidráulica e eletricidade no Brasil cresceu de 8% para 13%. Diferentemente de outros países, onde o pico da construção de reservatórios hidrelétricos foi na década de 60, nas Américas do Sul e Central, o início da construção de reservatórios ocorreu na década de 70, com pico na década de 80 (AVAKYAN e IAKOVLEVA, 1998). No Brasil este fato ocorreu em função da construção de grandes empreendimentos

hidrelétricos, iniciada a partir da primeira crise do petróleo (PIRES, 2009). Atualmente responsável por 14% da matriz energética brasileira, a energia hidráulica advém do barramento de rios e conseqüente formação de reservatórios por todo o país, principalmente localizados nas regiões sul e sudeste (SOARES *et al.*, 2008).

Construídos inicialmente com objetivos específicos (hidreletricidade ou reserva de água), grandes reservatórios, além do uso específico, são utilizados para estimular e impulsionar o desenvolvimento regional. Portanto, o gerenciamento dos reservatórios é uma tarefa complexa, que demanda equipes interdisciplinares com competências para minimizar os impactos, promover a otimização dos usos diversos e gerenciar efetivamente o ecossistema artificial e sua evolução com a bacia hidrográfica (TUNDISI e TUNDISI, 2008). Também é importante considerar que, diferentemente de lagos naturais, reservatórios apresentam características determinadas tanto pela concepção do projeto de engenharia, como relacionadas às regras operacionais vigentes (LAMPARELLI, 2004).

De acordo com Lewis (2000), o manejo de reservatórios de ambientes tropicais difere sobremaneira da forma de gestão de reservatórios temperados. Lagos tropicais são mais sensíveis ao aporte de nutrientes e proporcionalmente, apresentam sinais de eutrofização mais rapidamente em função de alterações na qualidade das águas. Estes ecossistemas estão mais propensos à perda de oxigênio em profundidades no sentido de manter a homeostase ecológica e, desta forma, requerem um maior controle de aportes de cargas orgânicas e de nutrientes do que lagos temperados. Ainda segundo o autor supracitado, na ausência de um manejo direcionado à redução da vulnerabilidade dos lagos e reservatórios tropicais, estes ecossistemas apresentarão uma degradação contínua, impedindo os usos múltiplos da água, como o abastecimento, produção de espécies de interesse comercial e a recreação.

A avaliação da qualidade da água em reservatórios construídos pelo homem deve considerar diferenças significativas que existem entre estes ecossistemas artificiais e lagos naturais. De acordo com Imberger e Hamblim (1982), um lago pode ser definido como um corpo hídrico onde a vazão afluente e efluente é regulada naturalmente pela bacia hidrográfica na qual o lago está inserido. Já reservatórios são estruturas construídas pelo homem, que apresentam fluxo controlado e normalmente escoamento subsuperficiais. De forma geral, reservatórios apresentam maior fluxo de base, também o tempo de residência é consideravelmente menor e o nível de água que pode variar fortemente. Estas diferenças

definem uma avaliação e um ordenamento de relevância de mecanismos físicos consideravelmente diferentes entre ambos os ecossistemas, que podem refletir na qualidade da água.

Nos últimos anos, alguns destes reservatórios vêm passando por alterações na qualidade da água, que comprometem seus usos múltiplos, assegurados por força de lei (BRASIL, 1997b), incluindo a geração de energia. Entre estes problemas, a eutrofização tem papel preponderante.

De acordo com Esteves (1998) e também Nixon (1995), a eutrofização resulta no crescimento excessivo do fitoplâncton e/ou macrófitas aquáticas. Este processo, que pode ser natural, e neste caso, levar décadas para se instalar, através da influência antrópica, torna-se um processo rápido e extremamente deletério para a qualidade da água.

Problemas relacionados à eutrofização estendem-se por diversas esferas ambientais, com ramificações ecológicas, socioeconômicas e na saúde pública, conforme citado anteriormente.

Entre os problemas socioeconômicos podem ser elencados: alteração nas características organolépticas da água (cor, odor e sabor), tornando-a imprópria para consumo e recreação, elevando os custos de tratamento e de manutenção da harmonia paisagística. Também a eutrofização de reservatórios hidrelétricos pode causar problemas como a alteração da composição química da água que atua diretamente nas turbinas e diminuição da vida útil do corpo hídrico pelo assoreamento (KHAN e ANSARI, 2005). Na área da saúde pública, o problema de eutrofização está relacionado à elevação na concentração de células de algas potenciais produtoras de dermató, hepato e neurotoxinas.

Apesar dos importantes avanços na área de limnologia, nas últimas décadas, a eutrofização continua sendo um dos mais importantes problemas a serem trabalhados no sentido da proteção dos ecossistemas aquáticos (SOARES *et al.*, 2008). Os processos físicos, químicos e biológicos relacionados aos efeitos da eutrofização de corpos de água doce são relativamente bem descritos, no entanto, a identificação de fatores que, em conjunto, concorrem para o estabelecimento da eutrofização ainda é objeto de estudo em diferentes ecossistemas, como reservatórios hidrelétricos.

Trabalhos sobre a qualidade de água de reservatórios brasileiros vêm se intensificando nos últimos 10 a 20 anos, com o aumento dos requerimentos ambientais para



sua construção e monitoramento. Abaixo são citadas algumas publicações que demonstram diferentes aspectos do estudo da qualidade de água de reservatórios hidrelétricos.

Rodgher *et al.* (2005), num estudo sobre ecotoxicidade nos reservatórios da cascata do Tietê, observaram que a qualidade de água melhora de montante para jusante, situação esta evidenciada pelo decréscimo da magnitude da toxicidade no sentido Barra Bonita (a montante) - Três Irmãos (a jusante). Segundo os autores supracitados, tal fato evidencia o gradiente de degradação da água na cascata de reservatórios.

Também estudando o reservatório de Barra Bonita (SP), Buzelli e Cunha-Santino (2013), avaliaram a qualidade de água e o entorno do mesmo. Os autores concluíram que as características do meio físico lindeiro tiveram influência sobre as características da água, em função do uso do solo ser predominantemente rural em seu entorno.

Os reservatórios de Capivara e Taquaruçu, respectivamente 9º e 10º na cascata de reservatórios hidrelétricos do Paranapanema, foram estudados por Naliato *et al.* (2009). Os autores estudaram as variações de pulsos de demanda de água para geração de energia e sua influência nas condições limnológicas do rio a jusante. Suas conclusões foram de que tais pulsos afetam as condições da água de jusante, em especial quanto à velocidade da água, turbidez, nutrientes e sólidos suspensos. Também demonstraram que as características físicas dos reservatórios (profundidade, configuração da tomada de água e estratificação térmica) influenciam na qualidade da água de jusante.

Noronha, Lobato e Sabino (2013), estudaram os reservatórios hidrelétricos mineiros de Jaguára, Igarapava e Volta Grande. Neste estudo, identificaram as variáveis influenciadoras da qualidade de água local (pH, fósforo total, OD e DBO) e os principais tributários contribuintes para tais alterações.

No Brasil, outros reservatórios hidrelétricos já passaram e passam por problemas de qualidade de água e em decorrência da eutrofização, seja na sua formação ou ainda ao longo da sua estabilização e envelhecimento do lago.

Fonseca (2010) avaliou processos de alteração na qualidade da água do reservatório da UHE São Simão (GO/MG) e determinou que o mesmo sofria com impactos da eutrofização, identificando quais os tributários que mais contribuíam com o aporte de nitrogênio e fósforo. Silva (2009), em sua dissertação de mestrado, trabalhou com a dinâmica da comunidade fitoplanctônica no reservatório da UHE Luiz Eduardo Magalhães, em Palmas, no Tocantins. O reservatório, eutrofizado, sofria com a ocorrência de florações

de cianobactérias. Silva (2012) avaliou o impacto da poluição difusa no reservatório da UHE Barra Bonita, no estado de São Paulo.

Assim como estes, já foram registradas importantes alterações na qualidade de água, em especial com relação ao crescimento de macrófitas aquáticas e da comunidade fitoplanctônica, em função de eutrofização em reservatórios brasileiros. Alguns trabalhos evidenciam situações como estas nos reservatórios de Itaipu (CARDOSO, 2011; RIBEIRO-FILHO *et al.*, 2011), Funil (FERRÃO-FILHO *et al.*, 2009), Tucuruí (PEREIRA-JÚNIOR, MESCOUTO e PEREIRA, 2007), Billings (POMPÊO, SILVA E MOSHINI-CARLOS, 2005; NISHIMURA, 2008), Paulo Afonso (POMPÊO, 2008; NASCIMENTO, PEREIRA e SAMPAIO, 2008), Piraí-Paraíba do Sul (POMPÊO, 2008), Capivara (NALIATO, NOGUEIRA E PERBICHE-NEVES, 2009), Jupia e Rosana (AGOSTINHO, GOMES e JÚLIO-JÚNIOR, 2003).

A atividade de geração de energia também é afetada negativamente quando realizada a partir de águas eutrofizadas, uma vez que a água enriquecida por nutrientes age quimicamente sobre os equipamentos de geração (KHAN e ANSARI, 2005). Müller (1995)<sup>4</sup> *apud* Fonseca (2010) corrobora tal afirmação, indicando que em casos extremos, a eutrofização afeta os sistemas de refrigeração e componentes das turbinas hidrelétricas. No caso do crescimento excessivo de material vegetal (macrófitas aquáticas e alguns tipos de algas), pode ocorrer entupimento de equipamentos, obrigando frequentes descargas de água pelos vertedouros, gerando desperdício e diminuindo da produção de energia (VALENTE, PADILHA e SILVA, 1997; CEMIG, 2013). De acordo com Straskraba *et al.* (2013), entre as consequências da eutrofização está o aumento da taxa de sedimentação e consequentemente o aumento da taxa de decomposição no hipolíminio. Juntamente com a anóxia hipolimnética, o aumento da decomposição no fundo do reservatório proporciona a liberação de gases de efeito estufa (gás sulfídrico, dióxido de carbono e metano), corrosivos para as estruturas hidráulicas, como turbinas e válvulas.

Fora do Brasil, pesquisadores também vêm registrando problemas de qualidade de água relacionados a lagos e reservatórios de abastecimento ou hidrelétricos (ou ambos), como na usina de Três Gargantas, na China (LUO *et al.*, 2009; ZHAO *et al.*, 2011); Reservatório de Deer Creek, no estado de Utah, Estados Unidos (GONZALEZ *et al.*, 2013); Reservatório do rio Asahi, no Japão (KAWARA *et al.*, 1998); reservatório de Negreni, na

---

<sup>4</sup> MÜLLER, A. C. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books. 1995. 412p.

Romênia (VASILACHE *et al.*, 2010); lagos da planície Chaco-Pampa, na Argentina (QUIRÓS e DRAGO, 1999).

## 2.5 *Análise multivariada como instrumento de avaliação da qualidade da água*

Modelos matemáticos para determinação da qualidade da água em rios têm sido amplamente utilizados como ferramentas para planejamento, gestão e monitoramento das condições de cursos de água (BOTTINO, 2008). De acordo com Tucci (1998), os modelos matemáticos de qualidade da água devem ser vistos como ferramentas importantes para simular questões neste âmbito, uma vez que permitem representar alternativas propostas e simular condições reais. Deste modo, a utilização de um modelo matemático poderia revelar a adequação do mesmo em responder como o ambiente reagiria a diferentes aportes de nutrientes, tornando-se uma ferramenta de grande utilidade para o gerenciamento de corpos de água e até mesmo para a proposição de metas de recuperação ambiental (BOTTINO, 2008).

De qualquer forma, a aplicação destes modelos requer um conjunto amostral amplo, normalmente baseado em dados primários de variáveis específicas, para uma consistente validação dos resultados. Quanto mais sensível o modelo, mais refinados devem ser os dados de entrada.

Uma das maiores dificuldades na utilização destas ferramentas para a avaliação da qualidade da água é a sua aplicação a partir de dados pré-existentes. De forma geral, modelos requerem um conjunto de variáveis (e repetições) que nem sempre são contemplados em monitoramentos contínuos (séries históricas), iniciados com outros objetivos, como os que visam à obtenção ou à manutenção de licenças ambientais. Assim, observa-se que monitoramentos compulsórios geram séries históricas, geralmente, incompatíveis com as necessidades de modelos mais elaborados.

Programas de monitoramento de qualidade de água incluem, frequentemente, amostragens em várias estações de coleta, durante longos períodos e resultam em uma grande e completa matriz de dados. Estas variáveis físicas, químicas e biológicas variam muito no espaço e no tempo, fazendo com que os programas de monitoramento sejam

sistemáticos para obtenção de uma real imagem de sua variabilidade (ANDRADE *et al.*, 2007).

Para o melhor entendimento destas complexas matrizes de dados de qualidade da água e, visando avaliar a saúde do ecossistema aquático, dados de monitoramento podem ser interpretados por meio da aplicação de técnicas estatísticas. Estas técnicas também permitem a identificação dos possíveis fatores influenciadores da qualidade da água, além de oferecer não só uma valiosa ferramenta de confiança para a gestão dos recursos hídricos, mas também para direcionar soluções para os problemas de poluição (BOYACIOGLU, BOYACIOGLU e GUNDUZ, 2005; BU *et al.*, 2010).

De acordo com França (2009), a avaliação de dados de qualidade da água não é um trabalho trivial, uma vez que o conjunto é formado por inúmeras variáveis, mensuradas em diferentes escalas e unidades, com distribuição espacial distinta, o que dificulta o emprego da estatística clássica. O autor sugere o emprego da análise multivariada para resolução deste problema, em função de ser possível avaliar diferentes variáveis e locais, de forma concomitante. Para Knupp (2007), modelos estatísticos multivariados consideram a correlação entre muitas variáveis, de forma simultânea, com a extração da maior quantidade de informações.

Segundo Hair *et al.* (2009), análise multivariada refere-se a todos os métodos estatísticos que avaliam simultaneamente múltiplas medidas sobre um objeto de investigação. De acordo com Mazlum *et al.* (1999), o tema subjacente de várias técnicas de análise multivariada é a simplificação, sumarizando um grande conjunto de dados em um número relativamente pequeno de variáveis, sem perda significativa de informações, ou ainda, segundo Alam *et al.* (2010), uma forma de derivar informações ocultas em um conjunto de dados. No entanto, é importante frisar que estas técnicas requerem que o intérprete seja experiente na área de conhecimento em questão e que a interpretação constitui o principal problema da aplicação da técnica (MAZLUM *et al.*, 1999).

Várias técnicas podem ser aplicadas a diferentes conjuntos de dados. Quando o conjunto de dados é composto por apenas duas variáveis, por exemplo, a análise de correlação provê uma avaliação adequada, em até certo ponto. Com mais variáveis, a análise multivariada exploratória é mais efetiva, pois visa à simplificação da estrutura da variabilidade dos dados. São consideradas técnicas deste grupo: a análise de componentes

principais, a análise fatorial, a análise de correlações canônicas, a análise de agrupamentos, de discriminantes e de correspondência (KNUPP, 2007).

Entre estas, a análise fatorial, cujo método de extração pode aplicar análise de componentes principais (ACP) e a análise de fatores comuns, tem como objetivo condensar informações contidas em um número de variáveis originais em um conjunto menor de variáveis estatísticas, com perda mínima de informação (HAIR *et al.*, 2009). Tais fatores são arranjados em uma ordem de importância decrescente. Este processo busca encontrar novas variáveis (componentes principais ou fatores), que tornam mais fácil o entendimento os dados. No tocante à qualidade da água, Mazlum *et al.* (1999) observam que, a análise multivariada pode ser empregada para investigar fatores que causam variações nos dados qualitativos.

A utilização de técnicas multivariadas para a avaliação da qualidade de água vem se consolidando como uma importante ferramenta de interpretação dos dados (ALAM *et al.*, 2010). Exemplos da aplicação de análise multivariada, em especial, da análise fatorial, para avaliação da qualidade ambiental de corpos de água, podem ser encontrados em todos os continentes, aplicando-se aos mais diferentes tipos de ecossistemas aquáticos. Ressalta-se o registro de diversos estudos nos quais análise fatorial vem sendo aplicada como método de avaliação da qualidade de água de ecossistemas límnicos, em especial, lagos e reservatórios artificiais.

Na Ásia pode-se citar o estudo de Mazlum *et al.* (1999), que realizaram trabalho de interpretação de dados de qualidade de água do rio Porsuk, na bacia do rio Sakarya, o terceiro maior rio da Turquia. O trabalho voltou-se à elucidação da metodologia aplicável, utilizando dados secundários a fim de exemplificar a relevância de técnicas de análise multivariada para a avaliação de dados de qualidade da água. Como principal conclusão do trabalho, os autores estabeleceram que a análise multivariada provê informação confiável na análise dos dados.

Yu *et al.* (2003) avaliaram o rio Songhua, no nordeste da China, por meio de análise fatorial de dados advindos de seis seções de controle ao longo do curso de água. O resultado obtido demonstrou que os principais poluentes da bacia, que na década de 80 e 90 eram os metais pesados e poluentes orgânicos tóxicos, advindos de fontes pontuais, agora estão relacionados a fontes difusas de poluentes nitrogenados, advindos do uso inadequado do solo na região. Também observaram que a qualidade de água apresenta variação de acordo

com o período hidrológico avaliado. De acordo com os autores, a análise fatorial se mostrou uma ferramenta adequada para o tratamento de dados de qualidade de água da região de estudo.

Mais de 17.000 observações de dados de qualidade de água foram acumuladas ao longo de cinco anos de monitoramento do rio Gomti, na Índia e tratados com várias estratégias de análise multivariada por Singh *et al.* (2004), entre elas a AF. Um total de seis fatores explicou mais de 70% da variância total da amostra. No entanto, uma redução significativa no número de variáveis de avaliação não foi obtida, como os autores esperavam, uma vez que 14 de 24 variáveis compuseram os fatores retidos.

Al-Rawi e Shihab (2005) realizaram trabalho com dados do rio Tigre, em seu trecho urbano, na Mosul, no Iraque. Os dados de qualidade de água foram avaliados por análise fatorial, que resultou em cinco fatores explicativos de 83% da variância total da amostra. O estudo demonstrou que o intemperismo das rochas da região representa o maior contribuinte da variação da qualidade da água. Os demais fatores contribuintes, em menor grau, das alterações da água do rio Tigre foram o escoamento superficial, as variações sazonais, além de descargas industriais e domésticas.

Também na Turquia, Boyacioglu, Boyacioglu e Gunduz (2005) realizaram ampla análise de dados de qualidade de água da bacia do rio Buyuk Menderes, utilizando o método da análise fatorial. As variáveis físico-químicas avaliadas foram: condutividade, carbono orgânico total, DBO, DQO, sulfato, sódio, coliformes totais, sólidos totais dissolvidos e nitrogênio Kjeldahl total. O resultado do estudo de análise fatorial mostrou que apenas dois fatores explicaram 84,5% da variância total. Estes fatores representam a contaminação orgânica e inorgânica relacionada à poluição doméstica e à advinda da agricultura.

Shrestha, Kazama e Nakamura (2008) caracterizaram as águas do rio Mekong por meio da análise multivariada de componentes principais/fatorial (ACP/AF). O rio Mekong é um dos maiores do mundo, com mais de 4.800 km de extensão. As estações de monitoramento do estudo supracitado localizaram-se na Tailândia, Laos e Camboja. Foram mais de 16.000 observações, coletadas em seis anos de monitoramento. A ACP/AF indicou que a maior variação nos dados foi explicada por sais minerais dissolvidos ao longo do rio Mekong. No entanto, em duas estações, uma na Tailândia e outra no Camboja, os componentes orgânicos (representados pela DBO) e nutrientes (representados pelo fósforo) foram também importantes.

Bu *et al.* (2010) utilizaram-se de análise multivariada para avaliar dados de qualidade de água advindos do programa de monitoramento de água e solo do rio Jinshui, na China. Foram aplicadas técnicas de análise de agrupamento, análise de discriminantes e análise fatorial. A análise de agrupamentos separou entre 12 estações de amostragem e 22 variáveis de monitoramento, apenas três grupos, que refletiram o posicionamento geográfico das estações e o grau de poluição da água monitorada. A análise de discriminantes confirmou estes três agrupamentos, com nove variáveis discriminantes. Já a partir da análise fatorial foram extraídos cinco fatores, que em conjunto, explicaram mais de 90% da variância acumulada. Estes fatores representaram o componente químico, o processo de óxido-redução, o intemperismo natural e os processos de decomposição, demonstrando a capacidade das técnicas de análise multivariada na descrição da qualidade da água e identificação de fatores de poluição, fornecendo importante informação para a gestão da bacia hidrográfica.

Alam *et al.* (2010), ao avaliarem o rio Surma, o corpo hídrico de maior importância de Bangladesh, utilizaram-se de técnicas de análise multivariada, especificamente a análise fatorial, para elucidar a influência sazonal na qualidade da água. Três diferentes períodos hidrológicos foram avaliados e os resultados mostraram que durante o verão, o inverno e a temporada de monções, os poluentes eram de origem industrial, sendo que este tipo de poluição, de origem pontual, correspondeu a quase 40% da variância total explicada.

No continente africano, pode-se citar o trabalho de Atobatele e Ugwumba (2008), que realizaram estudos no reservatório de Aiba, em Iwo, na Nigéria. O reservatório apresenta uma bacia de drenagem de, aproximadamente 50 km<sup>2</sup> e uma área de 0,32 km<sup>2</sup>. O propósito do lago é reservar água para consumo humano, no entanto também é a fonte de sustento e de alimentos para os habitantes lindeiros. Dois conjuntos de dados, uma para o período de chuvas e outro para o período de estiagem foram estudados com base em análise fatorial. Em ambos os estudos, dois fatores representaram mais de 60% da variância. Para o período de chuvas, os autores identificaram o fator químico como o mais relevante (composto especialmente por condutividade, pH e oxigênio dissolvido) e o segundo fator (fator físico), relacionado à temperatura do ar, da água e turbidez. No período de estiagem, os fatores foram denominados fator iônico/temperatura (temperatura, condutividade, pH e alcalinidade) e fator carbonato/sólidos suspensos (turbidez e dureza total). Como conclusão da análise, os autores determinaram que as alterações observadas entre as estações de

chuva e seca são indicadores das mudanças na qualidade da água, sendo o oxigênio dissolvido a variável de maior relevância durante a estação chuvosa, enquanto a alcalinidade a variável mais relevante em períodos de estiagem.

No continente norte americano, Zeng e Rasmussen (2005) realizaram estudo no Lago Lanier, no estado da Geórgia, Estados Unidos. O lago, de características eutróficas, já vem sendo objeto de estudo de outros pesquisadores, exatamente por ser parte de uma bacia que passa por um processo de urbanização intensa. Vinte e sete locais de coleta foram estabelecidos, sendo 17 no lago e outros dez em tributários. Através da análise fatorial, os autores identificaram as potenciais origens de poluição advindas dos tributários. Os autores comentam que a caracterização da qualidade da água do Lago é mais complexa que a dos tributários, no entanto, a análise fatorial demonstrou que a anóxia associada à estratificação do corpo hídrico é a maior fonte de variação da qualidade de água do lago, seguida da disponibilidade de nutrientes e da produtividade biológica.

Também nos Estados Unidos, Gonzalez *et al.* (2013) avaliaram o reservatório de Deer Creek, principal fonte de água para abastecimento e irrigação da região de Provo, em Utah, utilizando análise fatorial para estudo de 27 anos de dados mensais. Tais dados, de qualidade da água, meteorológicos e hidrológicos foram agrupados em três fatores, sendo o primeiro fator composto por temperatura do ar, da água e o ponto de condensação; o segundo por vazão e volume do reservatório e o terceiro por oxigênio dissolvido e pH. Os autores concluíram que a análise fatorial foi efetiva no agrupamento de variáveis ambientais com características similares.

Na América Central, Santos-Román, Warner e Scatena (2003) realizaram estudos com dados históricos, advindos de 22 anos de monitoramento trimestral, de rios de Porto Rico. Tais dados foram avaliados por meio de análise fatorial, análise de agrupamentos e análise de discriminantes. A análise fatorial resultou em seis fatores retidos, que em conjunto, explicaram quase 80% da variância total da amostra. Tais fatores foram representativos dos constituintes iônicos da água, da poluição urbana, de nutrientes, da geologia dos locais de amostragem, das condições de oxidação e redução da água e dos aportes de matéria orgânica. Em conjunto com a análise de agrupamentos e de discriminantes, tais informações foram utilizadas para escrever equações para a predição da qualidade da água em locais não amostrados.



No Brasil, Rodrigues e Rodrigues (2003), empregaram a análise fatorial como ferramenta de diagnóstico, no intuito de avaliar a contaminação potencial por metais pesados no sedimento da bacia do rio Caí, no Rio Grande do Sul. A partir dos estudos realizados, os autores conseguiram discriminar três fatores que caracterizaram as fontes potenciais de poluição, sendo a primeira a contribuição natural através dos basaltos típicos da geologia local; a segunda advinda da indústria metalúrgica e a terceira originária de curtumes instalados na bacia. A relevância de tal estudo para o entendimento da qualidade da água relaciona-se ao fato de que o sedimento é um reservatório de poluentes que podem vir a ser remobilizados para a coluna de água, afetando a qualidade do recurso hídrico.

O trabalho de Donadio *et al.* (2005) avaliou a qualidade de água de nascentes com diferentes usos e tipologias do solo, na bacia do rio Rico, em São Paulo. Através da análise de agrupamentos e de correspondência canônica, os autores observaram que o período de monitoramento, bem como o uso do solo na estação de monitoramento tem influência na qualidade de água do local.

Andrade *et al.* (2007) realizaram trabalho amostras de água do rio Acaraú, no Ceará. Utilizando-se de técnicas de análise multivariada, os autores selecionaram indicadores de qualidade de água superficial. Em seu estudo, quatro fatores expressaram 82,1% da variância total da amostra, sendo o primeiro fator relacionado com problemas de erosão e escoamento superficial (sólidos em suspensão). O segundo fator relacionou-se com poluição advinda de esgotos sanitários, áreas agrícolas e fontes de poluição difusa (nutrientes). O terceiro fator indicou ação antrópica na bacia (componente orgânico), enquanto o quarto fator está relacionado ao intemperismo natural das rochas, observado pelas variáveis de sais solúveis. No entanto, os autores comentam que a análise fatorial não resultou em grande redução do número de variáveis, sendo o melhor ajuste encontrado com 18 variáveis, de um total de 25.

França *et al.* (2009) utilizaram análise fatorial para avaliar dados da qualidade de água da bacia do Alto Iguaçu, no estado do Paraná. O trabalho objetivou identificar as variáveis de qualidade de água mais relevantes para a caracterização da região, bem como avaliar a rede amostral e identificar as estações de monitoramento mais relevantes. Dezoito variáveis de qualidade de água foram avaliadas em oito estações de amostragem. Destas, sete (nitrogênio amoniacal e orgânico, condutividade, oxigênio dissolvido, pH, sólidos suspensos totais e turbidez) variáveis explicaram 57% da variância total da amostra, sendo

consideradas mais relevantes para a avaliação da qualidade de água da região de estudo, assim como três das oito estações de amostragem. O resultado final do trabalho demonstrou a dinâmica da degradação da matéria orgânica e sua interação com o transporte de sólidos no rio.

No estado do Paraná, reservatórios de pequenas centrais hidrelétricas também já tiveram a qualidade de suas águas avaliadas por meio de análise fatorial, como os trabalhos de França-Sieciechowicz *et al.* (2010), avaliando a influência da pluviosidade na qualidade de água do reservatório da PCH Cavernoso e o de Brassac-Arruda *et al.* (2013), na avaliação da qualidade de água da PCH Melissa. Também França-Sieciechowicz *et al.* (2011) avaliaram o reservatório de Pitangui, uma pequena central hidrelétrica localizada no rio de mesmo nome, na bacia do rio Tibagi. Entre os seis fatores descritivos de 87% da variância dos dados, o primeiro fator foi composto por sólidos totais, turbidez e coliformes termotolerantes e o segundo pelo nitrogênio total e a clorofila-a, evidenciando aportes de poluentes ao corpo hídrico e sua relação com a ocorrência de florações.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização das áreas de estudo e estações de amostragem

O presente estudo avaliou a qualidade das águas dos empreendimentos hidrelétricos Foz do Areia, Segredo e Caxias. Estes reservatórios estão localizados no rio Iguaçu, conforme Figura 4.

O rio Iguaçu possui suas nascentes na Serra do Mar, nas proximidades de Curitiba (cota 908 m) e cruza o estado, no sentido leste-oeste, percorrendo um curso de aproximadamente 1.000 km até desaguar no rio Paraná, no município de Foz do Iguaçu (cota 78 m). A área de drenagem desde suas nascentes até a foz é de 67.300 km<sup>2</sup> (LACTEC, 2009a).

Cinco grandes aproveitamentos hidrelétricos situam-se em cascata no rio Iguaçu, a saber, no sentido de montante à jusante: UHE Gov. Bento Munhoz da Rocha Neto (Foz do Areia, 1.676 MW), UHE Gov. Ney Aminthas de Barros Braga (Segredo, 1.260 MW), UHE Salto Santiago (1.420 MW), UHE Salto Osório (1.078 MW) e UHE Gov. José Richa (Salto Caxias, 1.240 MW) (LACTEC, 2009a).

Além de dados de qualidade de água dos empreendimentos selecionados, o presente estudo também se utilizou de dados de uso e ocupação do solo do entorno dos reservatórios para a interpretação do resultado de análises fatoriais. No intuito de se aplicar uma metodologia que pudesse ser replicada em outros ecossistemas de mesmo tipo, os dados físicos do entorno dos reservatórios correspondem a faixa de 1.000 m de cada empreendimento. O estudo desta faixa de entorno é uma exigência legal para a obtenção e/ou renovação da licença de operação de usinas hidrelétricas, servindo como base para a construção do plano diretor do empreendimento, atualmente chamado de Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatórios Artificiais - PACUERA (LACTEC, 2010).

No tocante às áreas descritas, ressalta-se que as diferenças entre as áreas totais das tabelas apresentadas para o entorno de 1.000 m de cada usina relaciona-se ao método aplicado em cada estudo do qual os dados foram retirados, como por exemplo, incorporando a área do reservatório e pequenos corpos de água na área total, ou excetuando-a.

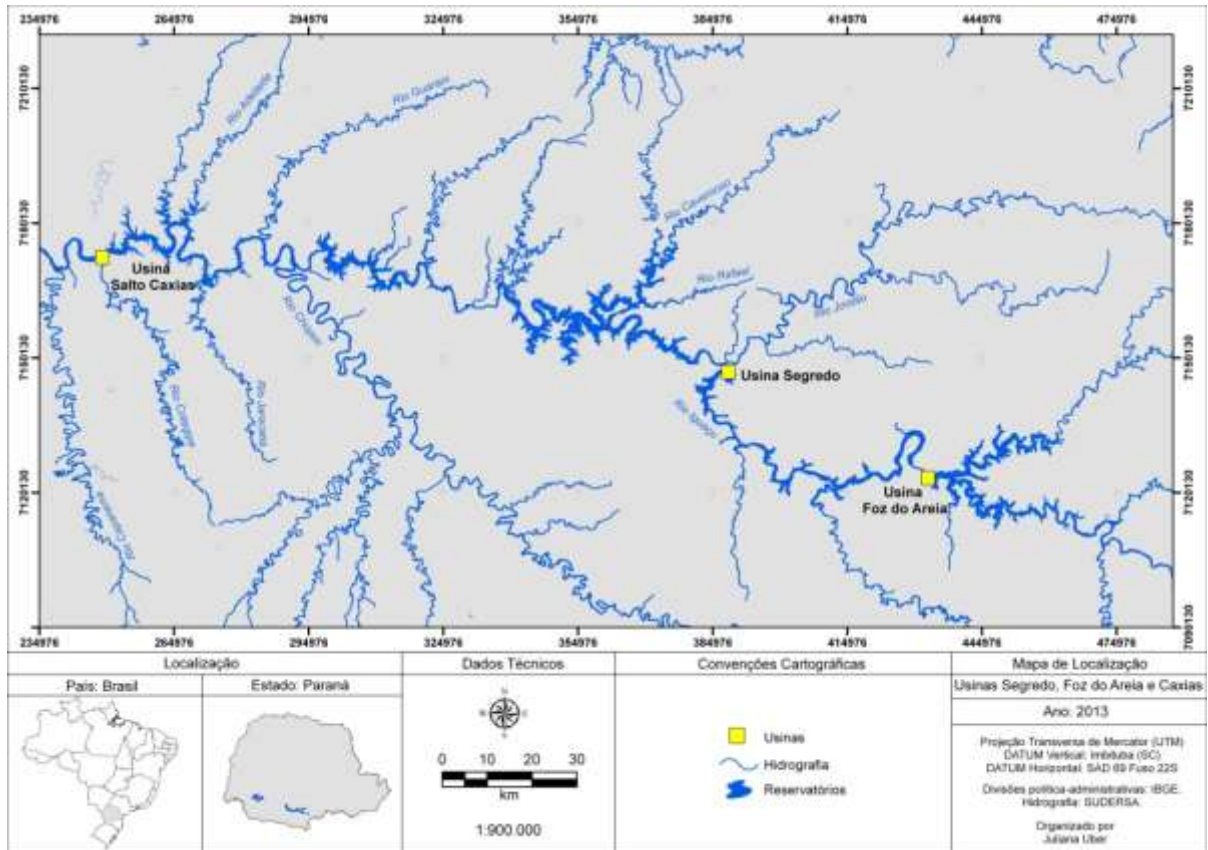


FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS ESTUDADOS

### 3.1.1 UHE Foz do Areia

A Usina Governador Bento Munhoz da Rocha Netto (Figura 5) é a maior usina da Copel em potência instalada. O empreendimento está localizado na unidade hidrográfica dos Afluentes do Médio Iguaçu, distante 240 km da capital do Estado, Curitiba (COPEL, 2008a). O reservatório Foz do Areia, formado pelo barramento do rio Iguaçu, localiza-se entre os municípios de Bituruna e Pinhão, na região sudeste do Estado do Paraná.

O empreendimento teve suas obras iniciadas em 1975, a barragem foi concluída em 1979 e a usina em 1980, quando começou a operar. A barragem é de enrocamento compactado com face de concreto e apresenta 160 m de altura e 828 m de comprimento (COPEL, 2008a).

A estrutura da tomada d'água encontra-se na margem direita e dispõe de seis comportas que controlam a passagem da água através dos condutos forçados, em túnel, que terminam na casa de força. O vertedouro está localizado na margem esquerda. Tem como característica torres verticais localizadas nos muros e nos degraus da calha, permitindo a

incorporação de ar dentro do fluxo de água em escoamento, e atenuando efeito da cavitação produzida pela passagem da água. (COPEL, 2008a).



FIGURA 5 - VISTA GERAL DO RESERVATÓRIO DA UHE FOZ DO AREIA E BARRAGEM  
Fonte: Agência Estadual de Notícias (2012)

Os principais afluentes do rio Iguaçu que desembocam diretamente no reservatório de Foz do Areia são, em sua margem esquerda: rio Espingarda, ribeirão Jangada, rio Jararaca, rio Iratinzinho, rio Jacutinga, e em sua margem direita: rio Palmital, ribeirão Palmeirinha e rio da Areia. O rio Areia possui três afluentes principais: rio Pimpão e Lageado Feio na margem direita; e o rio da Praia, na margem esquerda (LACTEC, 2009a).

Dados hidráulico-operativos do reservatório de Foz do Areia encontram-se na Tabela 5.

TABELA 5 - DADOS HIDRÁULICO-OPERATIVOS DA UHE FOZ DO AREIA

Potência (MW)	Área (km <sup>2</sup> )			Volume Total (hm <sup>3</sup> )		Vazão MLT (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	TR (dias)	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Profundidade média (m)	Profundidade máxima (m)
	N.A. máx. normal	N.A. máx. maxm.	N.A. mín.	N.A. máx. normal	N.A. máx. maxm.					
1676	139,0	159,4	57,9	3804,7	4241,7	544	102,4	29.900	41,6	160

Notações: N.A. (nível de água); máx. (máximo); maxm. (maximorum); MLT (média de longo termo); TR (tempo de residência).

Fonte: BRASSAC-ARRUDA *et al.* (2011), LACTEC (2009a).

O reservatório de Foz do Areia detém outra importante função além da geração de energia, a regularização de vazão dos reservatórios a jusante. O projeto da usina prevê possibilidade de deplecionamento de até 47 m, o que faz com que possa acumular água durante períodos de pluviosidade elevada e liberar água em períodos de estiagem (LACTEC, 2009a).

### 3.1.1.1 Estações de amostragem de água no reservatório de Foz do Areia

Para o presente estudo, foram selecionadas estações de monitoramento de qualidade de água utilizadas pela COPEL para seu programa de automonitoramento, conforme indicado na Tabela 6 e na Figura 6. Todas as estações são monitoradas desde o ano de 2005, no entanto, a estação FA\_4R foi criada somente no ano de 2008, em função de demandas da Concessionária.

TABELA 6 - ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM NO RESERVATÓRIO DA UHE FOZ DO AREIA

Estação	Localização	Altitude (m)	Coordenadas UTM	
			E	N
FA_1M	Rio Iguaçu, a montante do reservatório/ corredeiras de Porto Vitória	750	477240	7106693
FA_2R	Rio Iguaçu, Reservatório da UHE Foz do Areia, próximo à área de lazer de Bituruna	650	449542	7117359
FA_3R	Rio Iguaçu, Reservatório da UHE Foz do Areia, cerca de 500 m da barragem (Log Boom)	650	433674	7123256
FA_4R	Rio Iguaçu, Reservatório da UHE Foz do Areia, no braço do rio Areia	650	441382	7124342
FA_5J	Rio Iguaçu, imediatamente a jusante da casa de força da UHE Foz do Areia	640	431466	7125220

A descrição das estações de amostragem foi baseada em dados de relatórios de monitoramento de qualidade de água (BRASSAC-ARRUDA *et al.*, 2011), em visitas a campo, em fichas de campo contendo dados do momento da coleta, em imagens disponíveis no software Google Earth Pro (datadas de 2008 e 2010), bem como dados de uso e ocupação do solo extraídos do PACUERA da Usina de Foz do Areia (LACTEC, 2009a).

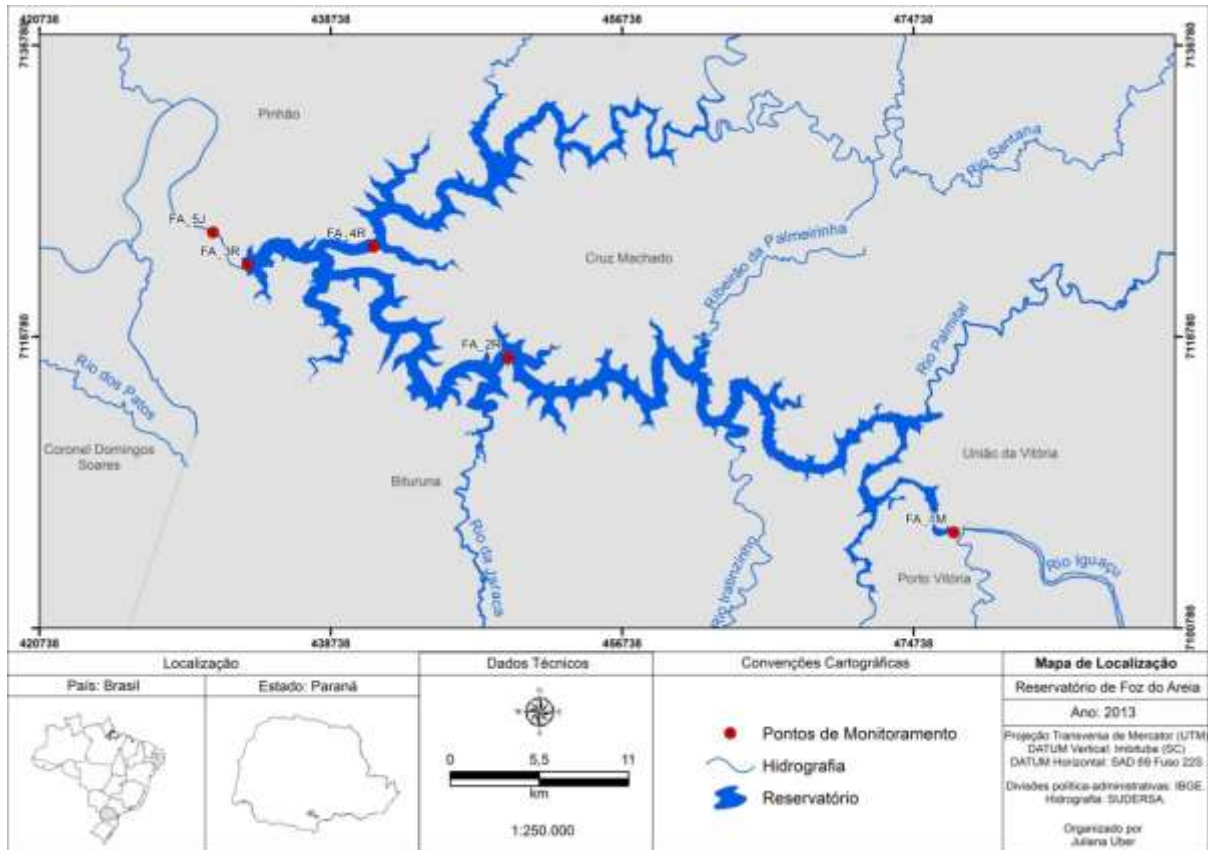


FIGURA 6 - MAPA TEMÁTICO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA

A estação FA\_1M (Figura 7a) localiza-se no rio Iguaçu, a montante do reservatório de Foz do Areia, em uma região conhecida como corredeiras de Porto Vitória. Naquele trecho, o rio apresenta largura de, aproximadamente, 200 m, sendo a profundidade entre 0,6 m e 3,0 m. A estação de monitoramento também se localiza a, aproximadamente, 30 km das cidades de Porto União/SC (33.493 habitantes - IBGE, 2010) e União da Vitória/PR (52.735 habitantes - IBGE, 2010), também lindeiras ao rio Iguaçu. Na margem esquerda do rio Iguaçu, na região de coleta, localiza-se a cidade de Porto Vitória, município com 4.020 habitantes, de acordo com IBGE (2010). Na margem direita, observa-se uma região com remanescentes de floresta secundária em estágio médio, com a ocorrência de reflorestamentos comerciais de espécies exóticas e pequenas áreas agrícolas.



FIGURA 7 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO FA\_1M; B) ESTAÇÃO FA\_2R (FOTO: CEZAR DALBOSCO/COPEL)

A estação FA\_2R (Figura 7b) localiza-se no reservatório da usina de Foz do Areia, em uma região chamada “Área de Lazer de Bituruna”. O município de Bituruna, localizado na margem esquerda do rio Iguaçu, tem 15.880 habitantes (IBGE, 2010) e, em linha reta, dista 10 km da estação de monitoramento. O município de Cruz Machado (18.040 habitantes - IBGE, 2010), localizado na margem direita do rio Iguaçu, também está a montante da estação de monitoramento, da qual dista cerca de 15 Km, em linha reta. Nesta região, o reservatório apresenta, aproximadamente, 800 m de largura, e profundidade variando entre 47 m e 93 m. Na margem esquerda, observam-se fragmentos de floresta em estágio médio, intercalada com reflorestamentos e propriedades lindeiras com deques para a realização de esportes aquáticos. Na margem direita, registra-se a ocorrência de porções de floresta em estágio médio, principalmente nos terrenos em declive. Em períodos de deplecionamento do reservatório, amplas áreas de solo exposto podem ser observadas nas margens do mesmo.

A estação FA\_3R (Figura 8a) localiza-se no reservatório de Foz do Areia, em sua porção mais profunda, nas proximidades da barragem, em uma região chamada de “*log boom*”. O *log boom* é uma barreira de boias ligadas por cabos de aço, que definem a área máxima de proximidade do barramento, isolando a área de segurança do empreendimento. Nesta região, o reservatório apresenta uma largura superior a 1.000 m, com profundidade variando entre 77 m e 120 m. Em ambas as margens observam-se fragmentos em estágio inicial de sucessão em desenvolvimento (regeneração) e remanescentes de floresta em estágio médio, na zona de segurança do reservatório.





FIGURA 8 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO FA\_3R; B) ESTAÇÃO FA\_4R (FOTO: CEZAR DALBOSCO/COPEL)

A estação FA\_4R (Figura 8b) localiza-se no braço alagado do rio Areia, no reservatório de Foz do Areia. Nesta região, o reservatório apresenta largura de, aproximadamente, 700 m. A profundidade estimada do ponto varia entre 90 m e 120 m. Na margem esquerda observam-se áreas de floresta em estágio inicial e médio, sendo que as áreas mais planas são utilizadas para agricultura. Na margem direita, a montante da estação de coleta, observa-se um pequeno povoamento (cerca de 100 construções, em vista aérea), sendo a margem do rio coberta por vegetação secundária em estágio médio com o sub-bosque alterado e reflorestamentos.

A estação FA\_5J localiza-se no rio Iguaçu, a jusante da casa de força do reservatório de Foz do Areia e a montante o reservatório de Segredo. Neste local, o rio Iguaçu apresenta largura de aproximadamente, 150 m. A profundidade estimada do ponto varia entre 0,5 m e 8,0 m. Na margem esquerda, observam-se áreas em estágio inicial, pastagem e agricultura de pequena escala, e na margem direita, uma faixa marginal de cerca de 50 m em estágio médio de sucessão e área em estágio inicial próximo a estrada rural que margeia o reservatório. Corresponde também à mesma localização da estação SE\_1M.



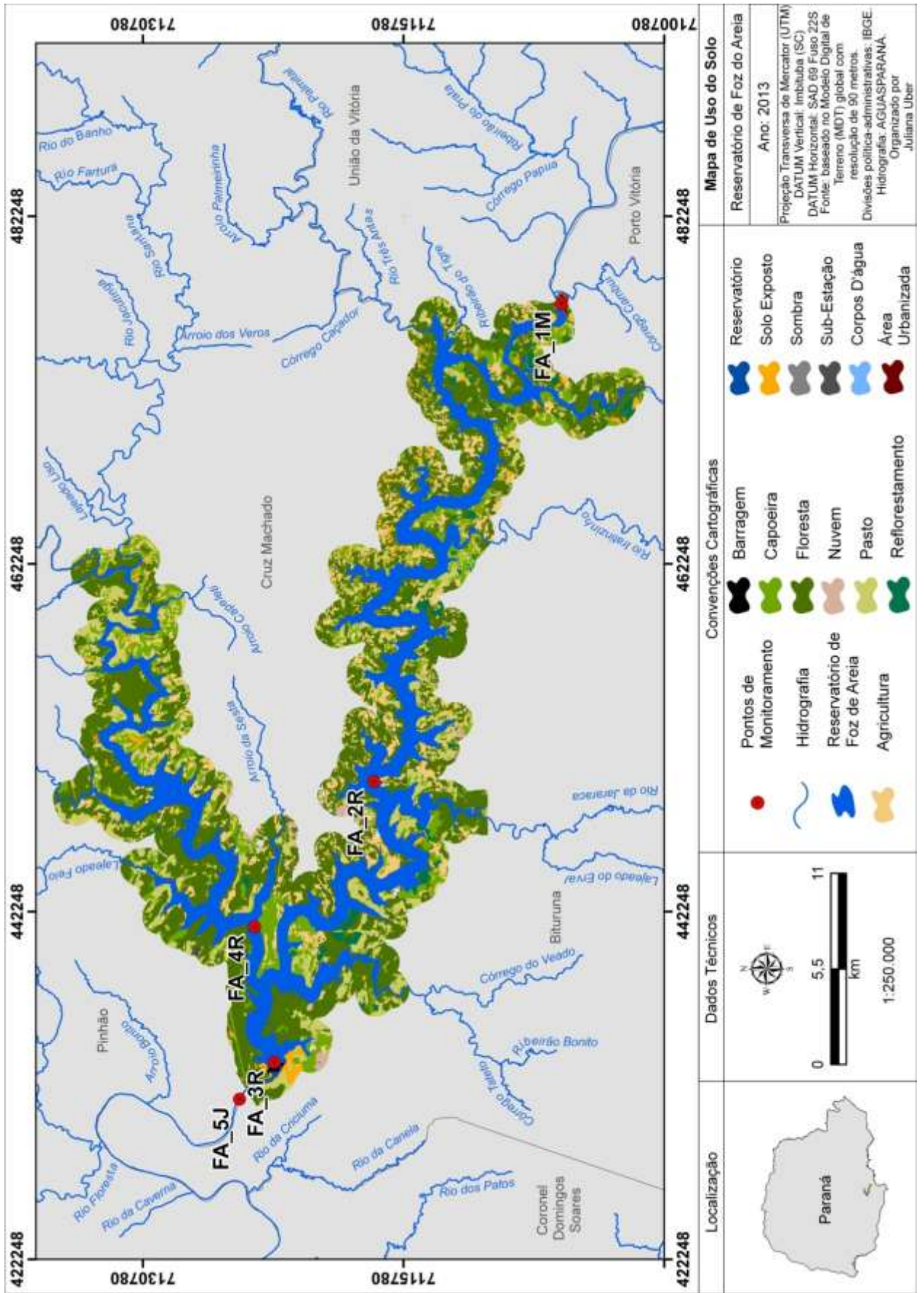
FIGURA 9 - ASPECTO DA ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA FA\_5J (FOTO: CEZAR DALBOSCO/COPEL)

#### 3.1.1.2 Uso e Ocupação do solo da área de influência

Os dados de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório de Foz do Areia (*shapes*) foram obtidos a partir do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial (PACUERA), com imagens datadas de 2008 (LACTEC, 2009a). A Figura 10 apresenta as classes de uso e ocupação do solo no reservatório de Foz do Areia. Os percentuais de área ocupadas por cada classe encontram-se indicados na Tabela 7.

A principal classe de ocupação de solo observada no entorno de 1.000 m do reservatório de Foz do Areia é de Floresta, com 40% da área total, e em especial no município de Pinhão, na margem direita dos rios Areia e Pimpão, bem como nas imediações da barragem e na margem esquerda dos rios Jacutinga e Iguaçu. Áreas de reflorestamento representam apenas 1,5% da área total. Além destas, é possível registrar as seguintes categorias antrópicas: áreas de lazer, áreas de uso agrossilvopastoril, usos urbanos e usos minerários.

FIGURA 10 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000m DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO (LACTEC, 2009a)



A única área urbana na área de estudo é a cidade de Porto Vitória, na margem esquerda do rio Iguaçu, correspondendo a 0,08% da área total. Desta forma, com relação às atividades antrópicas, destaca-se a característica predominantemente rural da área do reservatório, com as classes de pasto e capoeira somando 22,3% do total (LACTEC, 2009a).

TABELA 7 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA (LACTEC, 2009a)

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	% em relação ao total
Floresta	206,76	40,28
Capoeira	52,59	10,25
Reflorestamento	8,06	1,57
Pasto	62,02	12,08
Corpos d'água	0,06	0,01
Reservatório	105,98	20,65
Área Urbanizada	0,42	0,08
Agricultura	44,33	8,64
Solo Exposto	29,26	5,7
Subestação	0,18	0,04
Barragem	0,34	0,07
Nuvem/Sombra	3,24	0,63
<b>TOTAL</b>	<b>513,27</b>	<b>100</b>

### 3.1.1.3 Declividade da área de influência

A declividade foi caracterizada com base no plano diretor da referida usina, que aplicou quatro intervalos de valores, segundo critérios adotados pelo IPARDES (1995), listados a seguir. A mesma metodologia foi utilizada para a descrição da declividade dos reservatórios de Foz do Areia, Segredo e Caxias. Ressalta-se que a questão de aptidão agrícola, apesar de mencionada, não foi abordada de forma aprofundada nos descritivos a seguir:

- 0 a 10% (até 6°): caracterizado por um relevo que varia de plano a suavemente ondulado, com possibilidades de utilização agrícola mecanizada ou não, pecuária e reflorestamento.
- 10 a 20% (de 6° a 12°): caracterizado por um relevo ondulado, com possibilidades de exploração para agricultura não mecanizada, pecuária e reflorestamento.
- 20 a 45% (de 12° a 25°): corresponde a um relevo fortemente ondulado, com possibilidade restrita de exploração através de agricultura não mecanizada, pecuária e reflorestamento.

- 45% (> 25°): caracterizado por um relevo fortemente ondulado, onde existe somente aptidão para o manejo e exploração florestal.

De acordo com Veneziani *et al.* (1998), a declividade é um fator muito importante na caracterização do meio físico, pois quanto maior seu valor, maior é a energia potencial de erosão do solo.

Segundo LACTEC (2009a), a região estudada do reservatório de Foz do Areia, correspondente à área de 1.000 m no entorno do reservatório, apresenta maior concentração de áreas com declividade acima de 45% e poucas áreas com declividade entre 0 e 20% na porção compreendida entre a barragem e o rio Jararaca (tributário do Iguazu) e o rio Pimpão (tributário do rio Areia). Já, na região compreendida entre a cidade de Porto Vitória e o córrego do Lajeado, não são encontradas áreas significantes com declividade superior a 45% (Figura 11, Tabela 8).

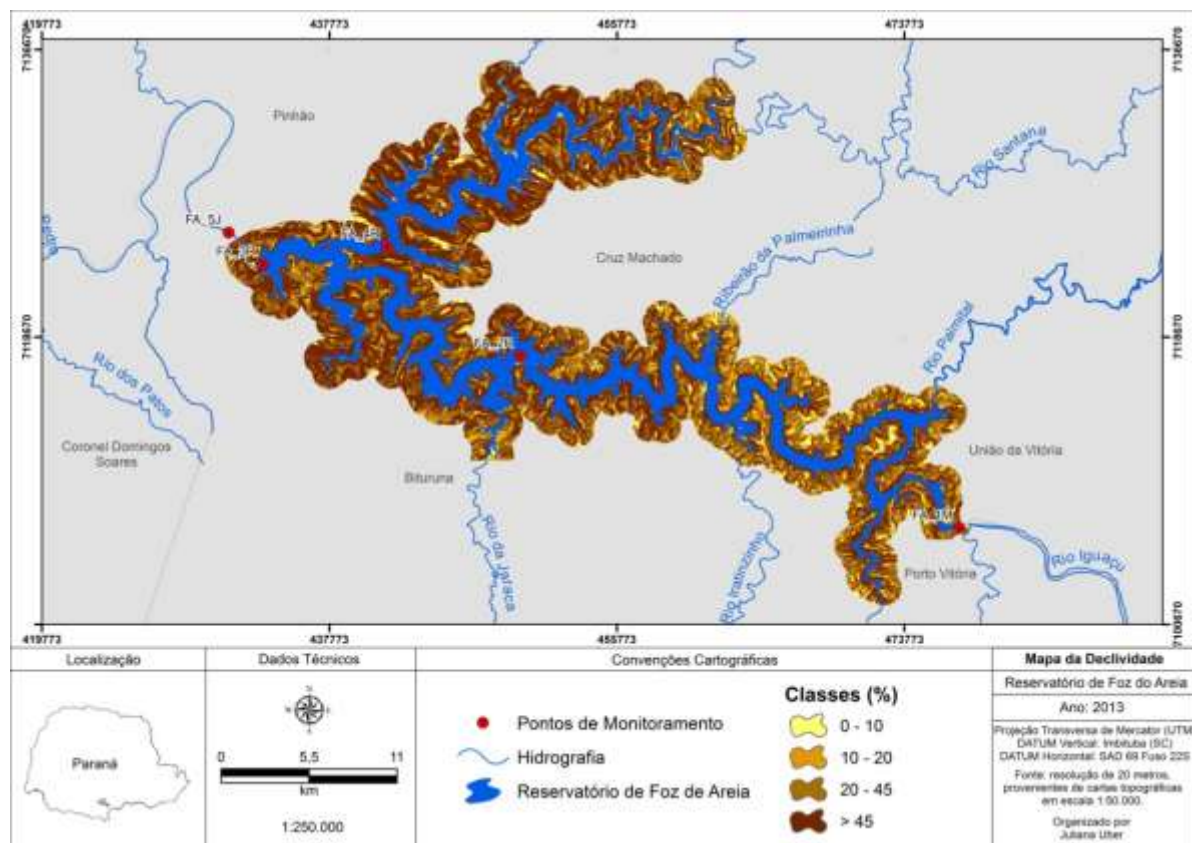


FIGURA 11 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

FONTE: LACTEC, 2009a

TABELA 8 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA

Declividade	Área abrangida (km <sup>2</sup> )	% em relação ao total
0 a 10%	111,09	21,6
> 10 a 20%	93,15	18,2
> 20 a 45%	166,44	32,4
> 45%	142,58	27,8
TOTAL	513,27	100

Fonte: LACTEC (2009a)

### 3.1.2 UHE Segredo

A Usina Hidrelétrica Gov. Ney Aminthas de Barros Braga (Figura 12) é, atualmente, a segunda usina da COPEL em potência instalada. Está localizada no rio Iguaçu, a 2 km da montante da foz do rio Jordão, no município de Mangueirinha, a 285 km de Curitiba (COPEL, 2008b). O reservatório encontra-se a jusante da UHE Foz do Areia e a montante do reservatório da UHE Salto Santiago (Tractebel Energia).



FIGURA 12 - VISTA GERAL DO RESERVATÓRIO DA UHE SEGREDO E BARRAGEM

Fonte: JORNAL MEU PARANÁ (2012)

Foi inaugurada em 1992, quando começou a operar, tendo como marco fundamental o primeiro Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) no Brasil para uma usina

hidrelétrica, elaborado e aprovado em 1987. Com uma altura de 145 m e comprimento de 700 m, a barragem é do tipo enrocamento com face de concreto (COPEL, 2008b). Dados hidráulico-operativos do reservatório de Segredo encontram-se na Tabela 9.

O reservatório de Segredo é formado pelo barramento do rio Iguaçu entre as cidades de Mangueirinha e Reserva do Iguaçu, na unidade hidrográfica dos Afluentes do Médio Iguaçu. Alguns dos principais afluentes do reservatório de Segredo são, de montante para jusante: Lajeado Grande, rio Lajeado do Saltinho, rio São Pedro, rio dos Patos, rio Iratim, rio Lajeado do Butiá, rio Irara, rio Butiá, rio Marrecas, rio Covo, rio dos Touros e córrego Vila Nova.

TABELA 9 - DADOS HIDRÁULICO-OPERATIVOS DA UHE SEGREDO

Potência (MW)	Área (km <sup>2</sup> )			Volume Total (hm <sup>3</sup> )		Vazão MLT (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	TR (dias)	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Profundidade média (m)	Profundidade máxima (m)
	N.A. máx. normal	N.A. máx. maxm.	N.A. mín.	N.A. máx. normal	N.A. máx. maxm.					
1260	80,4	81,9	73,4	2942,4	3022,4	720,0	45,5	34.000	36,6	130,0

Notações: N.A. (nível de água); máx. (máximo); maxm. (maximorum); MLT (média de longo termo); TR (tempo de residência).

Fonte: FRANÇA-SIECIECHOWICZ *et al.* (2012); LACTEC (2009b).

### 3.1.2.1 Estações de amostragem de água no reservatório de Segredo

Para o presente estudo foram selecionadas estações de monitoramento de qualidade de água utilizadas pela COPEL para seu programa de automonitoramento, conforme indicado na Tabela 10 e na Figura 13.

TABELA 10 - ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DA UHE SEGREDO

Estação	Localização	Altitude (m)	Coordenadas UTM*	
			E	N
SE_1M	Rio Iguaçu, a montante do reservatório de Segredo	640	431466	7125220
SE_2R	Reservatório de Segredo, a jusante da foz do Iratim	610	411914	7122166
SE_3R	Reservatório de Segredo, próximo à barragem	600	386003	7146252
SE_4J	Rio Iguaçu, a jusante da usina de Segredo	510	387825	7148809

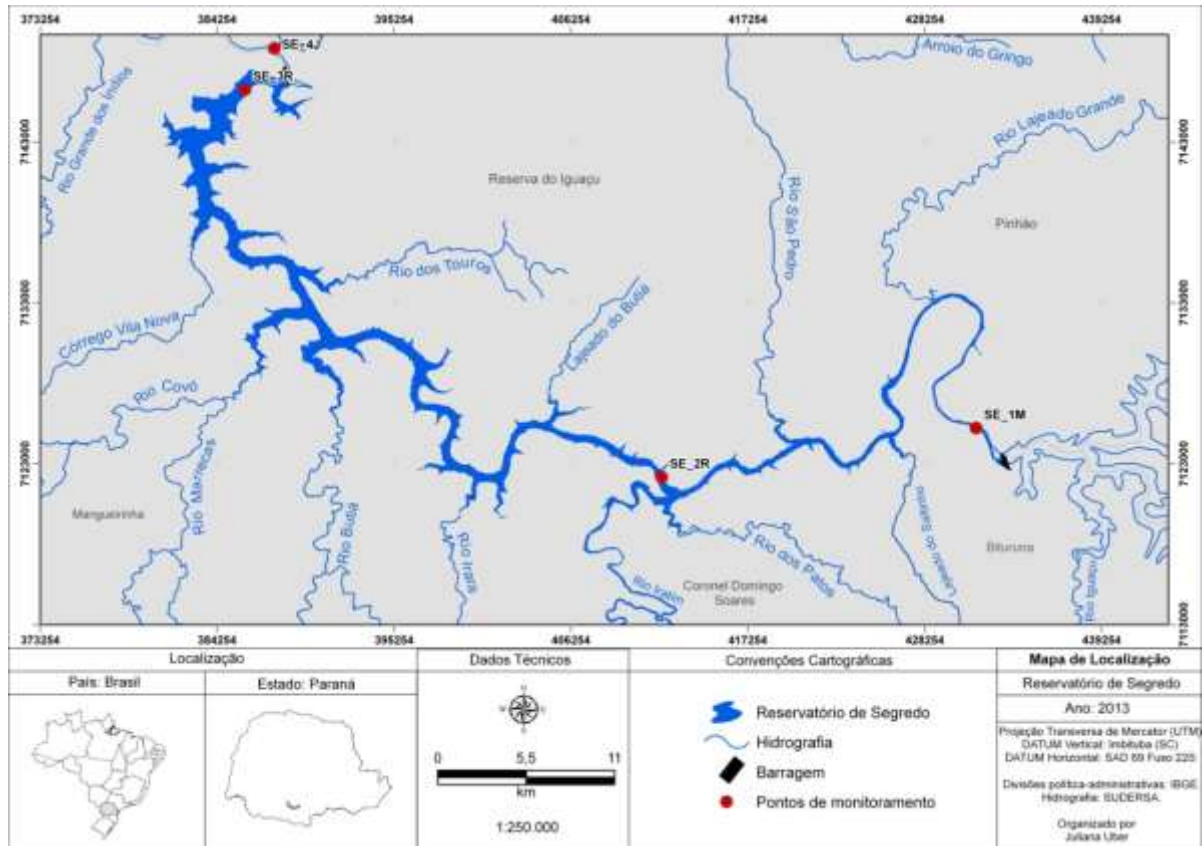


FIGURA 13 - MAPA TEMÁTICO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DE SEGREDO

A descrição das estações de amostragem foi baseada em dados de relatórios de monitoramento de qualidade de água (FRANÇA-SIECIECHOWICZ *et al.*, 2012), em fichas de campo com dados do momento da coleta, em imagens disponíveis no software Google Earth Pro (datadas de 2007 e 2010), bem como dados de uso e ocupação do solo extraídos do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial (PACUERA) da Usina de Segredo (LACTEC, 2009b).

A estação SE\_1M (Figura 14a) localiza-se no rio Iguçu, a montante o reservatório de Segredo e a jusante da casa de força do reservatório de Foz do Areia. Neste local, o rio Iguçu apresenta largura de, aproximadamente, 150 m. A profundidade estimada do ponto varia entre 0,5 m e 8,0 m. Na margem esquerda, observam-se áreas em estágio inicial, pastagem e agricultura de pequena escala, e na margem direita, uma faixa marginal de cerca de 50 m em estágio médio de sucessão e área em estágio inicial próximo a estrada rural que margeia o reservatório. Corresponde também à mesma localização da estação FA\_5J.

A estação SE\_2R (Figura 14b) localiza-se no reservatório de Segredo, em uma região onde o corpo de água apresenta largura aproximada de 300 m. A profundidade estimada do ponto varia entre 30 m e 55 m. Em ambas as margens, observa-se mata ciliar em faixa



variando de 50 a 70 m, na região da estação de monitoramento. A cobertura do solo na região é de floresta em estágio inicial e médio entremeada com pastagens. A estação localiza-se cerca de 1,5 km a jusante da foz do rio Iratim, tributário da margem esquerda do rio Iguaçu.



FIGURA 14 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO SE\_1M; B) ESTAÇÃO SE\_2R (FOTOS: CEZAR DALBOSCO/COPEL)

A estação SE\_3R (Figura 15a) localiza-se nas proximidades do barramento da UHE Segredo, na porção do reservatório que apresenta maior profundidade, com largura de, aproximadamente, 900 m. A profundidade estimada do ponto varia entre 76 m e 120 m. Na margem esquerda, aproximadamente 2 km da estação de monitoramento, observa-se um pequeno povoado, cujas casas, lindeiras, são dotadas de deques para a prática de esportes aquáticos. Em ambas as margens, observa-se que a cobertura do solo alterna-se entre floresta em vários estágios, agricultura e áreas de pastagens, na região da estação de monitoramento.

A estação SE\_4J (Figura 15b) localiza-se no rio Iguaçu, nas proximidades da foz do rio Jordão, tributário de sua margem direita. Nesta região, a cobertura do solo é predominantemente de florestas em estágio médio com alguns locais em bom estado de conservação, sendo que o rio apresenta largura de, aproximadamente, 130 m. A profundidade estimada do ponto varia entre 0,4 m e 6,0 m.



FIGURA 15 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO SE\_3R; B) ESTAÇÃO SE\_4J (FOTOS: CEZAR DALBOSCO/COPEL)

### 3.1.2.2 Uso e ocupação do solo da área de influência

Os dados de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório de Segredo foram obtidos a partir do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial (PACUERA), a partir de imagens datadas de 2007 e 2008 (LACTEC, 2009b).

Observa-se que a principal classe de uso de solo no entorno (1.000 m) do reservatório de Segredo também é de Floresta, com 35% de ocupação (**FIGURA 16**; Tabela 11). Em especial, na margem direita do Iguaçu, registra-se a Estação Ecológica Rio dos Touros, entre os rios do Meio e dos Touros (LACTEC, 2009b). Esta área está localizada no município de Reserva do Iguaçu.

Também como o reservatório de Foz do Areia, o entorno do reservatório de Segredo caracteriza-se como área predominantemente rural, uma vez que as classes de pasto e capoeiras, em conjunto, correspondem a quase 40% da área total. De acordo com LACTEC (2009b), áreas de agricultura são observadas basicamente na margem esquerda do Rio Iguaçu, concentrando-se no trecho final do reservatório, no município de Mangueirinha. Com relação à presença de áreas urbanas, somente o município de Reserva do Iguaçu, na margem direita do reservatório, está presente na área de 1.000 m, ocupando 0,02% da área total.

FIGURA 16 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE SEGREDO, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO (LACTEC, 2009B).

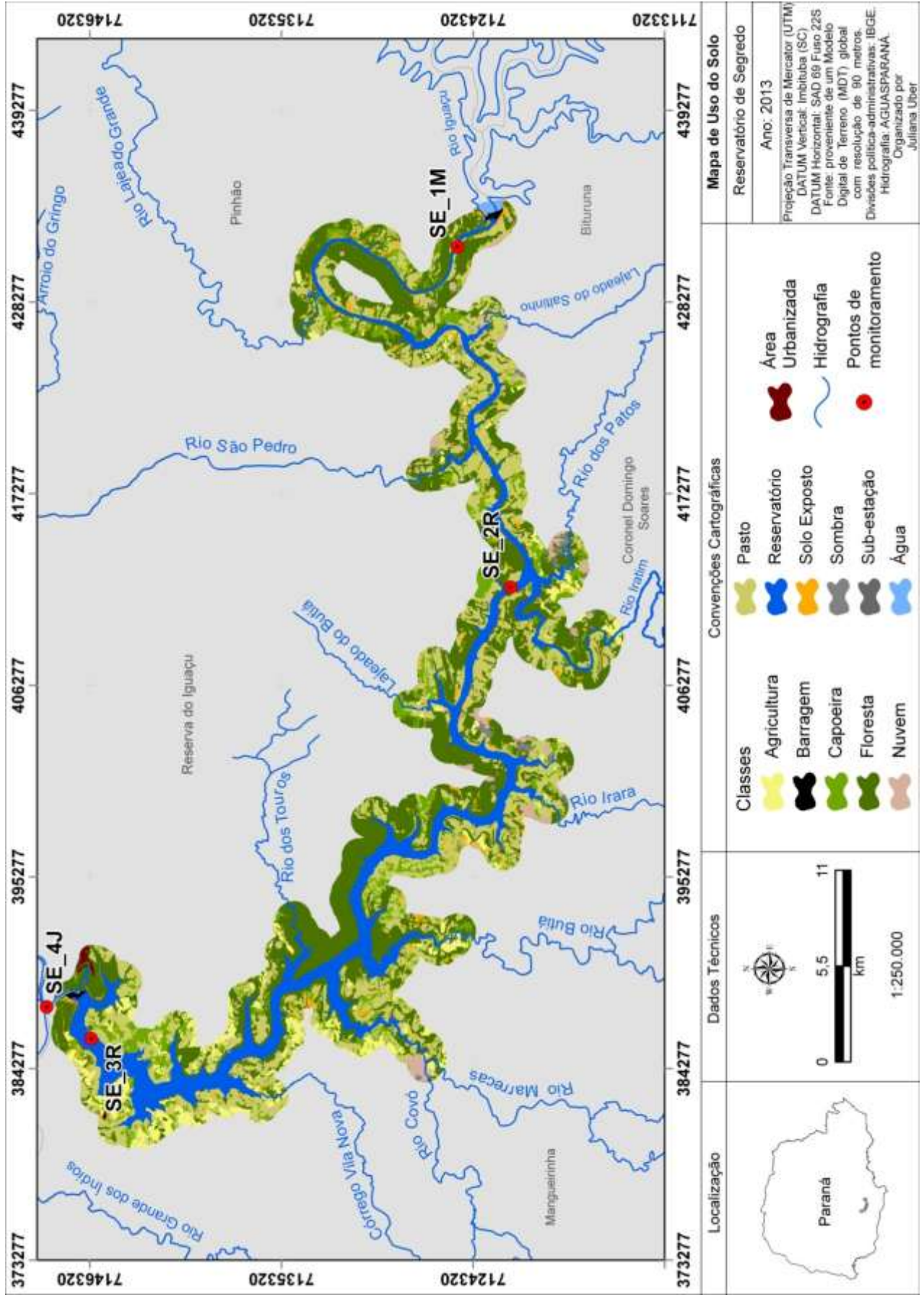


TABELA 11 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE SEGREDO

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	% em relação ao total
Floresta	153,85	35,06
Capoeira	37,08	8,45
Pasto	120,58	27,48
Corpos d'água	1,43	0,33
Reservatório	78,01	17,78
Área Urbanizada	0,10	0,02
Agricultura	24,59	5,6
Solo Exposto	10,65	2,43
Subestação	0,71	0,16
Barragem	0,63	0,14
Nuvem/Sombra	11,15	2,54
<b>TOTAL</b>	<b>438,78</b>	<b>100</b>

Fonte: LACTEC (2009b)

### 3.1.2.3 Declividade da área de influência

O mapa de declividade do entorno do reservatório de Segredo foi baseado em dados do PACUERA da referida usina (LACTEC, 2009b).

A região estudada do reservatório de Segredo, correspondente à área de 1.000 m no entorno do reservatório, apresenta distribuição homogênea de áreas entre as classes de declividade de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 45, com cerca de 30% área dividida para cada uma destas três classes. Percentual menor de área é registrado na classe com maior declividade (> 45%), onde menos de 10% da região estudada encontra-se nesta classe (Figura 17, Tabela 12) (LACTEC, 2009b).

TABELA 12 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE SEGREDO

Declividade	Área abrangida (km <sup>2</sup> )	% em relação ao total
0 a 10%	143	33
> 10 a 20%	128	29
> 20 a 45%	130	29,5
> 45%	37,4	8,5
<b>TOTAL</b>	<b>438,4</b>	<b>100</b>

Fonte: LACTEC (2009b)

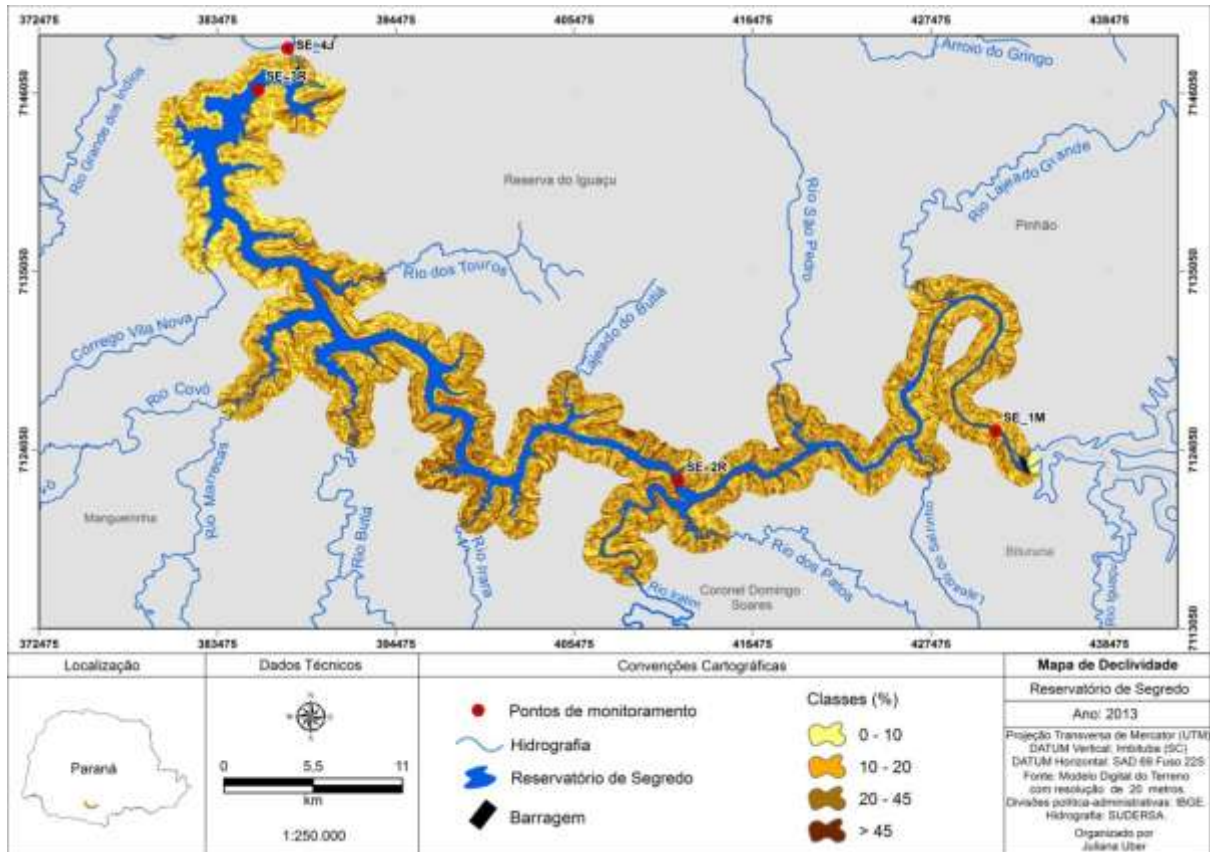


FIGURA 17 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE SEGREDO, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Fonte: LACTEC (2009b)

### 3.1.3 UHE Salto Caxias

A Usina Hidrelétrica Governador José Richa (Salto Caxias) está situada no rio Iguaçu (Figura 18), no município de Capitão Leônidas Marques, a 600 km de Curitiba. A barragem da Usina José Richa, com 67 m de altura e 1.083 m de comprimento, é do tipo gravidade em Concreto Compactado a Rolo (CCR). A casa de força conta com quatro unidades geradoras de 310 MW cada (COPEL, 2008c). Dados hidráulico-operativos do reservatório de Caxias encontram-se na Tabela 13.

TABELA 13 - DADOS HIDRÁULICO-OPERATIVOS DA UHE CAXIAS

Potência (MW)	Área (km <sup>2</sup> )			Volume Total (hm <sup>3</sup> )		Vazão MLT (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	TR (dias)	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Profundidade média (m)	Profundidade máxima (m)
	N.A. máx. normal	N.A. máx. maxm.	N.A. mín.	N.A. máx. normal	N.A. máx. maxm.					
1.240	141,43	144,46	134,33	3.573	3.714	1.336	31	57.000	25,0	60,0

Notações: N.A. (nível de água); máx. (máximo); maxm. (maximorum); MLT (média de longo termo).

Fonte: BRASSAC-ARRUDA *et al.* (2012).

A usina de Caxias é a última de grande porte instalada no rio Iguaçu, a jusante da UHE Salto Osório (Tractebel Energia).



FIGURA 18 - VISTA GERAL DO RESERVATÓRIO DA UHE SALTO CAXIAS E BARRAGEM  
Fonte: AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIA (2005)

#### 3.1.3.1 Estações de amostragem de água no reservatório de Caxias

Para o presente estudo foram selecionadas estações de monitoramento de qualidade de água utilizadas pela COPEL para seu programa de automonitoramento, conforme indicado na Tabela 14 e na Figura 19.

A descrição das estações de amostragem foi baseada em dados de relatórios de monitoramento de qualidade de água (FRANÇA-SIECIECHOWICZ *et al.*, 2013), em visita a campo, em fichas de campo com dados do momento da amostragem, em imagens do Google Earth Pro (datadas de 2005, 2011 e 2013), bem como nos *shapes* da região, fornecidos pela COPEL e datados de 2006.

TABELA 14 - ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM NO RESERVATÓRIO DA UHE CAXIAS

Estação	Localização	Altitude (m)	Coordenadas UTM	
			E	N
CA_1M	Rio Iguaçu, a montante do reservatório da UHE Salto Caxias	330	295358	7172597
CA_2R	Rio Iguaçu, reservatório da UHE Salto Caxias, a jusante da UHE Foz do Chopim	326	288847	7173000
CA_3R	Rio Iguaçu, reservatório da UHE Salto Caxias, região da Balsa Vorá	326	268000	7172000
CA_4R	Rio Iguaçu, reservatório da UHE Salto Caxias, região de Porto Pereira	326	261000	7176000
CA_5R	Rio Iguaçu, reservatório da UHE Salto Caxias, próximo à barragem	326	250096	7174105
CA_6J	Rio Iguaçu, a jusante da casa de força da UHE Salto Caxias	250	247988	7172574

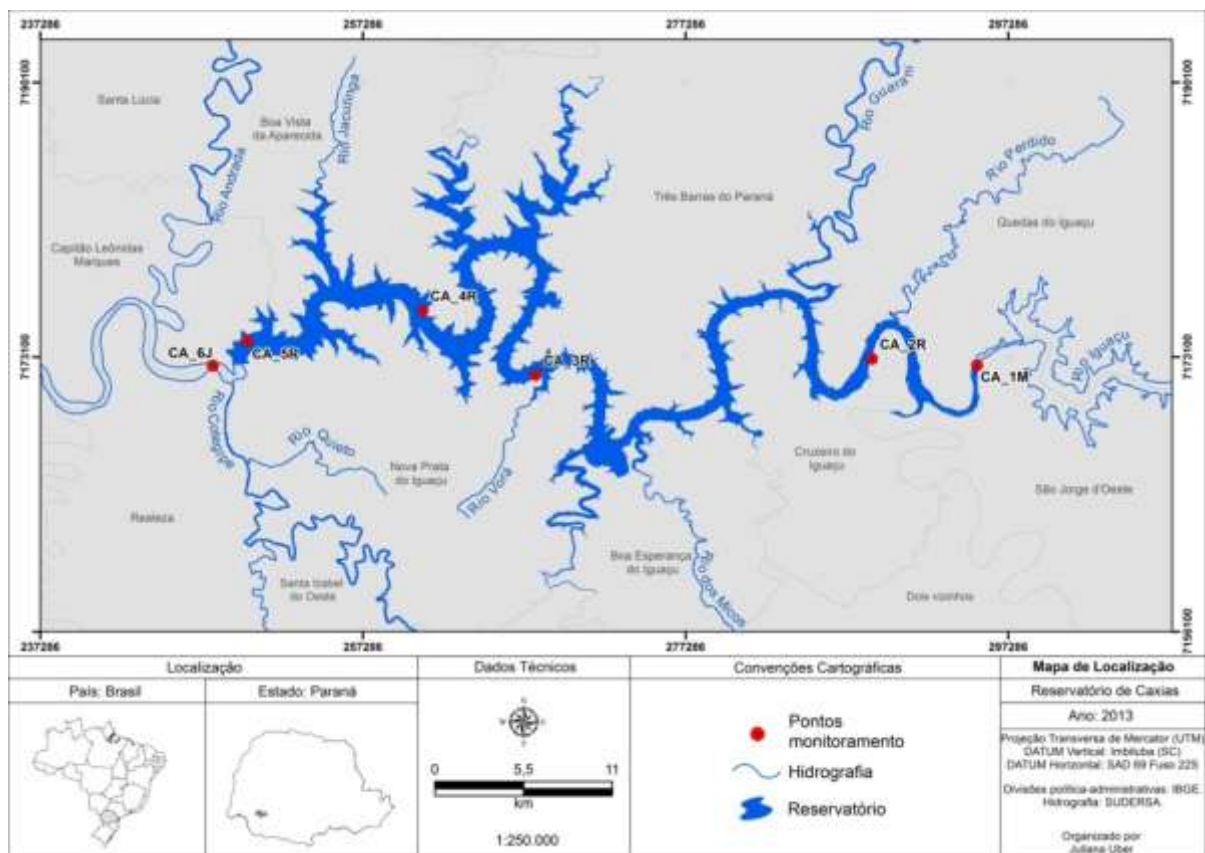


FIGURA 19 - MAPA TEMÁTICO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DE CAXIAS

A estação CA\_1M (Figura 20a) localiza-se no rio Iguaçu, a montante do reservatório de Salto Caxias e a jusante do barramento da UHE Salto Osório, cuja concessão pertence à Tractebel Energia. Nesta região, a cobertura do solo é predominantemente de mata secundária em estágio inicial e pequenos fragmentos em estágio médio, entremeada com pastagem e agricultura, a largura do rio de, aproximadamente, 340 m. A profundidade estimada do ponto varia entre 1,0 m e 10,0 m. A estação CA\_2R (Figura 20b) localiza-se no reservatório de Salto Caxias, a jusante da PCH Foz do Chopim, anteriormente conhecida como Júlio Mesquita Filho.



FIGURA 20 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO CA\_1M; B) ESTAÇÃO CA\_2R (FOTOS: CEZAR DALBOSCO - COPEL)

A estação CA\_2R está localizada em uma região de atividades de recreação, conhecida como “Prainha”, do município de Cruzeiro do Iguaçu. Na região, o reservatório apresenta largura de, aproximadamente, 680 m. A profundidade estimada do ponto varia entre 10 m e 27 m. Na margem direita, observa-se faixa ciliar em estágio médio, variando em largura e chegando a mais de 100 m. Após a faixa ciliar, áreas de pastagem com vegetação esparsa são as formações mais comuns. A margem esquerda apresenta fragmento mais significativo de floresta em estágio médio, no entanto, observa-se a influência da região da Prainha de Cruzeiro do Iguaçu, com pequeno adensamento populacional, bem como regiões litorâneas de recreação.

A estação CA\_3R (Figura 21a) localiza-se no reservatório de Salto Caxias, em uma região conhecida localmente como “Balsa Vorá”, exatamente pela proximidade da foz do rio Vorá, localizada imediatamente a montante da estação de monitoramento. Na região, o reservatório apresenta largura de, aproximadamente, 750 m. A profundidade estimada do ponto varia entre 43 m e 65 m. Na margem esquerda observa-se a ausência de mata ciliar, na região de monitoramento, com a presença de propriedades rurais. Na margem direita, a mata ciliar está presente, variando em largura, dependendo do trecho avaliado. Ainda na margem direita, também são encontradas propriedades rurais.





FIGURA 21 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO CA\_3R; B) ESTAÇÃO CA\_4R (FOTOS: CEZAR DALBOSCO - COPEL)

A estação CA \_4R (Figura 21b) localiza-se no reservatório de Salto Caxias, em uma região conhecida localmente como “Porto Pereira”. A área é densamente ocupada por condomínios e loteamentos de marinas, tanto na margem direita, no município de Boa Vista da Aparecida, como na margem esquerda, no município de Nova Prata do Iguaçu. Em função da formação destas “prainhas”, a cobertura vegetal está praticamente ausente, ficando restrita a pequenos fragmentos na paisagem local. O reservatório apresenta largura de, aproximadamente, 970 m, no local de amostragem. A profundidade estimada do ponto varia entre 30 m e 48 m.

A estação CA \_5R (Figura 22a) localiza-se no reservatório de Salto Caxias, na região de maior profundidade do lago, nas proximidades do barramento. As coletas são realizadas a 500 m do *log boom*, que isola a zona de segurança da usina. Na margem direita, são observadas formações vegetacionais nas áreas de maior declive da margem do reservatório, chegando a 300 m de largura. A profundidade estimada do ponto varia entre 47 m e 60 m. Também na margem direita localiza-se a área administrativa da usina, com escritórios e vila, além da prainha do município de Capitão Leônidas Marques. Na margem esquerda, observa-se faixa ciliar em diferentes tamanhos e alguns fragmentos entremeados com propriedades com agricultura. Na região, o reservatório apresenta largura superior a 1.000 m.

A estação CA \_6J (Figura 22b) localiza-se no rio Iguaçu, a jusante da casa de força da UHE Salto Caxias, bem como a jusante da foz do rio Cotegipe. Na região, o rio Iguaçu apresenta largura de, aproximadamente, 300 m, sendo que em sua margem direita observa-se floresta ciliar em estágio médio, e na margem esquerda, após a diminuta faixa ciliar, a

presença de propriedades rurais com áreas de pastagem e agricultura pode ser observada. A profundidade estimada do ponto varia entre 0,5 m e 2,0 m.



FIGURA 22 - ASPECTO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA. A) ESTAÇÃO CA\_5R; B) ESTAÇÃO CA\_6J (FOTOS: CEZAR DALBOSCO - COPEL)

#### 3.1.3.2 Uso e ocupação do solo da área de influência

Os dados de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório de Caxias foram obtidos a partir de *shapes* repassados pela COPEL. Tais planos de informação foram estruturados com base em imageamento da região realizado no ano de 2006, em escala 1:10.000 (COPEL, 2006).

O plano de informação avaliado apresentava as seguintes classes de uso do solo: Agricultura; Área Urbana Rural; Corpos Hídricos; Floresta Estágio Inicial; Floresta Estágio Médio; Floresta Estágio Avançado; Estrada; Pastagens/Campos; Reflorestamento; Solo Exposto; Vegetação de Várzea. Para comparação com os demais reservatórios, a classificação de floresta inicial, média e avançada foi somada em uma única classe, denominada Floresta.

No entorno do reservatório de Caxias, a característica predominantemente agrícola da área também é expressiva, representando mais de 60% da área total, quando se somam as áreas de pastagens/campo e agricultura.

Áreas florestadas contínuas são observadas especialmente na Reserva do Guarani, localizada no terço inicial da margem direita do reservatório, no remanso do rio Guarani. No total, a ocupação por floresta na região corresponde a 20% da área estudada.

FIGURA 23 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000m DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO (COPEL, 2006)

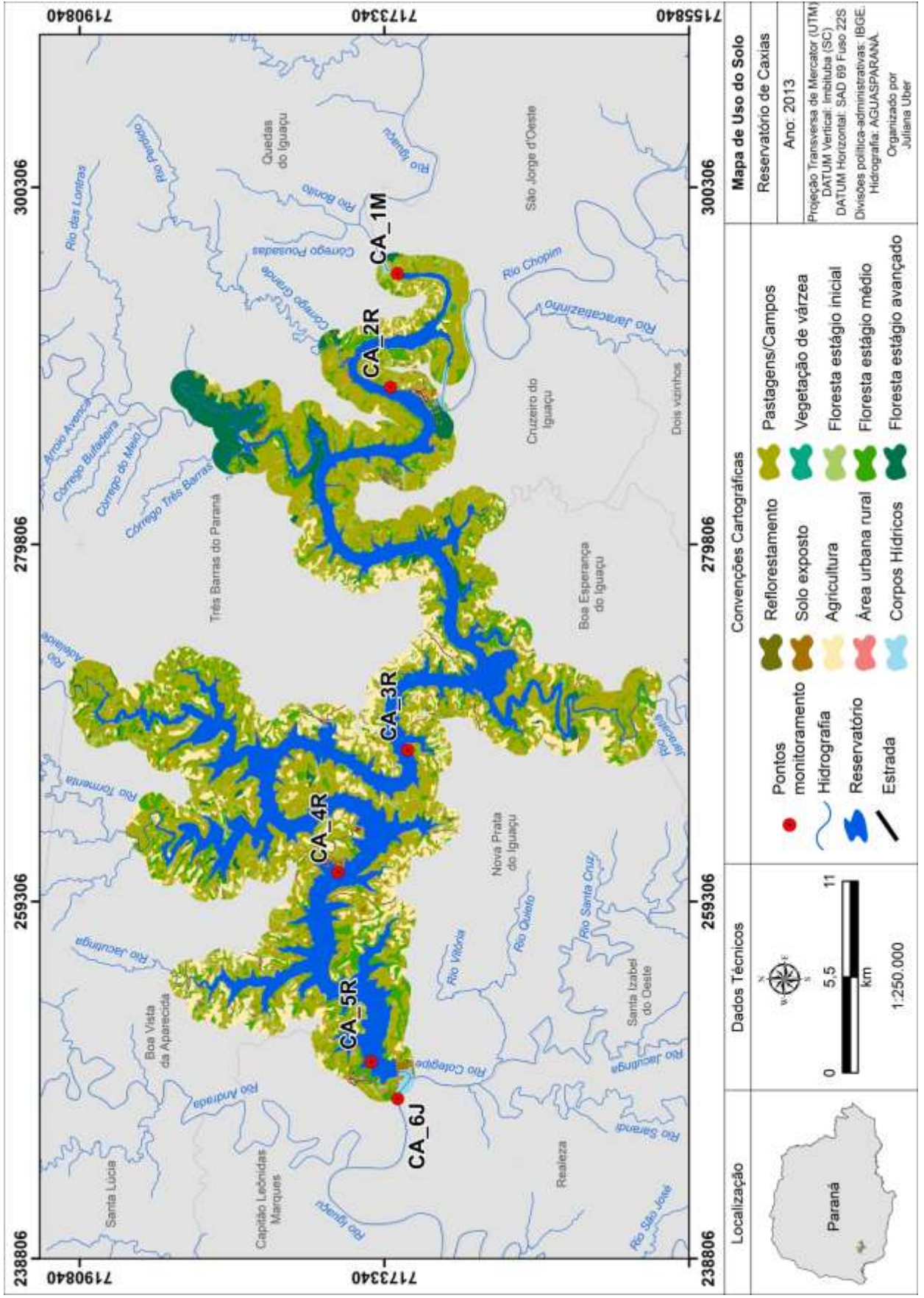


TABELA 15 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS (COPEL, 2006)

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	% em relação ao total
Floresta (estágios inicial, médio e avançado)	116,28	20,32
Reflorestamento	1,24	0,22
Pastagens/Campo	232,47	40,63
Corpos d'água	141,77	24,78
Área Urbana Rural	5,45	0,95
Agricultura	72,35	12,64
Solo Exposto	1,88	0,33
Vegetação de Várzea	0,22	0,04
Estrada	0,60	0,10
TOTAL	572,26	100

### 3.1.3.3 Declividade da área de influência

Com relação aos dados da usina de Caxias, o mapa de declividade da região de entorno foi gerado a partir da nuvem de pontos (MDT - Modelo Digital de Terreno) obtida por meio de mapeamento a laser executado pelo LACTEC nos anos de 2002/2003.

De acordo com os *shapes* estudados, na área correspondente ao entorno de 1.000 m do reservatório, a classe com maior percentual de água é de declividade moderada, entre 10 e 20%, e a classe com menor percentual de área está representada pela declividade superior a 45%.

Na Tabela 16, encontram-se descritas as classes de declividade, e o percentual da área estudada em cada classe. Estes dados encontram-se ilustrados na Figura 24.

TABELA 16 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS

Declividade	Área abrangida (km <sup>2</sup> )	% em relação ao total
0 a 10%	152,61	26,7
> 10 a 20%	207,97	36,3
> 20 a 45%	118,40	20,7
> 45%	54,09	9,5
*	39,17	6,8
TOTAL	572,24	100

\* MDT original continha falhas, possivelmente originadas por falha no equipamento laser, nuvens, furos entre faixas de voo.

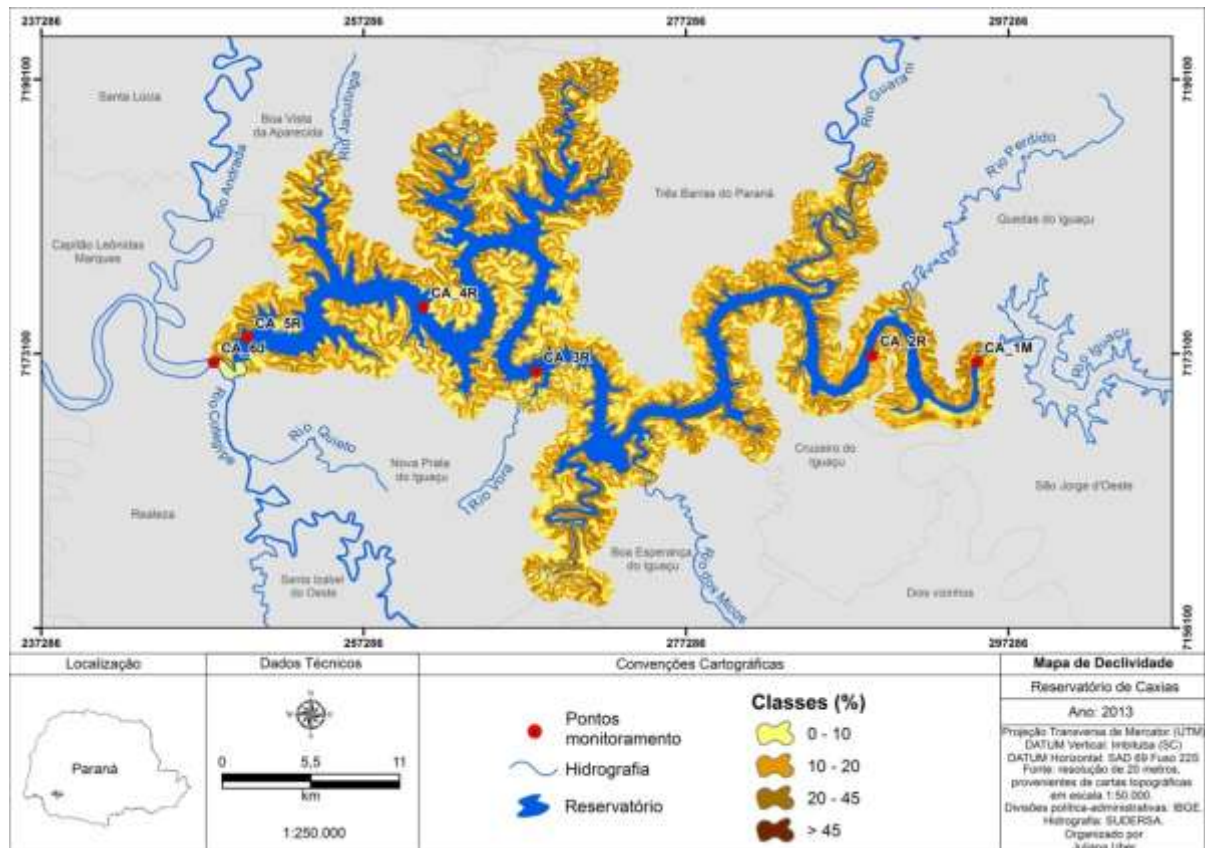


FIGURA 24 - CLASSES DE DECLIVIDADE NO ENTORNO DE 1.000 m DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS, COM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

### 3.2 Dados de qualidade de água

Dados de qualidade de água foram coletados trimestralmente entre 2005 e 2012, sendo que a partir de 2008, exclusivamente para a Usina de Foz do Areia, a coleta tornou-se bimestral. A coleta das amostras de água foi de responsabilidade da equipe de campo da COPEL, e os ensaios analíticos foram realizados nos laboratórios LACTEC, CEPPA e Laboratório de Ficologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

A metodologia de coleta de amostras de água seguiu o estabelecido por Santos *et al.* (2001). As amostras coletadas são do tipo “simples”, caracterizada por uma única amostra coletada em um ponto, em um determinado instante e depositada em um frasco individual.

As amostragens nas estações de montante e jusante foram realizadas manualmente pela imersão de um frasco no corpo de água até a profundidade desejada, cerca de 30 centímetros, sendo o mesmo inclinado com a boca direcionada contra a corrente até se

obter o volume desejado. As amostras de estações de reservatório foram coletadas na primeira profundidade estabelecida pelo método do IQAR (IAP, 2009), ou seja, a medida do disco de Secchi x 0,54. Esta amostragem é realizada com garrafa de Van Dorn.

Na sequência, os frascos foram devidamente vedados. Quanto ao acondicionamento das amostras, os frascos utilizados eram quimicamente inertes, a fim de evitar reações com as amostras. De acordo com a análise desejada, os frascos eram de polietileno, vidro neutro ou borossilicato âmbar. Os frascos foram devidamente identificados com etiquetas contendo o nome do projeto, o local de amostragem (estação de coleta), data e horário da coleta, tipo de preservação e característica a ser determinada.

Ainda em campo, a equipe da COPEL realizou anotações em uma ficha de campo e realizam medições de temperatura ambiente (°C), transparência da água (profundidade do disco de Secchi, em metros), altitude (m) e demais informações sobre a região de coleta, como a ocorrência de iridescências ou espumas na superfície da água, descrição das condições climáticas no momento da coleta e no período de 48 h anteriores, alterações de cor ou odor e eventuais problemas ocorridos durante os procedimentos de amostragem. Constam ainda na ficha de campo as seguintes informações básicas: procedência da amostra, data e hora de coleta, técnico responsável pela coleta, tipo de amostra coletada, profundidade do ponto e profundidade de coleta.

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas, contendo gelo e encaminhadas para os laboratórios responsáveis pelas análises.

Os procedimentos de laboratório seguiram literatura técnica específica (APHA, 1998; APHA, 2005) e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR-9898, NBR-12614 (ABNT, 1987; 1992).

As variáveis selecionadas para estudo entre as monitoradas pelo Programa de Automonitoramento da COPEL encontram-se listadas a seguir, na Tabela 17, juntamente com o método analítico aplicado para a obtenção dos resultados.

Tanto a clorofila-a, quanto a densidade do fitoplâncton foram avaliadas no programa de monitoramento da COPEL, em algumas estações selecionadas nos reservatórios. Em Foz do Areia, as estações selecionadas foram FA\_2R, FA\_3R e FA\_4R. No reservatório de Segredo, estas variáveis foram avaliadas nas estações SE\_2R e SE\_3R e no reservatório de Caxias, nas estações CA\_3R e CA\_5R.

TABELA 17 - LISTA DE VARIÁVEIS SELECIONADAS PARA O ESTUDO E METODOLOGIA DE ENSAIOS ANALÍTICOS

Variável	Metodologia	Referência	Limite de detecção
Clorofila-a*	Método monocromático Método tricromático	Lorenzen, 1967 Jeffrey e Humphrey, 1975	-
DBO	Método 5210 NBR 12614.	APHA, 2005. ABNT, 1992.	1,0 mg.L <sup>-1</sup>
DQO	Método 2340 B	APHA, 2005.	1,0 mg.L <sup>-1</sup>
Condutividade	Método 2510 B	APHA, 1998.	-
Coliformes Termotolerantes**	Método 9221: parte 9000 Método 9223: parte 9000	APHA, 2005. APHA, 2005.	<1,8 NMP.100mL <sup>-1</sup> <1,0 NMP.100mL <sup>-1</sup>
Fitoplâncton total*	Método de Utermöhl	Utermöhl, 1958. Huszar e Giani, 2004	-
Fósforo total	Método 4500-PD	APHA, 1998.	< 0,01 mg.L <sup>-1</sup>
Oxigênio Dissolvido	Sonda multiparamétrica	-	-
Nitrogênio total	Método 4500-N <sub>org</sub> A e B	APHA, 2005.	1,0 mg.L <sup>-1</sup>
pH	Método 4500H <sup>+</sup> B	APHA, 1998.	-
Sólidos totais	Método 2540 E	APHA, 1998.	< 200 mg.L <sup>-1</sup>
Turbidez	Método 2130 B.	APHA, 1998.	-

\* Variáveis disponíveis exclusivamente para as estações de reservatório: FA\_2R, FA\_3R, FA\_4R, SE\_2R, SE\_3R, CA\_3R e CA\_5R.

\*\* A escolha da metodologia é determinada pelo dia de entrada da amostra no laboratório e pelo período de incubação.

Quanto à terminologia aplicada aos dados de qualidade de água, não há consenso na literatura específica sobre a utilização do termo parâmetro de qualidade de água e variável de qualidade de água. Neste estudo, optou-se por tratar estes elementos como variáveis, baseando-se na definição estatística de variável, onde esta é o objeto de pesquisa que está sendo investigado, uma característica de interesse medida em cada amostra (CARVALHO e CAMPOS, 2008).

No tocante às estações de monitoramento, conforme citado anteriormente, a estação FA\_4R, localizada na foz do rio Areia, no reservatório de Foz do Areia, teve seu monitoramento iniciado somente em 2008, e desta forma, conta com número menor de observações em relação às demais. As estações FA\_5J e SE\_1M estão localizadas na mesma posição geográfica, no entanto, foram aqui diferenciadas para a avaliação descritiva dos dados, pois são coletadas em períodos diferentes, em conjunto com as demais estações do reservatório de Foz do Areia ou de Segredo. Na avaliação por meio de análise fatorial, estas duas estações foram tratadas como um único conjunto de dados, uma vez que o uso do solo de entorno é o mesmo.

Ressalta-se que outras variáveis, como densidade de cianobactérias e coliformes totais, também foram coletadas ao longo dos programas de monitoramento das usinas estudadas. Apesar de serem apresentadas nas tabelas do Apêndice A, a título de informação,

optou-se em removê-las das análises. No caso da densidade de cianobactérias, como estas algas fazem parte da comunidade fitoplânctônica, optou-se por estudar a densidade total do fitoplâncton. Quanto a coliformes totais, optou-se em estudar a concentração de coliformes termotolerantes, que são parte integrante dos totais, mas são indicadores específicos de contaminação de origem fecal. Já o aporte de matéria orgânica, que também poderia ser inferido pela concentração de coliformes totais, como será discutido posteriormente, pode ser avaliado por outra variável selecionada para o estudo, a DBO. Desta forma, optou-se por selecionar variáveis que não se sobrepusessem diretamente (por estarem contidas ou conterem outras), ou seja, para evitar a multicolinearidade.

Para variáveis em que o valor observado foi inferior ao limite de detecção, por segurança, optou-se por registrar um cenário mais rigoroso, colocando o valor da variável como o valor do limite de detecção. As variáveis que apresentaram tal característica, em algum momento do monitoramento foram: coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, DBO e DQO.

### *3.2.1 Dados meteorológicos regionais*

A avaliação da temperatura ambiente foi realizada no momento da coleta, em cada estação de monitoramento, com o auxílio de termômetro de mercúrio.

A avaliação da pluviosidade deu-se pela seleção de Estações Pluviométricas com banco de dados disponíveis no sistema da COPEL, Instituto das Águas e Hidroweb - Sistema de Informações Hidrológicas da ANA.

A localização das estações pluviométricas foi comparada com a localização das estações de monitoramento no intuito de utilizar dados que refletissem a característica de chuva da região da estação de monitoramento de qualidade de água.

As estações pluviométricas, bem como seu código na ANA e localização em coordenadas UTM encontram-se descritas na Tabela 18, juntamente com a correspondência com a estação de monitoramento de qualidade de água à qual os dados pluviométricos foram vinculados.



TABELA 18 - ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS PARA A DIAGNÓSTICO DOS RESERVATÓRIOS SELECIONADOS

Estação Pluviométrica	Código	Localização Geográfica (UTM)	Estação de Monitoramento correspondente
Porto Vitória	2651058	476.681 E/7.105.827 N	FA_1M
Palmital do Meio (Ex. Fazenda Maracanã)	2651056	485.798 E/7.120.932 N	FA_2R
Usina Gov. Bento Munhoz da Rocha Netto - Barragem	2651055	433.480 E/7.123.109 N	FA_3R FA_5J SE_1M
Madeira Gavazzoni	2551054	471.069 E/7.145.610 N	FA_4R
Solais Novo	2651054	412.026 E/7.113.722 N	SE_2R
Usina Gov. Ney Aminthas de Barros Braga - Barragem	2552057	388.237 E/7.147.291 N	SE_3R SE_4J
Porto Santo Antônio	2553062	288.347 E/7.189.777 N	CA_1M CA_2R CA_3R
Salto Caxias Jus - L1 (2005-2009)	2553061	248.851 E/7.172.483 N	CA_4R
UHE Salto Caxias Barramento (2010-2012)	2553068	250.355 E/7.172.714 N/	CA_5R CA_6J

### 3.3 Tratamento dos dados de qualidade de Água

#### 3.3.1 Consolidação do banco de dados

A COPEL realiza, desde 2005, avaliação contínua da qualidade das águas dos reservatórios e de corpos hídricos relacionados aos empreendimentos hidrelétricos sob sua concessão. Atualmente este banco de dados recebe informações de mais de 20 empreendimentos, que contam com coletas trimestrais ou bimestrais, de acordo com o plano de monitoramento de cada usina.

Para o presente estudo, foram selecionados dados referentes aos empreendimentos UHE Segredo e UHE Caxias, ambos com entradas trimestrais do ano de 2005 a 2012, bem como da UHE Foz do Areia, que conta com dados trimestrais de 2005 a 2008 e bimestrais de 2009 a 2012.

Um banco de dados foi montado, baseando-se em dados originais de laudos analíticos e planilhas de campo. Todos os dados inseridos nestes bancos foram revisados, sendo que valores discrepantes foram checados junto à planilha de registro de ocorrências de cada evento de coleta, a fim de confirmar sua veracidade, ou se o dado correspondia a um possível erro de digitação, de coleta ou de análise em laboratório.

Foram preparadas planilhas no programa Excel 2007 da Microsoft (MICROSOFT, 2007), por usina e estação de amostragem, a fim de embasar a análise de estatística descritiva, bem como sua transposição para o programa *Statistica 11* da Statsoft (STATSOFT, 2012), Matlab da Mathworks (MATHWORKS, 2004) e *SPSS Statistics 22* da IBM (IBM, 2013).

#### 3.3.1.1 Técnicas de preenchimento de falhas

De acordo com Mingotti (2005), a maioria das técnicas estatísticas multivariadas utiliza-se somente de observações completas, e em caso de valores perdidos (“*missing data*”, dados faltantes ou dados perdidos), o elemento amostral deve ser eliminado do processo de análise.

No entanto, em estudos de qualidade de água, a quantidade de possíveis interferências do momento da coleta até a emissão de laudos laboratoriais é enorme. Eventos meteorológicos que afetam a coleta (permitindo a coleta, por exemplo, de somente parte das amostras, ou ainda, impedindo o acesso ao local de amostragem), erros na manipulação de equipamentos, contaminação de amostras, problemas de transporte (incluindo perda da validade da amostra), erros laboratoriais e de digitação são alguns dos problemas que podem levar a ausência de observação de uma determinada variável de qualidade de água em procedimentos de monitoramento sistemático.

Dados faltantes podem gerar resultados tendenciosos, devido a diferenças entre os dados observados e não observados. Portanto, é importante assegurar que os dados analisados sejam de alta qualidade e confiabilidade. Para tal fim, uma abordagem simples seria ignorar os dados que faltam e descartar aqueles do conjunto de dados incompletos. No entanto, esta abordagem não é viável para a avaliação de séries temporais, em que o valor de uma variável relaciona-se (ou depende) do conjunto de dados históricos em um determinado tempo ou ainda, em situações em que o tamanho da amostra é reduzido (HAIR *et al.*, 1998; MINGOTTI, 2005). Os autores supracitados comentam também que uma abordagem comum é a utilização de um tratamento específico para os dados, a fim de preencher a lacuna existente por dados faltantes, através de técnicas de imputação (métodos de atribuição).

Para a seleção do melhor método de imputação de dados faltantes, deve-se tentar identificar padrões para dados perdidos, no sentido de avaliar se são distribuídos ao acaso

nas observações ou se apresentam padrões distintos (HAIR *et al.*, 1998). Ainda segundo os mesmos autores, o não tratamento (ou avaliação) dos dados perdidos pode impactar significativamente a análise a ser realizada.

Segundo Hair *et al.* (1998), dados perdidos podem ser classificados como perdidos ao acaso (MAR - *missing at random*) ou perdidos completamente ao acaso (MCAR - *missing completely at random*). No presente estudo, a ausência de dados em algumas observações de variáveis deu-se, em especial, por problemas de perda de amostra devido à expiração da validade, problemas de logística (transporte) ou falhas no equipamento de leitura, em situações distintas, para diferentes locais e tempos, sendo desta forma, tratados como perdidos completamente ao acaso.

Várias são as técnicas para a atribuição de valores a dados faltantes: substituição pela média, regressão múltipla, interpolação linear, ANOVA, análise de discriminantes (HAIR *et al.*, 1998; ASSUNÇÃO, 2012).

Segundo Knupp (2007), os dados censurados ou faltantes devem ser preenchidos pela média das linhas ou das colunas, ou em último caso, por um número aleatório na mesma ordem de grandeza dos valores considerados naquela linha ou coluna. No presente estudo, após testes de substituição pela média e de regressão múltipla, optou-se pelo método de imputação de substituição pela média. No entanto, a fim de não alterar substancialmente a variância dos dados, a média utilizada não foi a do conjunto total de dados de uma determinada variável, por estação de amostragem, mas sim, a média do conjunto de dados de uma determinada variável, coletados na mesma estação do ano (primavera, verão, outono e inverno), por estação de amostragem. Estes dados foram marcados com um “\*” nas tabelas de dados brutos, apresentadas no Apêndice A.

#### 3.3.1.2 Dados discrepantes

Dados discrepantes podem ser definidos como aqueles consideravelmente mais altos ou mais baixos do que os demais de seu conjunto. Estes podem ser resultado de problemas de transcrição de resultados, de calibração ou mau funcionamento de equipamentos, ou ainda originados por acidentes ambientais. Alguns autores sugerem a substituição destes valores pela média das observações do período (ARFI, 2003; KNUPP, 2007).

No presente estudo, dados discrepantes foram considerados integrantes de conjunto de dados analisados, sendo assim, mantidos no conjunto de dados de cada estação de monitoramento. Em resumo, estabeleceu-se que eventuais dados com valores muito altos ou muito baixos eram representativos do ambiente no momento da coleta, e não advindos de erros de amostragem, análise ou digitação. Tal opção baseou-se no acompanhamento dos monitoramentos e na avaliação, à época da coleta, de cada dado discrepante.

### 3.3.2 *Análise estatística descritiva*

Segundo Soler (2004), a análise descritiva, também chamada de análise exploratória, é o primeiro passo da análise de um conjunto de dados, tendo por objetivo descrever os dados por meio de cálculos de medidas resumo, tabelas e gráficos.

Para a avaliação inicial dos dados de qualidade de água, para cada variável, por estação de monitoramento, foram calculadas a média, a mediana, a moda, o valor mínimo do conjunto, o valor máximo do conjunto, a amplitude, o coeficiente de variação e o desvio padrão. Tais valores foram comparados com literatura pertinente, bem como com a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), quanto a valores limite para rios de Classe 2, como a maior parte dos rios pertencentes à bacia do rio Iguaçu (PARANÁ, 1992).

A aplicação dos dados dos desvios padrão para comparação da medida de dispersão entre as variáveis (quanto maiores, mais dispersos) nem sempre é efetiva, uma vez que os dados de qualidade de água apresentam grandezas muito distintas (alguns variando entre décimos e centésimos de unidade, e outros entre centenas e milhares). Desta forma, optou-se por calcular também o coeficiente de variação (desvio padrão dividido pela média). Tal medida adimensional é útil para a comparação da dispersão entre dois conjuntos de dados de ordem de grandezas diferentes.

De acordo com França (2009), utilizando-se o coeficiente de variação, é possível comparar a variação entre conjuntos de observações, que apresentam médias fortemente discrepantes entre si, ou ainda, medidos em unidades diferentes. O coeficiente de variação também pode ser expresso em valores percentuais. O mesmo autor define a avaliação do grau de dispersão conforme a Tabela 19.

TABELA 19 - CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DO GRAU DE DISPERSÃO.

Valor do Coeficiente de Variação (CV)	Grau de Dispersão
< 0,50	Baixo
0,50 a 1,00	Médio
> 1,00	Alto

Fonte: FRANÇA (2009)

Também no intuito de, graficamente, explicitar a característica dos dados obtidos para cada variável, por estação de amostragem, também foram confeccionados gráficos de caixa (Box Plot), através do programa *Statistica 11*.

Os gráficos de caixa são construídos com base em cinco valores: valor mínimo, 1º Quartil (Q1), mediana (correspondente ao 2º quartil - Q2), 3º quartil (Q3) e valor máximo, sendo os valores máximos e mínimos do conjunto definidos entre aqueles considerados não discrepantes do conjunto. Em uma dada escala, os quartis são valores que dividem as observações em quatro partes, todas elas com o mesmo número de observações. Desta forma, 25% das observações são menores que o Q1, 50% menores que Q2 e 75% menores que Q3 (FARIAS, 2013).

Valores adjacentes (*outliers*) e valores extremos são calculados com base no tamanho da distância interquartil. (Q1-Q3), ou seja, do comprimento da caixa. A este valor dá-se o nome de amplitude interquartil (AIQ). Segundo Farias (2013), o cálculo de valores discrepantes é realizado da seguinte maneira:

- Barreira superior do valor adjacente =  $Q3 + (1,5 \times AIQ)$
- Barreira inferior do valor adjacente =  $Q1 - (1,5 \times AIQ)$

Valores extremos são calculados da seguinte forma:

- Barreira superior do valor extremo =  $Q3 + (3,0 \times AIQ)$
- Barreira inferior do valor extremo =  $Q1 - (3,0 \times AIQ)$

Nos gráficos que serão apresentados posteriormente, os valores adjacentes (*outliers*) receberam o símbolo “○”, sendo valores extremos indicados por “\*”. No interior da caixa, o símbolo “□” indica a posição da mediana (Q2).

Como parte da avaliação dos dados, análises de correlação linear foram realizadas, a fim de comparar dados obtidos com a bibliografia pesquisada. De acordo com Lira (2004), a análise de correlação fornece um número que indica como duas variáveis se alteram em conjunto, medindo a intensidade e a direção da relação linear ou não linear entre duas variáveis. Trata-se de um indicador que estabelece a existência ou não de uma relação entre

variáveis sem que seja necessário o ajuste de uma função matemática. Tal autor reforça, no entanto, que não existe distinção entre a variável explicativa e a variável resposta, ou seja, o grau de variação conjunta entre X e Y é o mesmo que o existente entre Y e X.

Uma correlação linear perfeita entre as variáveis X e Y ocorre quando  $r = |1|$ , em um universo que varia entre 0 e 1. A correlação linear perfeita é positiva quando  $r = 1$  e negativa quando  $r = -1$ . Quando  $r = 0$ , não há correlação linear entre duas variáveis (LIRA, 2004). Tal situação não é determinante para um diagnóstico de ausência de correlação, uma vez que a mesma pode ser determinada de outras formas (logarítmica, exponencial, polinomial, entre outras). No presente estudo, as correlações foram classificadas conforme a Tabela 20.

TABELA 20 - INTERPRETAÇÃO DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES

Coeficiente de Correlação	Interpretação da Correlação Linear
$0,00 <  r  < 0,50$	Fraca
$0,50 \leq  r  < 0,60$	Moderada
$0,60 \leq  r  < 0,90$	Forte
$0,90 \leq  r  < 1,00$	Muito forte

Fonte: LIRA (2004); FRANÇA (2009), modificado pelo autor (2014)

As tabelas de correlação encontram-se no Apêndice B, sendo que valores de correlação linear superiores a  $|0,5|$  foram destacados em vermelho. Ressalta-se que tais correlações podem, eventualmente, ser explicadas através da interpretação das condições ambientais. No entanto, diversos autores reforçam a ausência da relação de causa e efeito entre variáveis correlacionadas linearmente (LIRA, 2004; NAGHETTINI e PINTO, 2007).

### 3.3.3 Análise fatorial

Para a avaliação de um conjunto de variáveis, a estatística apresenta dois grupos de métodos, um no qual as variáveis são avaliadas de maneira isolada e outro no qual estas são tratadas em conjunto, conhecidos, respectivamente, como estatística univariada e multivariada (VICINI, 2005).

De acordo com Knupp (2007), dados de qualidade ambiental apresentam alta variabilidade e desta forma, informações podem ser perdidas quando são aplicados métodos estatísticos univariados para sua interpretação. Para o autor, a estatística multivariada apresenta vantagem no tratamento de dados de qualidade de água, uma vez que

consideram um conjunto complexo, que considera não somente os dados brutos, mas também influências antropogênicas, hidrológicas e sazonais.

Ainda assim, seja na escolha de um método univariado, ou multivariado, sempre há perda de informações, cabendo ao pesquisador a avaliação de qual dimensão de seus dados será afetada pelo método selecionado. Segundo VICINI (2005), na escolha do método multivariado, o pesquisador deve estar ciente que a dificuldade não está na rotina computacional adequada, mas na interpretação do novo conjunto de variáveis que traduzirá as informações que estão sendo reveladas.

Entre as técnicas de estatística multivariada exploratória podem ser citadas: análise de componentes principais (ACP), análise fatorial (AF), análise de correlações canônicas, análise de agrupamentos (Cluster), análise discriminante (AD) e análise de correspondência (AC) (KNUPP, 2007).

Análise fatorial representa um conjunto de técnicas de análise estatística multivariada, que objetiva reduzir o número de variáveis iniciais, através de um processo de transformação linear das variáveis, visando também a menor perda de informação possível (GONTIJO e AGUIRRE, 1998; WUNDERLIN *et al.*, 2001; WILLIAMS, BROWN e ONSMAN, 2010).

Didaticamente, a AF busca a identificação de fatores que resumem um conjunto de medidas tomadas pelo pesquisador. Tais fatores formam novas variáveis, identificadas pela AF, o que acaba por reduzir o número de variáveis iniciais e facilitar a análise de um conjunto de dados observados, tornando-os mais claros para a interpretação (VICINI, 2005). Além disto, de forma geral, a AF agrupa variáveis estudadas em consonância com características comuns (WUNDERLIN *et al.*, 2001).

Para Gontijo e Aguirre (1998), a AF pressupõe que existam fatores causais gerais que originam correlações entre as variáveis observadas. Tais relações são, em grande parte, relacionadas aos mesmos fatores causais (conhecidos como fatores ou componentes), e em função disto, o número final de fatores será, normalmente, menor do que o número de variáveis originais.

O objetivo da AF é determinar relações quantitativas entre variáveis devidas a fatores (sejam estes condicionantes separados, sejam causais gerais). Tais relações são expressas por coeficientes ou percentuais que definem o quanto as variâncias das variáveis iniciais são influenciadas por um (ou mais) fator causal geral (GONTIJO e AGUIRRE, 1998).

Segundo Williams, Brown e Onsman (2010), a análise fatorial exploratória pode ser resumida em cinco passos, conforme a Figura 25.



FIGURA 25 - CINCO PASSOS DA ANÁLISE FATORIAL

Fonte: WILLIAMS, BROWN E ONSMAN (2010), modificado pelo autor (2014)

Certas premissas devem ser verificadas para a avaliação de um conjunto de dados por meio da análise fatorial. Segundo Williams, Brown e Onsman (2010) devem ser avaliados: o tamanho da amostra, a relação entre o número de observações e número de variáveis, a adequação dos dados através do teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), também conhecido como *measure of sampling adequacy* (MSA) e do teste de esfericidade de Bartlett. Para este último é importante que os dados apresentem uma distribuição normal multivariada, que também deve ser checada. Estas etapas são detalhadas nos itens subsequentes.

Uma vez que o conjunto de dados contemple as premissas necessárias à análise multivariada fatorial, deve-se dar sequência à mesma.

### 3.3.3.1 Adequação dos dados à análise fatorial

De acordo Williams, Brown e Onsman (2010), há muita variação na literatura quanto ao número mínimo de observações para avaliar os pré-requisitos necessários à aplicação da análise fatorial. Já Hair *et al.* (1998) indica que um pesquisador nunca deve realizar uma análise fatorial com um valor menor do que 50 observações, sendo 100 um



valor mínimo. Na Tabela 21 são elencadas as classes de tamanho de amostras visando à análise fatorial, descritas por Comrey (1973)<sup>5</sup> *apud* Williams, Brown e Onsmann (2010).

TABELA 21 - INTERPRETAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA PARA ANÁLISE FATORIAL, SEGUNDO COMREY (1973)

Tamanho da amostra (número de observações)	Classificação
100	Pobre
200	Razoável
300	Bom
500	Muito bom
1.000	Excelente

Outra recomendação, indicada por diversos autores é a relação entre o número de observações “n” e o número de variáveis avaliadas “p”. Assim como o tamanho da amostra, também o valor mínimo da razão n:p não é consenso entre os pesquisadores. De acordo com Hair *et al.* (1998), tal razão deve ser de 10:1, sendo que até valores de 20:1 são encontrados na literatura (WILLIAMS, BROWN e ONSMAN, 2010). Segundo França *et al.* (2009), deve-se atender minimamente à “n > p”, uma vez que com um maior número de dados disponíveis as soluções obtidas são mais estáveis. De qualquer forma, Segundo Field (2000)<sup>6</sup> *apud* Koostra (2004), a conclusão geral é que o tamanho absoluto da amostra e a magnitude absoluta das cargas dos fatores seriam as características mais relevantes a serem observadas na busca de uma solução confiável via AF.

No presente estudo, ambas as condições foram avaliadas para a realização da análise fatorial.

A adequabilidade dos dados quanto à estrutura da análise fatorial foi avaliada através do teste de esfericidade de Bartlett e da medida de adequabilidade da amostra de Kaiser-Meyer-Olkin, através do programa SPSS Statistics e Matlab.

A medida de adequabilidade de Kaiser-Meyer-Olkin avalia qual a variância dos dados que pode ser considerada comum a todas as variáveis e que, desta forma, pode ser atribuída a um fator comum (VAROL *et al.*, 2012). A estatística deste teste é representada por um índice (MSA - *Measure of Sampling Adequacy*)

O valor de MSA varia entre 0 e 1, sendo que valores entre 0,5 e 1,0 indicam que a análise fatorial é uma ferramenta apropriada para a avaliação dos dados, enquanto valores abaixo de 0,5 indicam que a análise fatorial pode ser inadequada para o conjunto de dados

<sup>5</sup> COMREY, A L. **A first course in factor analysis**. New York: Academic Press, 1973.

<sup>6</sup> FIELD, A. **Discovering statistics using SPSS for Windows**. London: Sage Publications, 2000.

em questão (HAIR *et al.*, 1998; VAROL *et al.*, 2012). Já França (2009), elucida que o não atendimento ao valor mínimo de 0,5 para o índice MSA não implica no total impedimento do uso da análise fatorial, mas sim em uma perda de confiabilidade dos resultados obtidos.

Em situações onde o MSA apresenta valores inferiores a 0,5 é sugerido por vários autores, o estudo da matriz de correlações anti-imagem (HAIR *et al.*, 1998; WILLIAMS, BROWN e ONSMAN, 2010) ou a análise das comunalidades individuais (FRANÇA, 2009). A matriz anti-imagem explicita o poder de explicação dos fatores em cada uma das variáveis analisadas (BEZERRA e CORRAR, 2006), quando são apresentados os valores de MSA para cada variável presente na amostra. Variáveis com valores inferiores a 0,5 devem ser retiradas da análise. A análise do KMO do novo conjunto deve ser realizada, e o novo índice avaliado visando ao seu atendimento.

As comunalidades representam a parte da variância das variáveis que está distribuída nos fatores, ou seja, a comunalidade de uma variável é a soma dos quadrados dos pesos da variável em todos os fatores extraídos (KOOTSTRA, 2004; FRANÇA, 2009). De acordo com França (2009), as comunalidades são importantes porque podem definir o critério de exclusão das variáveis. Segundo o autor supracitado, variáveis com comunalidade inferior a 0,7 devem ser descartadas e a análise deve ser realizada novamente.

No presente estudo o valor de MSA foi calculado para cada um dos 15 conjuntos iniciais de dados de qualidade de água. Posteriormente foram avaliadas tanto a matriz anti-imagem, quanto as comunalidades, a fim de verificar qual o método mais adequado de eliminação de variáveis (caso necessário) dos conjuntos de dados em estudo. No caso do estudo da matriz anti-imagem, as variáveis que apresentaram índice inferior a MSA individual 0,5 foram removidas do conjunto e a análise foi realizada novamente para a verificação do novo índice MSA da amostra. Em paralelo, foi realizada a análise das comunalidades, sendo aquelas variáveis com valor inferior a 0,7 removidas e a o cálculo do novo MSA foi realizado novamente.

Já o teste de esfericidade de Bartlett testa a hipótese de que as correlações de uma dada matriz de correlação sejam iguais a zero, ou seja, a hipótese de que as variáveis não sejam relacionadas. Para ser considerado adequado para avaliação por meio de análise fatorial, o resultado do teste de esfericidade de Bartlett deve ser significativo, ou seja, o p-valor deve ser inferior a 0,05. No entanto, este teste é sensível à normalidade dos dados,

sendo que estes devem apresentar uma distribuição normal multivariada para atenderem às necessidades do teste.

A normalidade multivariada dos dados foi avaliada através da função *NORMULT* e avaliação dos gráficos Scatter Plot gerados através do emprego do programa MATLAB (FRANÇA, 2009). A avaliação da distribuição normal é visual, por meio da análise do gráfico gerado.

No estudo do gráfico de Scatter Plot, é avaliada a relação entre os valores observados com os valores esperados, buscando a verificação de uma distribuição normal (VICINI, 2005). Para validar a premissa de que os dados apresentam distribuição normal, o gráfico resultante de tal avaliação deve estabelecer uma reta (ou uma reta aproximada), uma vez que a distribuição normal forma uma reta diagonal e os dados reais do gráfico devem ser comparados com a diagonal, seguindo próximos à mesma (GUIMARÃES, 2012).

#### 3.3.3.2 Método de extração de fatores

A extração de fatores na AF pode ser realizada por diferentes métodos. Entre estes podem ser citados o método dos centroides, da máxima verossimilhança, das comunalidades, de fatores principais, da fatoração por imagem, fatoração alfa, e da ACP (FIGUEIREDO-FILHO e SILVA-JÚNIOR, 2010).

No presente estudo, o último método (ACP) foi aplicado para a extração de valores na AF. Segundo Vicinni (2005), a ACP realiza a transformação de um conjunto de variáveis iniciais, que são correlacionadas entre si, em outro conjunto, de variáveis não correlacionadas (ortogonais), chamadas componentes principais. Estas resultam de combinações lineares do conjunto inicial. Williams, Brown e Onsmann (2010) comentam que a ACP seria mais indicada quando não há uma teoria preliminar, e quando estão sendo estabelecidas soluções iniciais para um dado problema. Também a extração por componentes principais é reconhecidamente a mais utilizada, em especial por ser o *default* de muitos softwares de estatística (PALLANT, 2007; WILLIAMS, BROWN e ONSMAN, 2010).

### 3.3.3.3 Rotação ortogonal

De acordo com Andrade *et al.* (2007), é comum que a matriz das componentes obtidas na fase de extração seja de difícil interpretação, especialmente em situações em que as cargas dos fatores estão próximas dos valores médios. Segundo Figueiredo-Filho e Silva-Júnior (2010), o principal objetivo da rotação dos fatores é tornar o resultado empírico encontrado mais facilmente interpretável, conservando as suas propriedades estatísticas.

Desta forma, um passo importante na análise exploratória dos dados é a possibilidade de rotacionar a matriz fatorial, objetivando ainda maior simplificação dos dados. Segundo Vicini (2005), a rotação de eixos coloca os fatores em posições em que serão associadas só às variáveis relacionadas distintamente a um fator, visando maximizar os pesos dos fatores mais relevantes, e retirar peso dos fatores menos importantes. Esta ferramenta facilita a interpretação dos dados.

Uma vez que existem vários tipos de rotação da matriz fatorial, deve ser selecionada a que melhor se adapta ao conjunto de dados analisado. Na família de rotações ortogonais (ortomax), são conhecidas as rotações varimax, quadrimax, equimax e parsimax (BROWNE, 2001). O tipo de rotação ortogonal Varimax é o mais comumente utilizado. Este método procura minimizar o número de variáveis que apresentam altas cargas em cada fator (PALLANT, 2007). De acordo com Vicini (2005), tais rotações não afetam as comunalidades das variáveis, nem o percentual de variância explicada pelos fatores retidos.

O presente estudo fez uso de procedimentos de rotação da matriz de cargas fatoriais, gerando uma nova matriz de cargas vetoriais, no intuito de facilitar a interpretação dos valores obtidos. Após uma análise exploratória dos dados, o método de rotação varimax foi selecionado.

### 3.3.3.4 Seleção do número de fatores retidos

Diferentes metodologias podem ser utilizadas no intuito de selecionar o número adequado de fatores. Entre eles destacam-se a avaliação do gráfico de Scree Plot (CATELL, 1966; 1978), o método da variância acumulada (HAIR *et al.*, 1998) e o critério de Kaiser (KAISER, 1958).

No presente estudo, o método utilizado para a estimativa de fatores por componentes principais foi o critério de KAISER (1958), selecionando como fatores retidos aqueles cujos autovalores fossem maior que 1,0. As variáveis selecionadas para a caracterização dos fatores foram aquelas com peso absoluto igual ou superior a 0,7 (MAZLUM *et al.*, 1999; FRANÇA-SIECIECHOWICZ *et al.*, 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estatística descritiva dos dados de monitoramento

No presente item, são apresentadas tabelas contendo os valores mínimos, médios, máximos, os valores de mediana, moda, amplitude, coeficiente de variação e desvio padrão para cada variável em estudo, por estação de amostragem. Estes dados são apresentados simultaneamente para os três reservatórios avaliados, no intuito de compará-los, sendo os resultados das estações de monitoramento apresentados na sequência geográfica em que estas se localizam.

As variáveis avaliadas, conforme descrito anteriormente foram: temperatura ambiente e temperatura da água, pluviosidade acumulada em 48h anteriores à coleta, oxigênio dissolvido, transparência da água (disco de Secchi), turbidez, clorofila-a, DBO, DQO, condutividade, coliformes termotolerantes, fitoplâncton total, fósforo total, nitrogênio total, pH, sólidos totais.

#### 4.1.1 Avaliação do regime de chuvas e da temperatura ambiente

Segundo Veronez (2011), apesar de as variáveis físicas e químicas da água interagirem entre si, estas também podem ser influenciadas pelo meio externo, como a ocorrência de precipitação. Fritzens *et al.* (2003) reforçam que a precipitação exerce influência direta na vazão do corpo hídrico e em sua qualidade de água, uma vez que esta última se altera com a variação do fluxo, concentrando ou diluindo alguns compostos ali presentes. Os autores ressaltam, no entanto, que especialmente em bacias predominantemente rurais, torna-se difícil estabelecer a relação direta entre alterações na qualidade da água e a pluviosidade. Tal fato estaria relacionado aos diferentes graus de impacto que a precipitação pode ocasionar em diferentes tipos de uso do solo.

Na Tabela 22 é apresentada a estatística descritiva os dados de pluviosidade acumulada 48 horas antes dos eventos de coleta, por estação de monitoramento. A Figura 26 apresenta o gráfico de caixa dos dados de pluviosidade acumulada em 48 horas anteriores às coletas. Com base em tal ilustração pode-se observar que, excetuando-se

valores extremos e *outliers*, menor amplitude pluviométrica foi registrada na região de Caxias (baixo Iguaçu), com maior amplitude nas UHEs localizadas no terço médio do rio Iguaçu (Segredo e Foz do Areia).

TABELA 22 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE PLUVIOSIDADE ACUMULADA EM 48h (DIA DE COLETA E ANTERIOR), EM mm, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	8,2	12,2	14,9	12,9	15,9	14,5	17,9	12,1	10,4	7,9	7,9	3,7	3,3	3,3	3,3
Mediana	1,0	1,0	4,8	5,0	4,8	1,4	1,2	0,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Moda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	52,2	82,0	121,4	125,6	121,4	121,8	121,8	86,4	86,4	101,6	101,6	70,2	54,8	54,8	54,8
Amplitude	52,2	82,0	121,4	125,6	121,4	121,8	121,8	86,4	86,4	101,6	101,6	70,2	54,8	54,8	54,8
Coef. Var.	1,6	1,6	1,8	1,9	1,7	1,9	1,7	1,8	1,9	2,8	2,8	3,4	3,3	3,3	3,3
D.Padrão	12,9	19,9	26,9	24,8	27,2	27,9	29,7	21,5	20,2	21,9	21,9	12,8	10,9	10,8	10,8

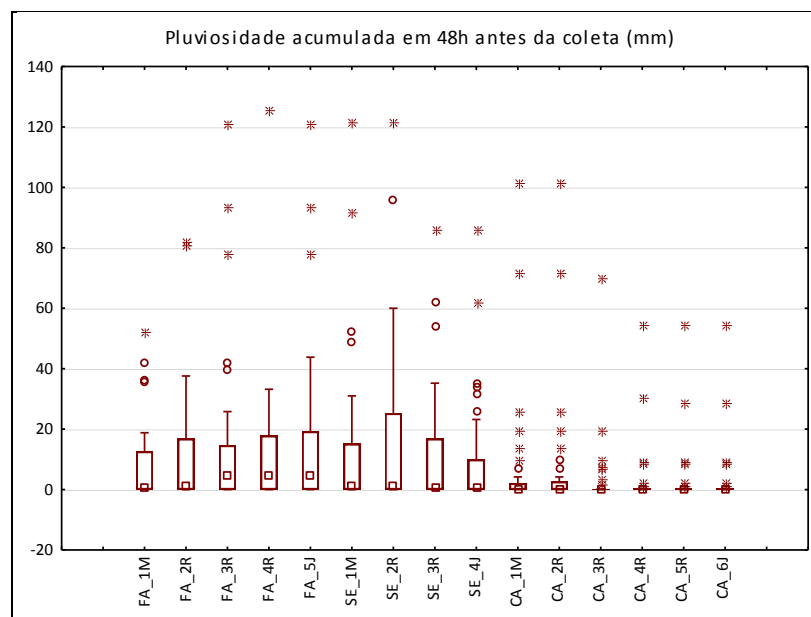


FIGURA 26 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE PLUVIOSIDADE ACUMULADA EM 48h (DIA DE COLETA E ANTERIOR), EM mm, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

De acordo com Simões (1954), o estado do Paraná encontra-se em uma área de transição com relação a dois diferentes regimes climáticos, o tropical (ocorrente do planalto paulista para o norte do estado do Paraná) e o mesotérmico (característico da região sul do país). Nesta área de transição, o regime de chuvas passa das características chuvas mais concentradas no verão para chuvas distribuídas ao longo do ano, sem que seja observado um típico período seco, no outono e no inverno. Mesmo reforçando a característica de distribuição mais homogênea, Simões (1954) ressalta ainda que, o maior percentual de

chuvas ainda corresponde ao semestre de verão (relacionado ao aquecimento das temperaturas no verão e primavera) e que no inverno e outono, as chuvas estão relacionadas às perturbações trazidas pela Frente Polar Atlântica e anticiclones migratórios vindos do sul.

A situação descrita pode explicar a baixa correlação verificada entre a pluviosidade acumulada e as demais variáveis em estudo. Correlações positivas foram verificadas somente com as variáveis condutividade (CA\_1M) e coliformes termotolerantes (SE\_4J), além de correlação negativa com oxigênio dissolvido (FA\_1M e FA\_5J).

Dados climáticos como temperatura média, amplitude térmica e índice pluviométrico, são de extrema importância para o estudo das características de uma bacia hidrográfica, em especial no tocante ao potencial de erosividade ocasionada pelas chuvas e na identificação dos períodos de estiagem. Neste sentido, tomadas de temperatura do ar podem ser consideradas informações relevantes para a caracterização da região de estudo. A temperatura do ar apresenta um ciclo diário, no qual, geralmente, as temperaturas máximas ocorrem entre 14 e 15 horas e as mínimas acontecem pouco antes do nascer do sol. Também a temperatura do ar exerce influência na temperatura da água superficial (LOPES, CARVALHO e CABRAL, 2012).

A estatística descritiva dos dados de temperatura do ar, tomados no momento das coletas de qualidade de água, estão listados na Tabela 23 e bem como na Figura 27.

TABELA 23 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE TEMPERATURA DO AR (°C) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	18,6	19,4	19,9	19,9	18,4	18,7	19,7	21,6	21,8	22,1	22,2	21,6	22,8	23,8	23,9
Mediana	18,5	19,1	19,6	20,4	18,3	19,0	20,3	23,4	21,7	22,6	23,2	21,8	24,7	24,7	24,2
Moda	17,9	26,0	18,0	27,3	23,8	21,6	17,6	24,8	18,6	22,0	22,5	23,0	18,2	25,0	27,7
Mínimo	7,4	6,9	10,1	11,1	10,0	10,4	11,9	12,8	12,3	13,5	13,0	10,8	11,5	14,0	13,1
Máximo	26,5	33,0	26,9	27,3	23,8	25,1	28,0	26,5	29,6	27,8	28,0	36,3	30,5	30,6	31,1
Amplitude	19,1	26,1	16,8	16,2	13,8	14,7	16,1	13,7	17,3	14,3	15,0	25,5	19,0	16,6	18,0
Coef. Var.	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
D.Padrão	4,8	5,4	4,1	4,6	3,3	3,1	4,2	4,2	4,1	3,8	3,8	5,5	5,2	4,6	4,8

De acordo com a classificação de Köppen, a região de entorno dos reservatórios de Foz do Areia e Segredo encontra-se predominantemente na categoria Cfb. Já o reservatório de Caxias, tem a maior parte de sua área de entorno no clima Cfa (ITCG, 2008; LACTEC, 2009a, 2009b).



O clima Cfa, região de Caxias, caracteriza-se por ser um clima subtropical, com temperatura média inferior a 18°C no mês mais frio (mesotérmico) e de temperatura média do mês mais quente acima de 22°C. Apresenta verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência à concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (SEAB, 2010). O clima Cfb, região de Foz do Areia e Segredo, caracteriza-se por ser temperado, úmido, com a temperatura média do ar inferior a 18°C, no mês mais frio (mesotérmico) e verões frescos, com temperatura média do ar abaixo de 22°C no mês mais quente (SEAB, 2010).

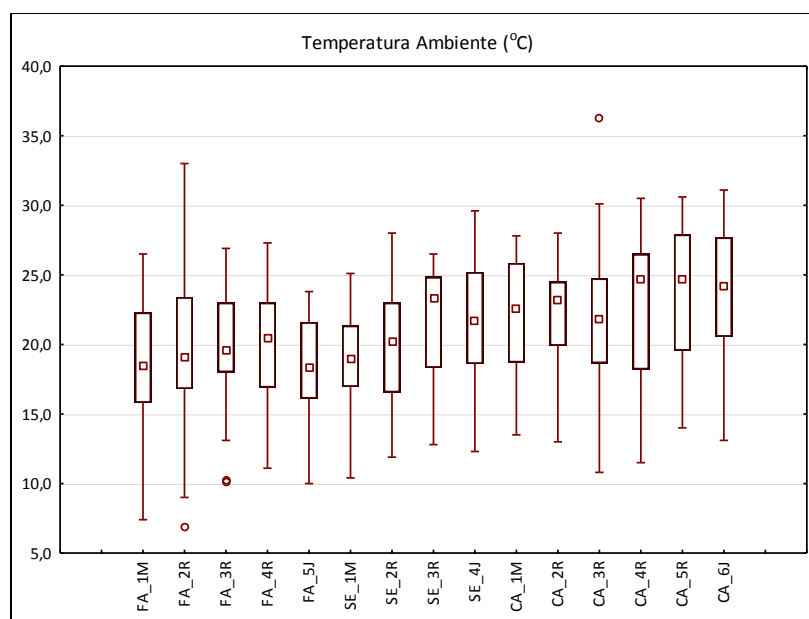


FIGURA 27 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE TEMPERATURA DO AR (°C) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Observa-se (Tabela 23) que valores médios inferiores a 22°C foram registrados comumente nas estações de Foz do Areia e Segredo (clima Cfb) e valores ligeiramente superiores, registrados nas estações de Caxias (clima Cfa), sendo desta forma, compatíveis com os dados anteriormente descritos, mesmo sendo estes representativos da média do período de monitoramento, e não em específico do mês mais quente. Também são registrados valores mínimos menores nas estações de Foz do Areia, quando comparados com os valores mínimos das estações de Caxias.

#### 4.1.2 Avaliação da qualidade de água dos reservatórios selecionados

Além da apresentação da estatística descritiva dos dados de qualidade de água das estações de monitoramento, a título de comparação com valores vigentes na legislação ambiental pertinente (CONAMA 357/05), resultados que ultrapassaram tais limites para rios de Classe 2 foram destacados nas tabelas, sempre que a variável apresentasse valor determinado em legislação.

Segundo a Portaria Surehma nº 20/1992 (PARANÁ, 1992), os rios pertencentes à Bacia do Iguaçu, estão enquadrados na Classe 2. No entanto, a responsabilidade de enquadramento do rio Iguaçu, por ser um rio transfronteiriço, é da ANA (Agência Nacional de Águas), sendo que até o momento, o mesmo não está enquadrado. Desta forma, aplica-se aqui o Capítulo VI, Artigo 42, da Resolução CONAMA nº 357, que estabelece que “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, as salinas e salobras Classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente” (BRASIL, 2005). Desta forma, para critérios de estabelecimento e comparação com limites da legislação, o rio Iguaçu foi considerado de Classe 2 no trecho estudado.

Também são apresentados gráficos de caixa (Box Plot) para cada variável, com todas as estações de monitoramento apresentadas em ordem geográfica, bem como discutidas as correlações lineares entre as variáveis.

##### 4.1.2.1 Oxigênio dissolvido

O oxigênio é, entre os gases dissolvidos na água, um dos mais importantes na avaliação da dinâmica do ecossistema e para sua caracterização (ESTEVES, 1998). O oxigênio dissolvido (OD) afeta vários processos no ambiente aquático, bem como sua concentração é influenciada por outras variáveis, como temperatura, salinidade, turbulência da água, produção primária e pressão atmosférica (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996; PHA, 2010).

O oxigênio é introduzido na água, basicamente por duas maneiras: pela fotossíntese e pela atmosfera. O primeiro é regido pela dinâmica da comunidade de produtores

primários, que na presença da luz do sol, água e dióxido de carbono, liberam oxigênio para a água, enquanto produzem reserva orgânica pelo processo de fotossíntese. Já o oxigênio presente na atmosfera dissolve-se na água através da diferença de pressão parcial, processo regido pela Lei de Henry, em que a concentração da saturação do gás é definida em função da temperatura (ESTEVES, 1998; CETESB, 2009).

Concentrações adequadas de oxigênio dissolvido são essenciais para a manutenção da vida aquática. À exceção de algumas espécies de peixes, entre as quais o pirarucu, que podem obter oxigênio no ar, a maior parte da comunidade ictiica depende de um teor mínimo de oxigênio dissolvido na água ao redor de 5,0 mg.L<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2000).

Segundo Chapman e Kimstach (1996), em águas não poluídas, a concentração de oxigênio dissolvido está ao redor de 10,0 mg.L<sup>-1</sup>. Deve-se lembrar, no entanto, que concentrações elevadas de OD durante o dia podem ser resultado da atividade maciça dos produtores primários, especialmente em lagos e reservatórios eutrofizados, mesmo que por curtos períodos de tempo. Também é este gás o principal responsável pela continuidade de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais, bem como em estações de tratamento de esgotos (CETESB, 2009). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, o limite mínimo de oxigênio dissolvido em águas interiores de Classe 2 é de 5,0 mg.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005).

A estatística descritiva dos dados de oxigênio dissolvido das estações de monitoramento encontra-se na Tabela 24.

TABELA 24 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg.L<sup>-1</sup>) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	6,4	7,1	7,7	6,8	5,6	5,8	6,6	7,3	5,9	7,3	7,5	7,8	7,5	7,6	6,9
Mediana	6,3	7,1	7,2	7,0	5,8	5,7	6,4	7,5	5,9	7,4	7,5	7,8	7,4	7,6	6,6
Moda	6,6	7,1	6,5	7,0	5,8	4,5	5,7	7,6	5,8	6,5	7,2	8,2	7,9	7,4	6,5
Mínimo	4,3	4,2	3,5	3,9	3,1	3,2	4,3	5,1	3,7	5,2	5,5	4,7	5,1	5,0	4,2
Máximo	9,4	9,4	15,2	8,9	8,6	8,7	9,9	11,4	7,7	10,6	12,2	12,0	11,0	11,7	10,4
Amplitude	5,1	5,2	11,7	5,0	5,5	5,5	5,7	6,3	3,9	5,5	6,7	7,3	5,9	6,7	6,2
Coef. Var.	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
D.Padrão	1,2	1,1	2,5	1,4	1,3	1,6	1,2	1,1	1,0	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	1,5

Os menores valores de oxigênio dissolvido registrados nas estações de monitoramento relacionam-se às estações da UHE Foz do Areia e à estação de montante do reservatório de Segredo (SE\_1M), localizada a jusante de Foz do Areia. O reservatório de Foz do Areia, sendo o primeiro da cascata, funciona como um sistema de depuração dos demais

reservatórios no mesmo rio, fator este corroborado pelo registro de concentrações baixas de OD em alguns períodos.

Também valores médios menores de OD e menores modas foram registrados nas estações de jusante de Segredo (SE\_4J) e Caxias (CA\_6J). Estes valores mais baixos podem estar relacionados à altura da tomada de água na barragem do reservatório a montante da estação de monitoramento (BRASSAC-ARRUDA *et al.*, 2011). Grandes reservatórios paranaenses tendem a estratificar, especialmente no verão. Assim, a água utilizada para a geração de energia, e restituída ao rio após a passagem pela casa de máquinas (posição das estações de jusante), é normalmente captada em profundidades onde ocorre hipóxia ou, até mesmo, anóxia. Desta forma, os valores registrados a jusante de grandes barragens podem ser menores, geralmente em períodos mais quentes, quando a estratificação no reservatório a montante da estação de monitoramento é mais pronunciada. Barbosa *et al.* (1999), quando do estudo de reservatórios em cascata, observaram também que a concentração de oxigênio dissolvido na entrada dos reservatórios de jusante era menor, em função do processo de decomposição que ocorre no hipolímnion do reservatório de montante.

Conforme pode ser observado pela Figura 28, as maiores variações (amplitude) na concentração de OD foram registradas nas estações de reservatório (Foz do Areia, Segredo e Caxias), quando comparadas com os valores registrados para estações de “rio” (montante e jusante).

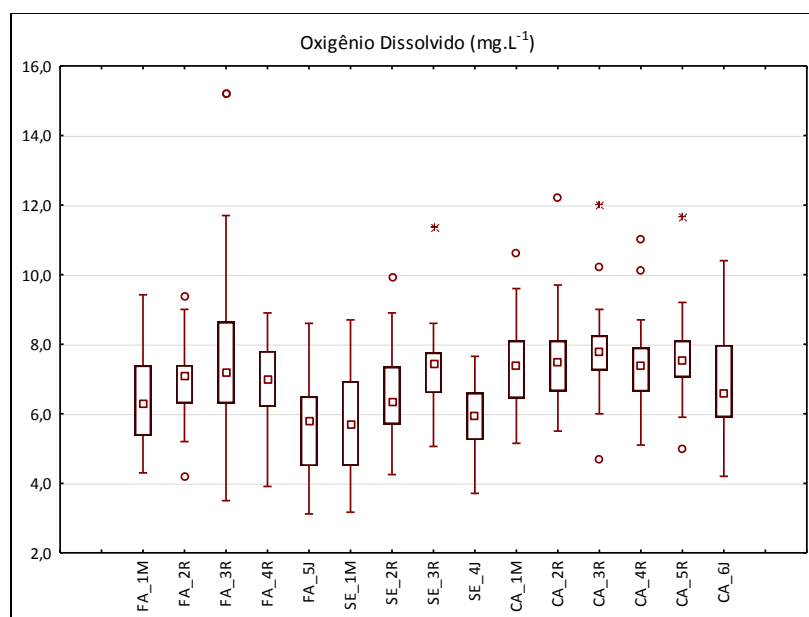


FIGURA 28 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg.L<sup>-1</sup>) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Isto ocorre em função do registro da ocorrência eventual de florações de microalgas nestes lagos quando ocorrem picos de produção primária e a concentração de oxigênio dissolvido se eleva durante o dia.

Segundo ANA (2009), águas eutrofizadas podem apresentar situações de supersaturação de oxigênio (quando a concentração do gás dissolvido supera  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Após um tempo, com a senescência da comunidade fitoplanctônica, a elevada biomassa celular, agora morta, torna-se disponível para a decomposição por bactérias aeróbias, deplecionando a concentração de OD, fato que pode ser corroborado por valores baixos de OD registrados especialmente na estação FA\_3R ( $3,5 \text{ mg.L}^{-1}$ ), no reservatório de Foz do Areia, onde florações foram registradas de forma mais frequente.

Em todas as estações de rio (montante e jusante dos empreendimentos), a variável oxigênio dissolvido apresentou correlação negativa com a variável temperatura da água (Apêndice B). Já nas estações de reservatório não foram observadas correlações moderadas ou superiores. O comportamento dos gases, incluindo o oxigênio dissolvido, tem relação com a temperatura, pois a elevação na mesma torna gases menos solúveis. Como se trata de um sistema aberto, o oxigênio dissolvido na água desprende-se para o ar (FIORUCCI e BENEDETTI-FILHO, 2005). Situações como esta, onde o oxigênio dissolvido e a temperatura da água mostraram correlação negativa já foram registradas anteriormente, como em Saffran e Anderson (1997), em estudos do rio Red Creek, em Alberta, Canadá.

É possível que tal correlação não tenha sido registrada nas estações de reservatório, em função da influência dos processos de estratificação, característica nos locais estudados. A estratificação térmica forma uma barreira física, com diferenças significativas na densidade da água. Esta barreira impede a mistura de massas de água com temperaturas e concentrações de OD diferentes. Assim, o calor não se distribui de forma homogênea na coluna de água, da mesma forma que o OD (PADIAL, POMPÊO e MOSHINI-CARLOS, 2009). Estudos como o de Pratte-Santos e Simões (2010), também registraram correlação fraca (abaixo de 0,5) entre o oxigênio dissolvido e a temperatura em reservatórios, observado no reservatório de Duas Bocas, no Espírito Santo.

Outro fator interferente na correlação negativa linear entre o oxigênio dissolvido e a temperatura da água, em ecossistemas lênticos, é a atividade fotossintética (MAYER,

1987<sup>7</sup> apud SILVA, ANGELIS e MACHADO, 2008). Em eventos de floração, a concentração de oxigênio dissolvido se eleva, independentemente da elevação da temperatura, mesmo considerando que esta última também influencia no metabolismo das comunidades aquáticas.

É o que pode se observar na Figura 29, em que há um pico na concentração de oxigênio dissolvido na estação FA\_3R, em outubro/2006, um mês no qual tipicamente as temperaturas não são tão elevadas, mas em que ocorreu evento de floração intenso no reservatório de Foz do Areia (ano de 2006).

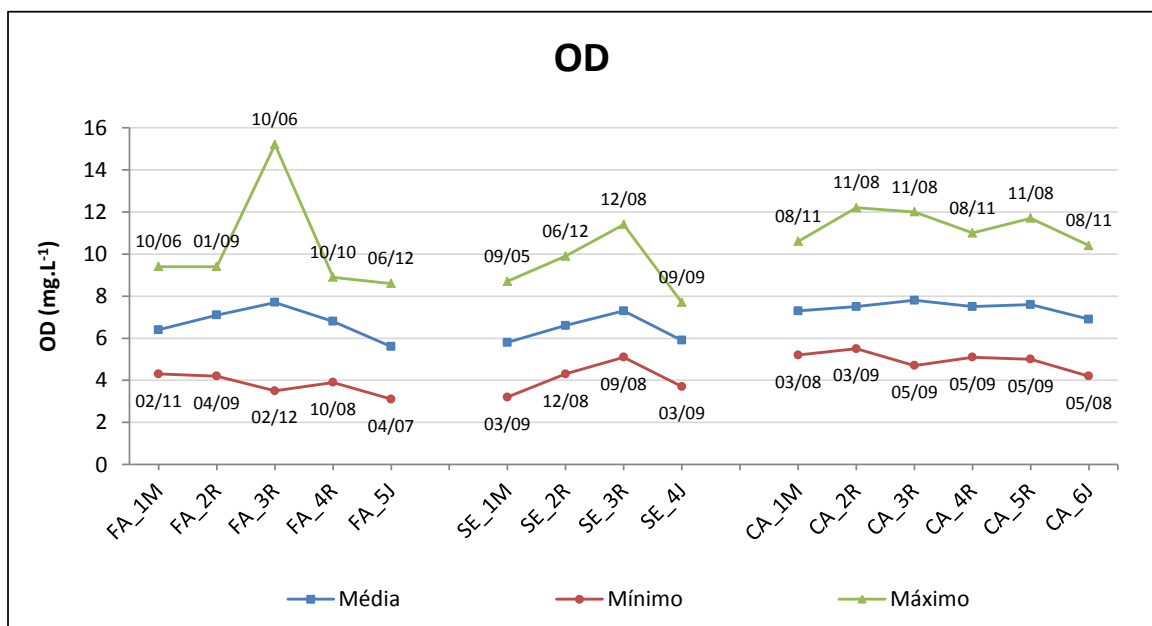


FIGURA 29 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg.L<sup>-1</sup>), COM INDICAÇÃO DO MÊS E ANO DE OCORRÊNCIA, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Além da temperatura, a variável oxigênio dissolvido apresentou correlação negativa forte com a temperatura ambiente (FA\_1M e FA\_5J), forte a moderada com a transparência da água (FA\_3R, SE\_2R e CA\_3R) e moderada com a pluviosidade acumulada (FA\_1M e FA\_5J). Correlação positiva foi observada com as variáveis pH (FA\_2R e FA\_3R), turbidez (FA\_3R e CA\_1M), clorofila-a (FA\_2R e FA\_3R), bem como fósforo total, nitrogênio total, sólidos totais DBO, DQO e fitoplâncton (FA\_3R).

<sup>7</sup> MAIER, H. M. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47° 55" - 48° 55"W, 22° 30" - 21° 55"S - Brasil): qualidade da água do rio principal. *Ciência e Cultura*, v. 39, n. 2, 164-185, 1987.

#### 4.1.2.2 pH

A avaliação do pH de um lago ou rio depende diretamente de fatores do ambiente natural. Valores de pH variam com o clima, com a geologia e vegetação do local, e representam um balanço entre o dióxido de carbono, os íons carbonato e bicarbonato, além de outras substâncias naturais, como ácidos húmicos e fúlvicos (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996). Assim como o oxigênio, variações nos valores do pH afetam diretamente outras características da água, como a precipitação de metais pesados e solubilidade de nutrientes. O pH também exerce influência direta na fisiologia das espécies aquáticas (CETESB, 2009; PHA, 2010). No Brasil, o valor de pH legislado para o enquadramento de águas continentais de Classe 2 varia entre 6,0 e 9,0, segundo a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

É importante frisar que o pH é uma variável que se altera em função da produtividade primária do ecossistema. Em condições eutróficas, esta comunidade tende a aumentar em densidade. Com a densidade elevada, o processo de fotossíntese é intensificado, aumentando a demanda por CO<sub>2</sub> da água. Segundo Silva *et al.* (2010), o CO<sub>2</sub> é a principal fonte natural de acidez da água, através da formação do ácido carbônico. Desta forma, com o consumo elevado do CO<sub>2</sub> há também uma elevação do pH da água.

Os dados apresentados (Tabela 25) indicam que ao longo do rio Iguaçu, nos reservatórios monitorados, o pH das águas é circumneutro, fato verificado pela avaliação da moda (valores mais frequentes entre 6,8 e 7,6). Valores máximos, mais alcalinos, foram registrados nas estações de reservatório. Valores mínimos, nunca foram inferiores a 6,0.

TABELA 25 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE pH NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	7,0	7,5	7,8	7,6	6,9	6,9	7,2	7,5	7,0	7,1	7,4	7,4	7,5	7,6	7,2
Mediana	7,1	7,2	7,5	7,3	6,9	6,9	7,2	7,3	7,0	7,1	7,3	7,5	7,4	7,5	7,1
Moda	7,1	7,2	7,2	7,3	6,8	6,9	7,0	7,3	7,0	7,3	7,2	7,6	7,3	7,5	7,0
Mínimo	6,1	6,3	6,7	6,5	6,3	6,0	6,4	6,6	6,5	6,4	6,9	6,8	6,9	6,9	6,8
Máximo	7,7	9,7	10,1	9,5	8,1	7,7	8,4	9,6	7,5	7,6	8,3	8,2	8,7	8,7	8,6
Amplitude	1,6	3,4	3,4	3,0	1,8	1,7	2,0	3,0	1,0	1,2	1,4	1,4	1,8	1,8	1,8
Coef. Var.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
D.Padrão	0,4	0,7	0,9	0,7	0,3	0,4	0,3	0,7	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3

Esta tendência à alcalinidade das estações de reservatório relaciona-se à produtividade primária dos ecossistemas em estudo. Reservatórios, especialmente por serem ecossistemas lênticos, de águas mais calmas e de maior tempo de residência,

favorecem o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica que, conforme citado anteriormente, demanda  $\text{CO}_2$  para os processos de fotossíntese, o que causa a alcalinização da água (CALIJURI, DEBERDT e MINOTI, 1999). A correlação linear positiva forte entre a variável pH e a densidade do fitoplâncton, bem como com a clorofila-a, evidencia tal processo (estações FA\_2R, FA\_3R, FA\_4R e SE\_3R).

Através da avaliação dos gráficos de caixa (Figura 30), pode-se observar que maiores valores de pH (“\*”) para cada usina (montante, reservatório e jusante) foram registrados nas estações de reservatório, nas proximidades das barragens, em especial nos reservatórios de Foz do Areia e Segredo.

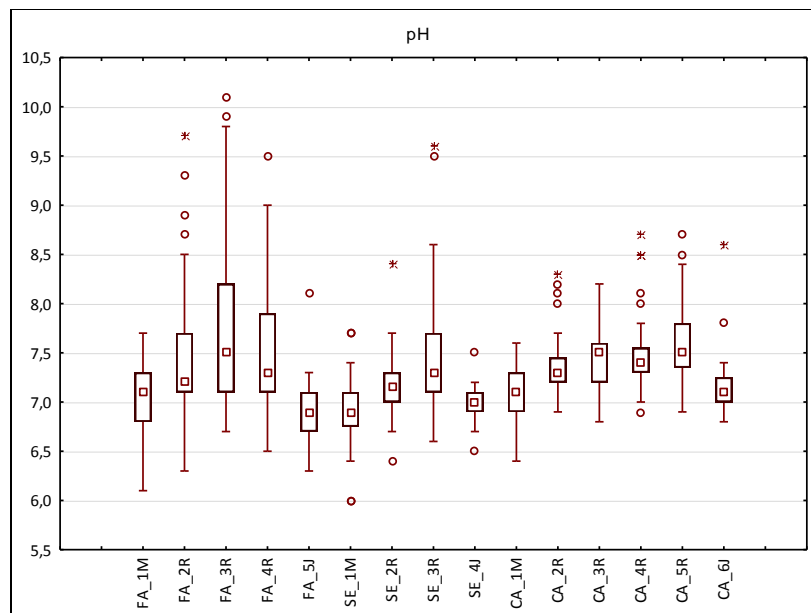


FIGURA 30 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE pH NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Estas estações apresentam condições hidráulicas específicas, como maior profundidade e tempo de residência. O maior valor de pH foi registrado na estação FA\_3R, no reservatório de Foz do Areia, que é o primeiro reservatório da cadeia do Iguaçu. Nesta estação, também foram registrados os maiores valores para densidade fitoplanctônica (discutidas no item 4.1.2.11). Tal valor, de 10,1, ocorreu no ano de 2007, num período em que o reservatório encontrava-se deplecionado e com a superfície da água coberta por floração de cianobactérias.

Em especial, nas estações FA\_2R e FA\_3R foi observada correlação linear positiva moderada entre o pH e o oxigênio dissolvido. Esta avaliação corrobora o diagnóstico da influência de eventos de floração no pH das águas do reservatório de Foz do Areia. A



atividade fotossintética intensa de uma comunidade fitoplanctônica, em um evento de floração, demanda  $\text{CO}_2$  da água para a fotossíntese, elevando o pH da água (MAYER, 1987<sup>8</sup> *apud* SILVA, ANGELIS e MACHADO, 2008). Durante o dia, o processo de fotossíntese também eleva a concentração de OD, daí a correlação positiva entre estas variáveis em ecossistemas eutrofizados.

Ressalta-se que estes valores mais elevados de pH nas estações do reservatório de Foz do Areia foram registrados no ano de 2006 e 2007, quando o estado do Paraná passou por um período de estiagem severa (Figura 31). O reservatório de Foz do Areia, que é regulador das vazões de jusante, sofreu grande deplecionamento, chegando a ser interditado pelas autoridades ambientais em função da deterioração da qualidade da água pela ocorrência de florações de cianobactérias (IAP, 2006).

Nos reservatórios de Segredo e Caxias, no entanto, a melhor qualidade de água a jusante de Foz do Areia faz com que a ocorrência de florações seja menos frequente, tornando as alterações de pH menos evidentes. Ainda assim, observa-se que os valores decaem nas estações de jusante, onde as condições hidrológicas do corpo hídrico não propiciam a manutenção de florações e favorecem a autodepuração do corpo hídrico.

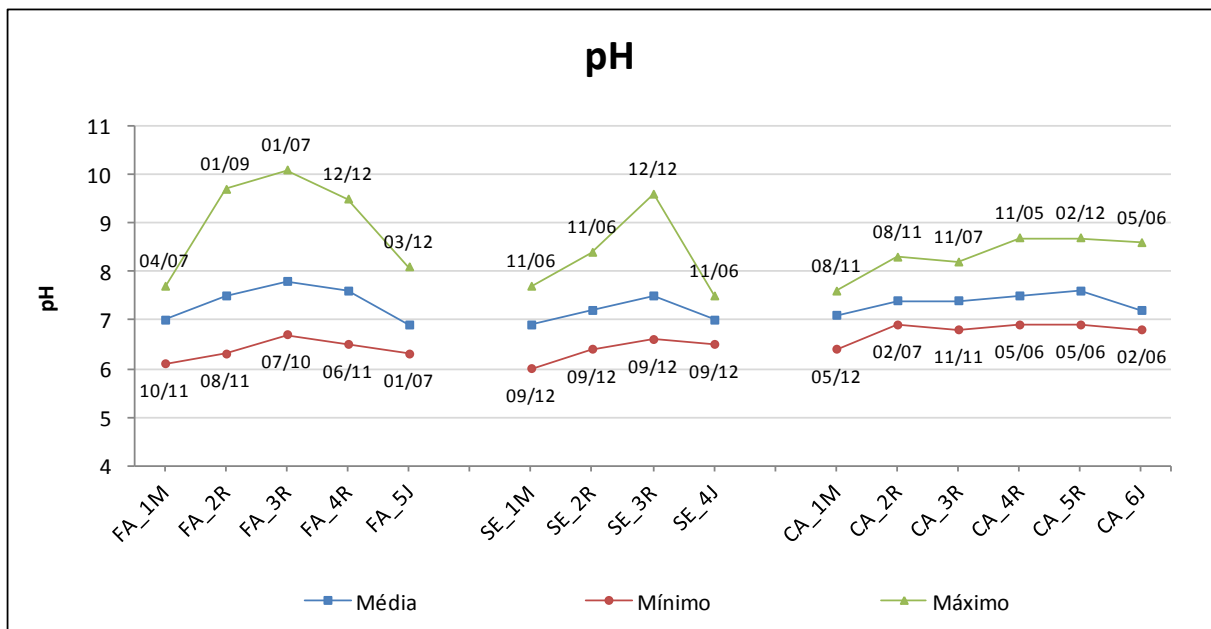


FIGURA 31 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS DE pH, COM INDICAÇÃO DO MÊS E ANO DE OCORRÊNCIA, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

<sup>8</sup> MAIER, H. M. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47° 55" - 48° 55"W, 22° 30" - 21° 55"S - Brasil): qualidade da água do rio principal. *Ciência e Cultura*, v. 39, n. 2, 164-185, 1987.

Além da correlação já citada com a variável oxigênio dissolvido e clorofila-a, também foram registradas correlações entre o pH e a temperatura do ar (FA\_4R, CA\_5R e CA\_6J), temperatura da água (FA\_2R, FA\_4R, SE\_3R e CA\_5R), condutividade (FA\_3R, SE\_1M, SE\_4J e CA\_2R), nitrogênio total (FA\_3R e SE\_4J), fósforo total, sólidos totais, turbidez e DQO (FA\_3R).

#### 4.1.2.3 Transparência da água

A partir das medidas obtidas com o disco de Secchi, pode-se estimar a penetração vertical da luz solar na coluna de água, ou seja, a transparência da água. Esta é influenciada, basicamente, por dois fatores: fontes biogênicas (direta ou indiretamente relacionadas ao fitoplâncton e macrófitas aquáticas) e materiais em suspensão. Em situações de eutrofização, a ocorrência de florações é comum, diminuindo drasticamente a transparência da água. Do mesmo modo, a ocorrência de chuvas, a movimentação das águas (passagem de barcos e animais, em locais rasos) e o carreamento de solo elevam a concentração de sólidos em suspensão, o que aumenta a turbidez da água e diminui sua transparência. Fatores como a nebulosidade do dia e até a visão do operador afetam a leitura do disco de Secchi (UFRJ, 2013).

Os resultados da estatística descritiva das medições de transparência da água encontram-se na Tabela 26. Tal variável não apresenta valor limite descrito na Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

TABELA 26 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO, EM m

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	0,44	1,18	1,50	1,98	1,08	0,92	1,43	2,16	0,98	1,78	1,80	2,53	2,51	2,91	0,94
Mediana	0,40	1,15	1,40	2,00	1,00	0,78	1,40	1,80	0,90	1,65	1,80	2,40	2,58	3,00	1,00
Moda	0,40	1,25	0,90	2,30	1,00	0,50	1,40	1,80	1,00	1,00	1,05	2,00	3,00	3,00	1,00
Mínimo	0,20	0,45	0,20	0,50	0,50	0,10	0,55	0,70	0,40	0,90	0,15	0,50	0,55	0,70	0,30
Máximo	1,00	2,40	3,00	3,50	2,25	2,40	3,15	4,30	2,80	3,45	3,15	5,00	5,20	5,00	2,00
Amplitude	0,80	1,95	2,80	3,00	1,75	2,30	2,60	3,60	2,40	2,55	3,00	4,50	4,65	4,30	1,70
Coef. Var.	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
D.Padrão	0,17	0,46	0,76	0,80	0,42	0,52	0,59	0,95	0,51	0,69	0,81	1,12	1,05	1,07	0,42

As menores amplitudes observadas ocorreram nas estações de montante e jusante, sendo que as maiores amplitudes foram registradas nas estações de reservatório. Tal

situação se processa em função da pouca contribuição da turbidez biogênica relacionada ao fitoplâncton em rios. Já nas estações de reservatório, conforme pode ser observado pela Figura 32, valores mais elevados e indicativos de águas mais transparentes, estão associados à característica lântica das águas reservadas. A velocidade reduzida da água permite a sedimentação de partículas, decantando a água, e propiciando valores mais elevados para transparência da água.

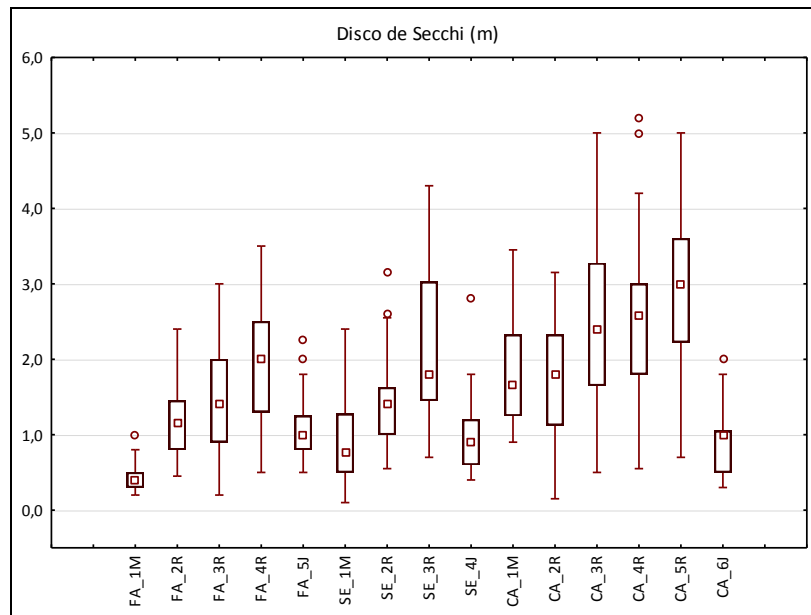


FIGURA 32 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO, EM m

Também nas estações de reservatório foram registrados os menores valores da medida do disco de Secchi. Tal situação, em especial no reservatório de Foz do Areia, pode estar associada à turbidez biogênica, ocasionada pela ocorrência de florações naquele lago.

Segundo França-Sieciechowicz *et al.* (2013c), a região do reservatório de Foz do Areia pode ser classificada como ambiente mesotrófico, através da média dos índices de estado trófico, calculados para as estações de monitoramento, no período de 2011 a 2013. A ocorrência da turbidez biogênica em ecossistemas mesotróficos e eutróficos pode ser corroborada pela correlação linear negativa entre as variáveis transparência da água e oxigênio dissolvido, observada exclusivamente em estações de reservatório (FA\_3R, SE\_2R, CA\_3R), onde a ocorrência de florações foi eventualmente registrada. Correlações lineares negativas já esperadas entre a transparência da água, sólidos totais e turbidez foram registradas para a maior parte das estações, em especial de reservatório. Temperatura

ambiente (FA\_2R), fósforo total (FA\_2R, FA\_3R, SE\_3R, CA\_3R, CA\_4R e CA\_5R) e clorofila-a (FA\_3R e CA\_5R) também apresentaram correlação linear negativa. Além disto, coliformes termotolerantes registraram correlação linear positiva com a transparência da água (FA\_1M e FA\_5J).

#### 4.1.2.4 Turbidez

Segundo ESTEVES (1998), a turbidez da água é a medida de sua capacidade em dispersar a radiação, expressa quantitativamente em termos de coeficiente de dispersão como a turbidez nefelométrica.

Os principais responsáveis pela turbidez da água são as partículas suspensas (biogênicas e abiogênicas) e em menor proporção, os compostos dissolvidos. As partículas de origem biogênica são bactérias e o plâncton, e abiogênicas, os detritos (ESTEVES, 1998). Os principais contribuintes da turbidez abiogênica relacionam-se à erosão, tanto em margens dos rios quanto em lavouras e estradas. Em especial, durante períodos de pluviosidade intensa há maior contribuição destas fontes, principalmente em regiões onde o uso do solo é inadequado. Também atividades de mineração, assim com o lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais contribuem como aumento da turbidez das águas naturais (ANA, 2009; PERPÉTUO, 2011).

Os resultados da estatística descritiva dos valores de turbidez encontram-se na Tabela 27 e ilustrados na Figura 33.

TABELA 27 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE TURBIDEZ (NTU) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	28	10	13	6	9	9	7	5	6	4	10	5	5	4	4
Mediana	23	9	5	4	7	8	7	4	5	4	4	4	4	3	4
Moda	23	6	4	2	4	4	7	2	3	2	2	2	2	2	2
Mínimo	2	3	2	2	2	3	2	1	1	1	2	1	1	1	1
Máximo	101	41	95	29	30	23	23	16	15	12	139	22	18	13	14
Amplitude	99	38	93	27	28	20	21	15	14	11	137	21	17	12	13
Coef. Var.	0,7	0,7	1,5	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	2,4	0,9	0,9	0,7	0,7
D.Padrão	19	7	21	6	6	5	5	3	3	3	24	4	4	3	3

Segundo a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), valores de turbidez não devem ultrapassar 100 NTU para águas de Classe 2. Valores máximos registrados nas estações FA\_1M e CA\_2R ultrapassaram tal limite. Em ambos os casos, os valores mais

elevados estiveram relacionados com a precipitação eventual ocorrida em dias anteriores à coleta (de 3 a 5 dias de chuva), que variou entre 30 mm (CA\_2R) e 90 mm (FA\_1M), em termos de precipitação acumulada. Apesar de tal registro, a turbidez não apresentou correlação linear em relação à pluviosidade acumulada.

De acordo com Esteves (1998), do ponto de vista ótico, a transparência (medida pelo disco de Secchi) pode ser considerada o oposto da turbidez (Figura 33).

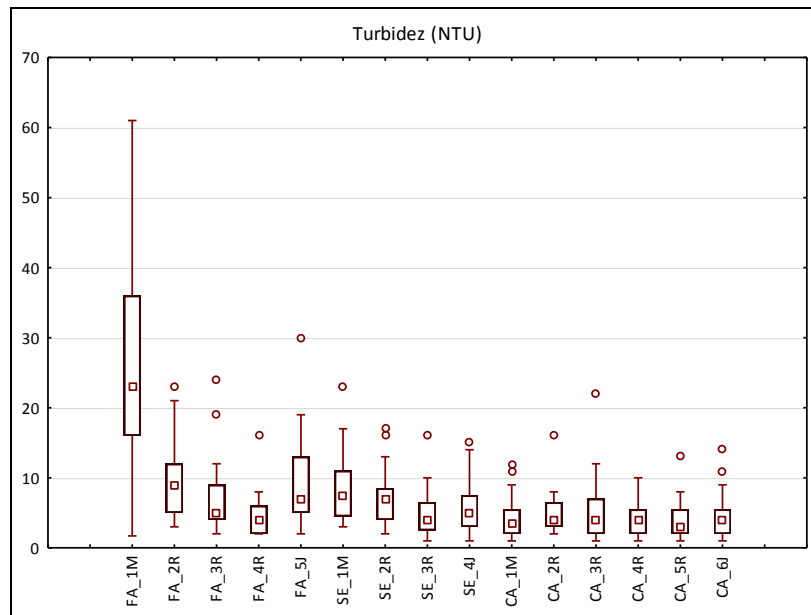


FIGURA 33 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE TURBIDEZ (NTU) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Conforme pode se observar na Figura 32 e na Figura 33, os valores de transparência da água e de turbidez são praticamente inversos nas estações de amostragem. Por exemplo, enquanto observa-se altos valores de turbidez para a estação FA\_1M, a montante do reservatório de Foz do Areia, são observados baixos valores de transparência medidos através do disco de Secchi. O mesmo ocorre de montante para jusante. Quanto mais distantes da região de montante de Foz do Areia, maiores são os valores de transparência e menores os de turbidez. Esta observação, de que quanto mais longe do primeiro reservatório, a turbidez diminui nos demais da cascata, também foi registrada por Barbosa *et al.* (1999).

Tal relação também pode ser corroborada por meio da avaliação da correlação linear entre ambas as variáveis. Em todas as estações de reservatório foi registrada correlação linear negativa entre a medida de transparência da água e a turbidez (Apêndice

B). O sinal negativo indica que estas variáveis crescem ou decrescem em sentidos opostos. O fato de esta correlação ter sido registrada somente nas estações de reservatório está, possivelmente, relacionado ao maior tempo de residência da água em tais ecossistemas que permite a sedimentação de partículas em suspensão, quando comparados em ambientes reófilos, onde a própria turbulência do rio e/ou o revolvimento do fundo em regiões mais rasas, por vezes, dificulta a leitura de transparência da água.

Também pode ser verificado que os valores observados nas estações de reservatório apresentam maior amplitude, com valores máximos maiores. Os menores valores de disco de Secchi e os maiores valores de turbidez nas estações de reservatório estão relacionados, em especial à produtividade primária destes ecossistemas. A ocorrência de valores mais elevados de transparência e mais baixos de turbidez, nas mesmas estações, relacionam-se à sedimentação de partículas, conforme já explicitado.

Além das correlações já descritas, a turbidez apresentou correlação linear positiva com as variáveis OD (FA\_3R e CA\_1M), fósforo total (FA\_3R, SE\_3R, CA\_1M, CA\_3R, CA\_4R e CA\_5R), sólidos totais (FA\_3R, FA\_4R, CA\_2R, CA\_3R, CA\_4R, CA\_5R e CA\_6J), coliformes termotolerantes (SE\_2R, SE\_3R, CA\_2R, CA\_3R, CA\_4R, CA\_5R e CA\_6J), DBO (FA\_3R e SE\_4J), pH, nitrogênio total, DQO, clorofila-a e fitoplâncton (FA\_3R).

#### 4.1.2.5 Sólidos totais

Sólidos totais podem ser caracterizados como o resíduo remanescente após a evaporação da água da amostra, em estufa, em uma dada temperatura. Tal resíduo seria o equivalente ao conteúdo de matéria em suspensão e dissolvida na água (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996).

De acordo com Buzelli e Cunha-Santino (2013), o comportamento desta variável pode ser associado ao comportamento da turbidez, sendo que os valores de sólidos totais refletem a condição do local com relação ao aporte de poluentes. Tais autores também estabelecem que a elevação na concentração de sólidos pode causar impacto na comunidade de produtores primários, já que dificulta a penetração da radiação solar na água. Segundo ANA (2009), não só a comunidade planctônica pode sofrer com o aporte de sólidos ao corpo de água, mas também a comunidade bentônica, uma vez que estas partículas depositam-se no leito dos rios, destruindo habitats. Sendo estes organismos o

parte da dieta de muitas espécies de peixes, a comunidade ictiíca também pode receber o impacto da elevação na concentração de sólidos. Além de problemas de ordem ambiental, problemas de ordem econômica podem se estabelecer com a elevação do aporte de sólidos, em especial, no tocante ao assoreamento de corpos de água e a redução da vida útil de reservatórios.

Os resultados da estatística descritiva das medições de sólidos totais ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) encontram-se na Tabela 28. Esta variável não apresenta valores de limite descrito na Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

TABELA 28 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE SÓLIDOS TOTAIS ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	105,2	58,8	58,7	44,2	52,9	54,4	50,1	43,8	44,9	42,6	44,4	40,2	40,7	39,3	40,4
Mediana	99,0	57,0	51,0	42,0	52,0	53,5	49,0	44,0	45,0	41,0	42,0	39,0	40,0	39,0	40,0
Moda	71,0	57,0	51,0	42,0	51,0	47,0	46,0	44,0	45,0	39,0	42,0	39,0	37,0	36,0	43,0
Mínimo	69,0	39,0	33,0	35,0	42,0	40,0	42,0	36,0	38,0	29,0	29,0	31,0	30,0	35,0	31,0
Máximo	195,0	89,0	153,0	69,0	71,0	71,0	62,0	54,0	55,0	69,0	101,0	59,0	54,0	47,0	50,0
Amplitude	126,0	50,0	120,0	34,0	29,0	31,0	20,0	18,0	17,0	40,0	72,0	28,0	24,0	12,0	19,0
Coef. Var.	0,3	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
D.Padrão	31,0	11,3	25,2	8,1	5,9	7,9	5,3	4,6	4,5	7,5	12,9	5,4	5,0	3,3	4,5

A Figura 34 ilustra o comportamento dos sólidos totais ao longo das estações de monitoramento nos empreendimentos estudados.

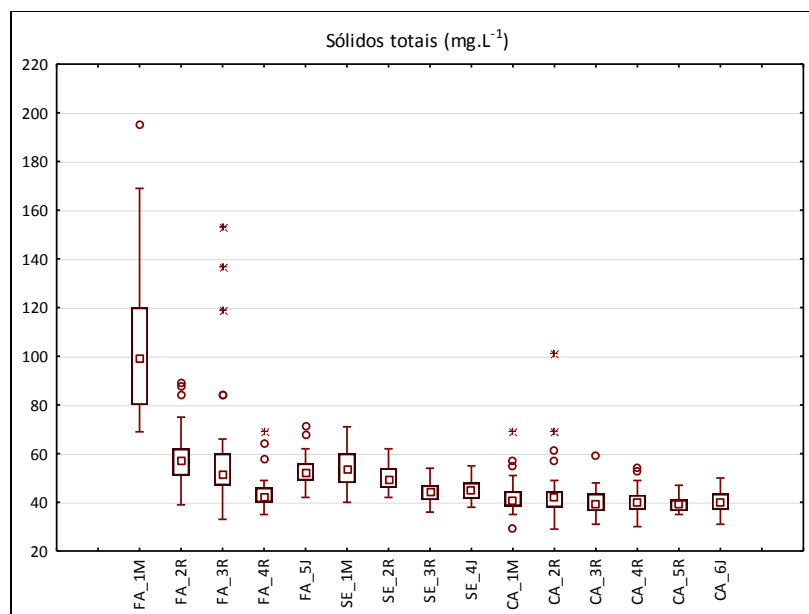


FIGURA 34 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE SÓLIDOS TOTAIS ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Observa-se que valores mais elevados são registrados nas estações da UHE Foz do Areia, e em especial na estação de montante. No caso de valores *outliers* registrados em tais estações, estes estão possivelmente relacionados à ocorrência de florações ou ainda a períodos de seca, em especial nos anos de 2006 e 2007, quando o estado do Paraná passou por período de intensa estiagem, e o reservatório de Foz do Areia teve um deplecionamento histórico (FA\_3R). Os valores mais altos da estação FA\_1M relacionam-se a aportes de montante, advindos do próprio rio Iguaçu e sua bacia de drenagem antes do barramento (29.900 km<sup>2</sup>).

Menor amplitude desta variável foi registrada para o reservatório de Caxias, último reservatório da cascata do Iguaçu.

Com relação à avaliação da correlação linear entre a variável sólidos totais e as demais estudadas, foram registradas correlações positivas moderadas a fortes entre sólidos totais e oxigênio dissolvido, pH, DBO, DQO, clorofila-a, fitoplâncton e nitrogênio total (FA\_3R), condutividade (todas as estações de reservatório de Foz do Areia), turbidez (FA\_2R, FA\_3R, CA\_6J e demais estações de reservatório de Caxias), coliformes termotolerantes (CA\_2R, CA\_3R e CA\_4R) e fósforo (FA\_2R, FA\_3R, CA\_3R, CA\_4R e CA\_5R), além de correlação linear negativa moderadas entre sólidos totais e a medida de transparência da água (FA\_3R, FA\_4R e CA\_5R).

#### 4.1.2.6 Condutividade

A condutividade elétrica de uma solução pode ser resumida como sua capacidade em conduzir corrente elétrica, sendo esta diretamente relacionada à concentração de sólidos dissolvidos e concentração iônica na água (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996). É fortemente dependente da temperatura, uma vez que a condutividade aumenta cerca de 2% a cada grau °C. De acordo com Esteves (1998), a condutividade elétrica é uma variável de grande relevância em estudos de limnologia, uma vez que pode fornecer informações importantes sobre o metabolismo do ecossistema aquático, bem como sobre sua bacia de drenagem.

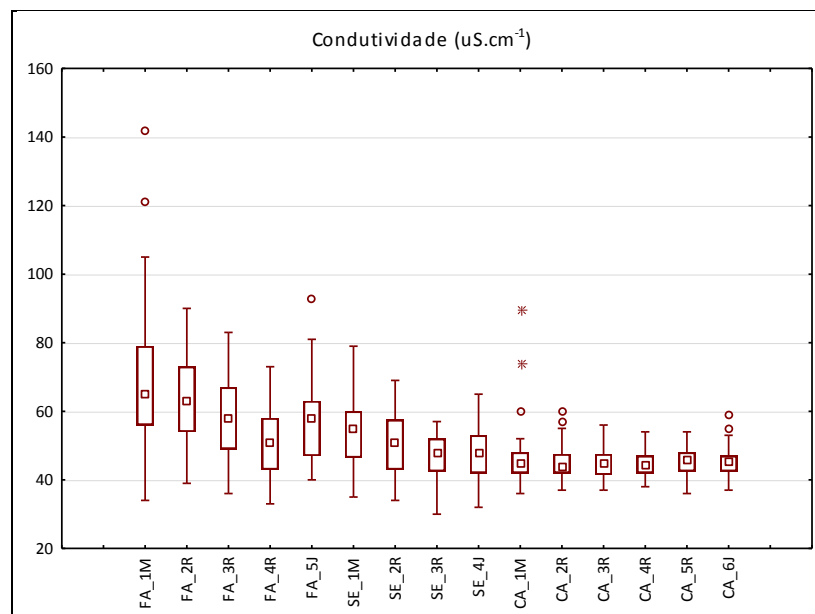
Os resultados da estatística descritiva das medidas de condutividade ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) encontram-se na Tabela 29. Tal variável não apresenta valores de limite descrito na Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).



TABELA 29 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE CONDUTIVIDADE ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	69,3	63,5	58,3	50,7	56,7	54,7	50,2	46,6	48,2	47,3	45,4	45,2	45,1	45,4	45,4
Mediana	65,0	63,0	58,0	51,0	58,0	55,0	51,0	48,0	48,0	45,0	44,0	45,0	44,5	46,0	45,5
Moda	56,0	61,0	62,0	52,0	62,0	59,0	59,0	51,0	42,0	47,0	44,0	45,0	42,0	48,0	46,0
Mínimo	34,0	39,0	36,0	33,0	40,0	35,0	34,0	30,0	32,0	36,0	37,0	37,0	38,0	36,0	37,0
Máximo	142,0	90,0	83,0	73,0	93,0	79,0	69,0	57,0	65,0	90,0	60,0	56,0	54,0	54,0	59,0
Amplitude	108,0	51,0	47,0	40,0	53,0	44,0	35,0	27,0	33,0	54,0	23,0	19,0	16,0	18,0	22,0
Coef. Var.	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
D.Padrão	21,3	12,8	11,8	10,5	11,3	9,4	9,1	7,3	7,3	10,5	5,3	4,8	3,9	4,1	4,8

Conforme pode ser observado na Figura 35, a maior amplitude dos dados de condutividade foi registrada no reservatório de Foz do Areia, reduzindo ao longo das estações de monitoramento, de montante para jusante. Esta característica já era esperada, uma vez que nas estações onde os valores de condutividade foram maiores, também foram registradas as maiores concentrações de sólidos totais. Nas três estações de monitoramento de Foz do Areia, registrou-se correlação linear positiva moderada a forte entre condutividade e sólidos totais.

FIGURA 35 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE CONDUTIVIDADE ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

O registro do maior valor de condutividade ao longo dos períodos de monitoramento ( $142 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) ocorreu na estação FA\_1M, a montante de Foz do Areia. Tal ocorrência relaciona-se com o período de estiagem vivenciado no estado do Paraná, no ano de 2006/2007 (Figura 36).

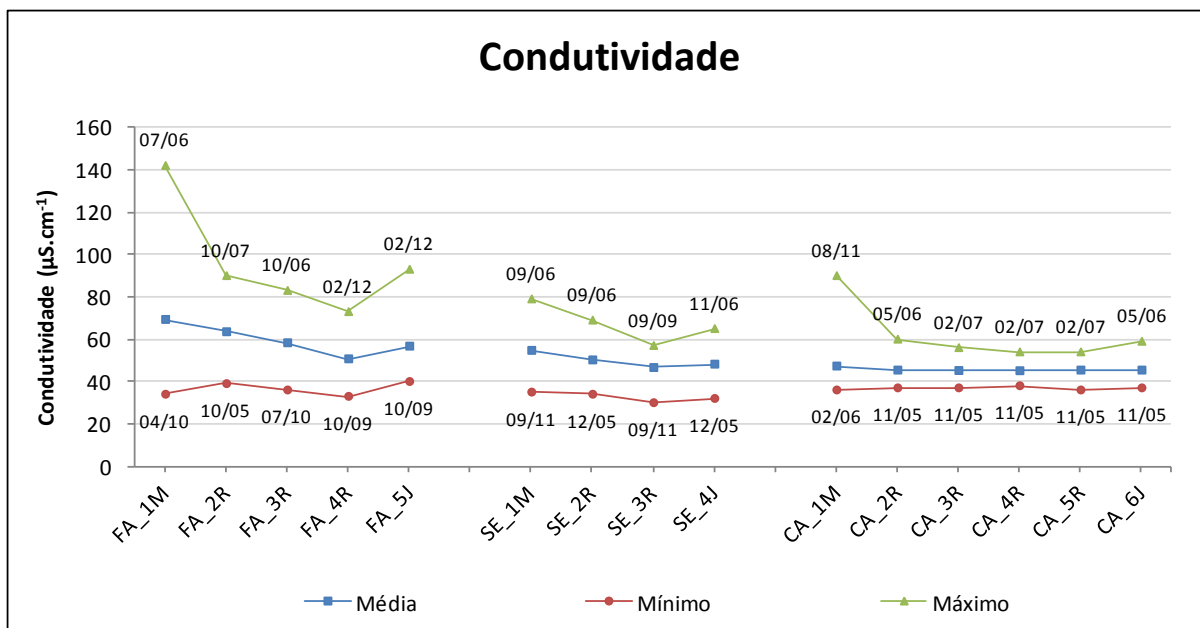


FIGURA 36 - VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS E MÉDIOS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA, COM INDICAÇÃO DO MÊS E ANO DE OCORRÊNCIA, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Com relação à avaliação da correlação linear entre a variável condutividade e as demais estudadas, excetuando-se as já descritas, foram registradas correlações positivas com as variáveis pH (FA\_3R, SE\_1M, SE\_4J, CA\_2R), nitrogênio total e fitoplâncton (FA\_3R) e pluviosidade acumulada (CA\_1M), além de correlação linear negativa moderada com a DBO (CA\_5R).

#### 4.1.2.7 Fósforo total

O fósforo desempenha papel preponderante na manutenção da vida, uma vez que participa diretamente no armazenamento de energia (forma uma fração essencial da molécula de ATP), bem como, na estrutura da membrana celular fosfolipídica (ESTEVES, 1998).

Na maioria das águas continentais, o fósforo é o fator limitante ao crescimento da comunidade fitoplanctônica, sendo considerado como o principal responsável pelo estabelecimento de processos de eutrofização antrópica, quando encontrado em concentrações elevadas, tanto em águas continentais, quanto oceânicas.

Nos ecossistemas aquáticos continentais, a entrada de fósforo está relacionada a fontes naturais e artificiais. Entre as naturais encontram-se a desagregação do fósforo (fosfato) a partir de rochas da bacia de drenagem pela intemperização. Uma vez

desprendido, pode ser carregado para o corpo hídrico, tanto na sua forma solúvel, quanto adsorvido às argilas. Também são consideradas fontes naturais de fósforo, o material particulado depositado a partir da atmosfera e o fósforo resultante da decomposição de matéria orgânica. Entre as fontes artificiais estão a erosão hídrica dos solos, os esgotos domésticos (em especial, pela presença de detergentes fosfatados), o particulado de origem industrial presente na atmosfera e efluentes industriais (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996; ESTEVES, 1998). Neste último, destacam-se as indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros (ANA, 2009).

A concentração de fósforo nos ambientes aquáticos varia muito, uma vez que este nutriente está sendo constantemente incorporado pelo fitoplâncton e por macrófitas. De acordo com Chapman e Kimstach (1996), os valores de fósforo variam de  $0,020 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$  na maioria das águas naturais. Já valores de  $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$  podem ser observados em águas prístinas. Valores mais elevados, como  $200 \text{ mg.L}^{-1}$ , já foram registrados para águas salinas interiores.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357, para a avaliação do fósforo, deve ser considerado o tempo de residência da água no ponto de monitoramento. Valores mais restritivos são aplicados a ambientes lênticos (com tempo de residência superior a 40 dias), tornando-se mais permissivos em ambientes intermediários ou tributários de ambientes lênticos (TR entre 2 e 40 dias) e ainda mais para ambientes lóticos (TR inferior a 2 dias) (BRASIL, 2005).

Com exceção da estação CA\_6J, que pode ser considerada como um ambiente tipicamente lótico, por ser a última a jusante de todos os barramentos, as demais são classificadas como ambientes lênticos (FA\_2R, FA\_3R, FA\_4R, SE\_2R, SE\_3R) ou tributários de ambientes lênticos (FA\_1M, FA\_5J, SE\_1M, SE\_4J), ou ainda ambientes intermediários (CA\_2R, CA\_3R, CA\_4R, CA\_5R) e tributários de ambientes intermediários (CA\_1M).

Para ambientes lênticos de Classe 2, o limite legislado é de  $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ , tributários de ambientes lênticos e ambientes intermediários apresentam limite de  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$  e para tributários de ambientes intermediários o limite é de  $0,100 \text{ mg.L}^{-1}$ . Valores que ultrapassaram tais limites foram destacados na Tabela 30.

TABELA 30 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE FÓSFORO TOTAL ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	0,117	0,036	0,049	0,018	0,042	0,035	0,027	0,020	0,022	0,016	0,019	0,017	0,015	0,014	0,014
Mediana	0,090	0,030	0,026	0,017	0,030	0,030	0,028	0,020	0,020	0,010	0,020	0,014	0,010	0,010	0,010
Moda	0,090	0,020	0,020	0,010	0,030	0,040	0,030	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Mínimo	0,050	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Máximo	0,800	0,071	0,461	0,040	0,430	0,080	0,070	0,050	0,060	0,040	0,060	0,040	0,030	0,030	0,030
Amplitude	0,750	0,061	0,451	0,030	0,420	0,070	0,060	0,040	0,050	0,030	0,050	0,030	0,020	0,020	0,020
Coef. Var.	1,0	0,4	1,6	0,5	1,8	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4
D.Padrão	0,119	0,015	0,080	0,009	0,077	0,016	0,013	0,012	0,013	0,008	0,012	0,008	0,007	0,005	0,006

Na Figura 37a são ilustrados valores de fósforo total para todas as estações de monitoramento, bem como sua amplitude, incluindo os *outliers* e os valores extremos. Na Figura 37b, os valores extremos foram removidos da análise, no intuito de ilustrar mais claramente os resultados obtidos.

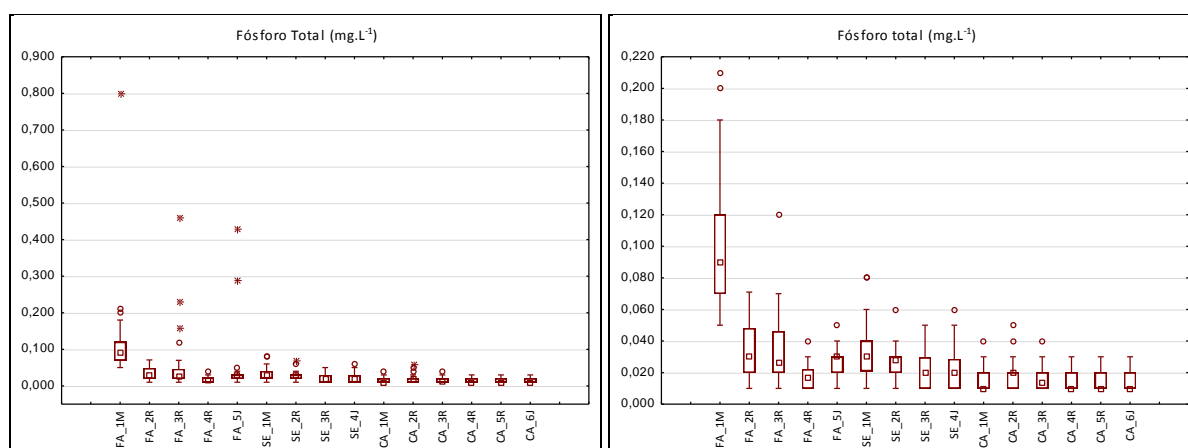


FIGURA 37 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE FÓSFORO TOTAL ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO. A) INCLUINDO VALORES EXTREMOS (\*) E OUTLIERS (°); B) EXCLUINDO VALORES EXTREMOS

Conforme pode ser observado na Figura 38, valores substancialmente mais elevados foram registrados na estação de montante de Foz do Areia, FA\_1M. Nas demais estações do mesmo empreendimento, as concentrações continuaram altas, mas em proporção menor, quando em comparação com a estação de montante. Este fato está possivelmente relacionado à influência das condições lênticas do corpo hídrico, que permitem a sedimentação de partículas ao longo da coluna de água. Tais valores mais elevados condizem com as avaliações previamente estabelecidas, de maior aporte de poluentes ao reservatório através do rio Iguazu, e em menor proporção de seus tributários na região do empreendimento UHE Foz do Areia (FRANÇA-SIECIECHOWICZ *et al.*, 2013a).

Também nas estações do reservatório de Foz do Areia foram registradas as maiores amplitudes de valores, indicando grande variação nos aportes ao reservatório. Considerando os valores medianos obtidos, pela classificação proposta por Von Sperling (2005) com base nas concentrações de fósforo, as estações de monitoramento podem ser caracterizadas como ambientes meso a eutróficos.

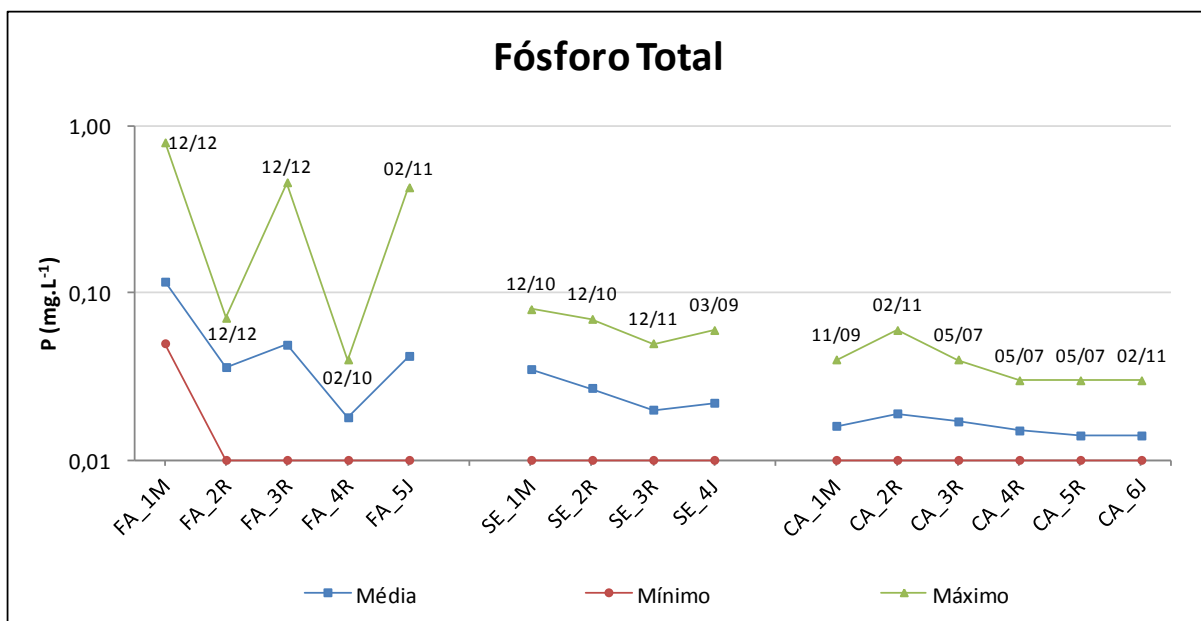


FIGURA 38 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS DE FÓSFORO TOTAL, COM INDICAÇÃO DO MÊS E ANO DE OCORRÊNCIA DOS VALORES MÁXIMOS, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO (ESCALA LOGARÍTMICA)

Nas estações de Segredo e Caxias, apesar de valores eventualmente elevados, as concentrações medianas não ultrapassaram  $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ , indicando melhor qualidade de água para esta variável em relação às estações de montante, uma vez que parte do material aportado pelo rio Iguaçu fica, provavelmente, retida no primeiro reservatório da cadeia, Foz do Areia. Em especial no reservatório de Caxias, a média do IET (Índice de Estado Trófico) das estações de monitoramento indica que a região é um ambiente oligotrófico, com base nos resultados do IET obtidos para os anos de 2011 a 2013 (FRANÇA-SIECIECHOWICZ *et al.*, 2013b), corroborando o diagnóstico sobre o fósforo aqui apresentado. No entanto, de acordo com o proposto por Von Sperling (2005), valores de fósforo entre  $0,01$  e  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$  caracterizam ambientes mesotróficos. De qualquer forma, observa-se uma melhora na condição da água, quanto à concentração de fósforo, de montante para jusante, na cadeia de empreendimentos do rio Iguaçu.

Na estação FA\_3R, próximo à barragem de Foz do Areia, a variável fósforo total apresentou correlação linear positiva com as variáveis oxigênio dissolvido, pH, nitrogênio total, sólidos totais, turbidez, DBO, clorofila-a e fitoplâncton e negativa com disco de Secchi, todas variáveis relacionadas, de alguma forma, com eutrofização. Nas demais estações de monitoramento, correlações lineares positivas forem registradas para nitrogênio total (FA\_2R), sólidos totais (FA\_2R, CA\_3R, CA\_4R e CA\_5R), turbidez (SE\_3R, CA\_1M, CA\_3R, CA\_4R e CA\_5R), coliformes termotolerantes (CA\_3R, CA\_4R e CA\_5R) e negativa com o disco de Secchi (FA\_2R, SE\_3R, CA\_3R, CA\_4R e CA\_5R).

#### 4.1.2.8 Nitrogênio total

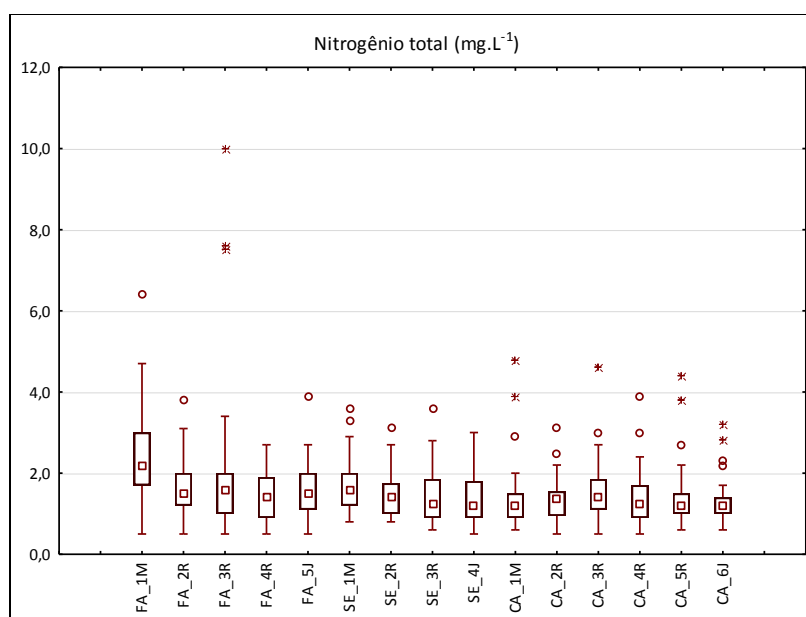
De acordo com Esteves (1998), o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, em especial pela sua participação na formação de proteínas. Assim como o fósforo, pode atuar como fator limitante à produtividade do ecossistema. Ainda de acordo com o autor supracitado, fontes de nitrogênio às águas continentais são: chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular no próprio lago. Segundo ANA (2009), as fontes antrópicas de aporte de nitrogênio ao corpo de água são variadas. As principais seriam esgotos sanitários, efluentes industriais e também o escoamento da água da chuva após a passagem por áreas agricultadas adubadas com fertilizantes nitrogenados.

Este macronutriente não apresenta valores de limite descrito na Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), a não ser quando é considerado limitante ao crescimento da comunidade fitoplanctônica, sendo para ambientes lênticos,  $1,27 \text{ mg.L}^{-1}$  e para ambientes lóticos,  $2,18 \text{ mg.L}^{-1}$ . Para a avaliação do nutriente limitante deve-se estudar a relação da concentração molar de N/P (nitrogênio total/fósforo total). Segundo Jorgensen e Vollenweider (1989), o nitrogênio é nutriente limitante em um ecossistema aquático se  $N/P > 12$ . A partir do valor citado, o fósforo passa a limitar a produção primária do ambiente. Ainda que na região de estudo, por meio da avaliação dos dados em questão, observe-se que o fósforo é o nutriente limitante na maior parte do período monitorado, o valor limite de nitrogênio, segundo a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), pode ser utilizado a título de comparação, sendo estes destacados na Tabela 31. A estatística descritiva dos dados de nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) encontram-se na Tabela 31 e Figura 39.

TABELA 31 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE NITROGÊNIO TOTAL ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	2,52	1,66	2,07	1,42	1,62	1,72	1,47	1,48	1,38	1,41	1,36	1,59	1,37	1,42	1,33
Mediana	2,20	1,50	1,60	1,40	1,50	1,60	1,40	1,25	1,20	1,20	1,35	1,40	1,25	1,20	1,20
Moda	1,40	1,30	1,00	1,90	1,30	1,30	0,80	0,90	1,20	0,90	1,40	1,40	1,80	1,10	1,20
Mínimo	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,80	0,80	0,60	0,50	0,60	0,50	0,50	0,50	0,60	0,60
Máximo	6,40	3,80	10,00	2,70	3,90	3,60	3,10	3,60	3,00	4,80	3,10	4,60	3,90	4,40	3,20
Amplitude	5,90	3,30	9,50	2,20	3,40	2,80	2,30	3,00	2,50	4,20	2,60	4,10	3,40	3,80	2,60
Coef. Var.	0,5	0,4	0,9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4
D.Padrão	1,16	0,68	1,97	0,59	0,71	0,70	0,55	0,71	0,62	0,91	0,56	0,79	0,71	0,85	0,58

Assim como o fósforo, valores mais elevados foram registrados no reservatório de Foz do Areia, em especial na estação de montante do reservatório (FA\_1M). Tal fato corrobora o diagnóstico de aportes mais significativos oriundos do rio Iguaçu, a montante do empreendimento.

FIGURA 39 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE NITROGÊNIO TOTAL ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

O valor máximo registrado, de  $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$ , corresponde à medida tomada em 2006, na estação de reservatório da UHE Foz do Areia (FA\_3R), no período em que o reservatório passou por forte estiagem, situação observada para todo o estado do Paraná (Figura 40).

Na estação FA\_3R, próximo ao barramento de Foz do Areia, o nitrogênio total apresentou correlação linear moderada a forte com as seguintes variáveis: OD, pH, condutividade, fósforo total, sólidos totais, turbidez, DQO, DBO, clorofila-a e fitoplâncton, corroborando o diagnóstico de eutrofização.

Os menores valores correspondem às estações de Segredo e valores intermediários para as estações de Caxias, indicando que o uso do solo na região deste último empreendimento possa ter influenciado tais aportes.

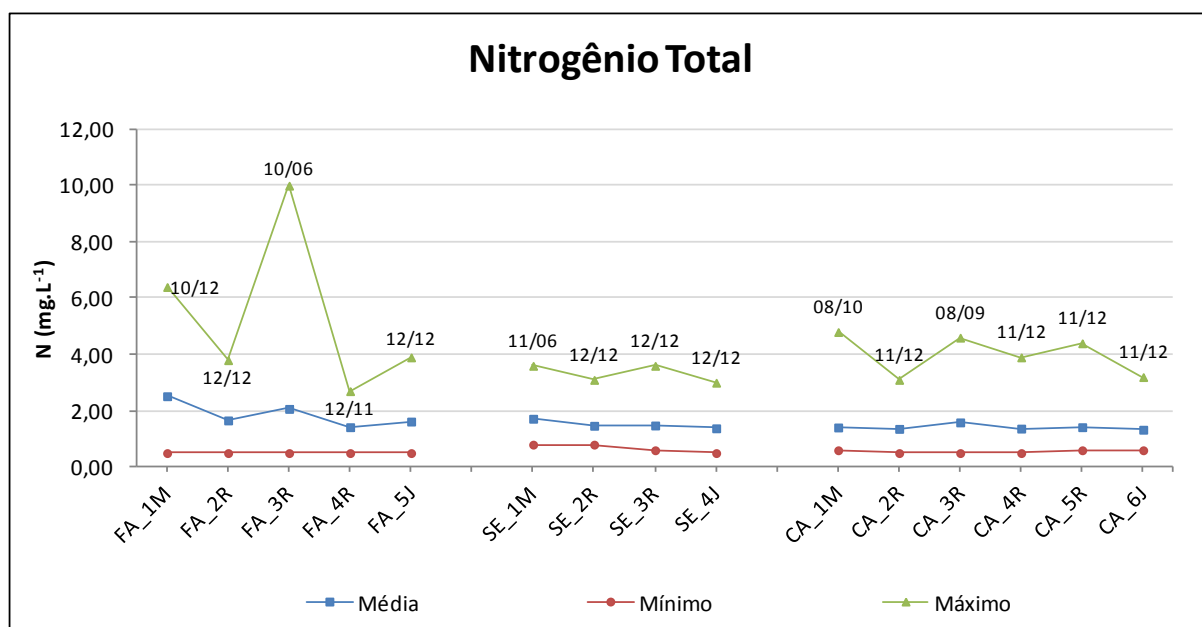


FIGURA 40 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS DE NITROGÊNIO TOTAL, COM INDICAÇÃO DO MÊS DE OCORRÊNCIA DOS VALORES MÁXIMOS, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Excetuando-se as já descritas, correlação linear positiva foi ainda observada com as variáveis pH, na estação SE\_4J, fósforo total, na estação FA\_2R e negativa com disco de Secchi para esta estação.

#### 4.1.2.9 Coliformes termotolerantes

O risco à saúde humana mais comumente associado ao consumo de águas naturais (ou não tratadas) reside na presença de microrganismos patogênicos (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996). Vários são os microrganismos incluídos neste grupo, como vírus, bactérias, protozoários e algas.

Bactérias classificadas como coliformes termotolerantes são um subgrupo dos coliformes totais, representados em especial pela bactéria *Escherichia coli*. Esta bactéria não é a única do grupo, compondo-o juntamente com os gêneros *Enterobacter* e *Klebsiela*. No entanto, somente *E. coli* habita o trato intestinal de animais de sangue quente (incluindo o



homem), destacando-se como indicador de contaminação por material de origem fecal (GEUS e LIMA, 2006; AMARAL, 2007).

Fezes humanas podem conter uma variedade de agentes patogênicos, podendo o contato ou consumo de água contaminada causar doenças intestinais leves à graves, além de doenças como a febre tifoide e a cólera. Desta forma, tais organismos vêm sendo continuamente utilizados no monitoramento da qualidade de águas e são considerados os mais específicos indicadores de qualidade de águas destinadas à potabilidade e balneabilidade (AMARAL, 2007).

A presença de coliformes termotolerantes, em geral medidos em unidades formadoras de colônias por 100 mL (UFC.100mL<sup>-1</sup>), ou ainda número mais provável de organismos por 100mL (NMP.100mL<sup>-1</sup>), é um indicador que tal água foi contaminada com esgotos domésticos, ou esgotos tratados em processos ineficientes. De acordo com Amaral (2007), coliformes apresentam dificuldade de crescimento em ambientes com baixa presença de carbono, e por consequência, podem ser um indicador indireto do aporte de matéria orgânica ao corpo hídrico.

Os resultados da estatística descritiva das concentrações de coliformes termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>) encontram-se na Tabela 32 e são ilustrados na Figura 41. Segundo a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) para a manutenção dos usos múltiplos de águas de Classe 2, o limite máximo para coliformes termotolerantes é de 1.000 NMP.100mL<sup>-1</sup>.

TABELA 32 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO, EM NMP.100mL<sup>-1</sup>

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	914	6	3	4	19	88	119	12	9	30	363	39	32	4	25
Mediana	230	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2
Moda	200	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mínimo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Máximo	13.000	31	22	30	219	2.200	3.300	290	94	410	4.000	960	640	64	540
Amplitude	12.999	30	21	29	218	2.199	3.299	289	93	409	3.999	959	639	63	539
Coef. Var.	2,4	1,3	1,8	1,5	2,6	4,4	4,9	4,3	2,1	3,0	2,7	4,4	3,8	3,1	3,9
D.Padrão	2.194	8	5	7	48	391	582	51	20	91	983	171	121	11	97

Conforme pode ser observado na Tabela 32, na estação FA\_1M, a montante do reservatório de Foz do Areia, os valores médios observados foram mais elevados, chegando próximo ao valor limite da Resolução CONAMA nº 357, para rios de Classe 2. O valor mais

elevado de todo o monitoramento ( $13.000 \text{ NMP} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ ) também foi registrado nesta estação.

Na Figura 41a são apresentados gráficos de caixa com as concentrações de coliformes termotolerantes nas estações de monitoramento, incluindo valores discrepantes e extremos. Na Figura 41b, os valores discrepantes e extremos foram removidos para uma melhor avaliação visual dos resultados.

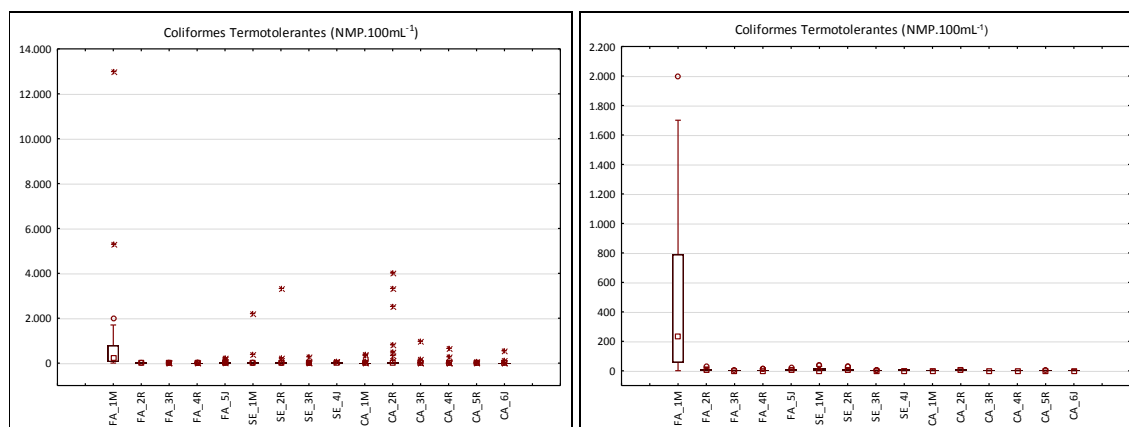


FIGURA 41 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO, EM  $\text{NMP} \cdot 100\text{mL}^{-1}$

Concentrações mais elevadas, no entanto, pontuais (de ocorrência menos frequente), também foram observadas nos reservatórios de Segredo e de Caxias (valores extremos - Figura 41a). No entanto, em ambos os casos, tais eventos corresponderam a períodos de maior pluviosidade, ainda que a avaliação da correlação linear entre as variáveis não tenha sido sempre positiva (somente na estação SE\_4J, correlação positiva forte de 0,6, nas demais estações, valores de correlação inferiores a 0,5 - Apêndice B). O fato desta correlação não ter sido verificada em todas as estações, não representa a ausência de correlação, pois a mesma pode existir e não consistir em uma correlação linear. Também é importante ressaltar que os valores de pluviosidade foram obtidos a partir de estações pluviométricas na região, situação que nem sempre corresponde à realidade de chuvas no exato local da estação de monitoramento ou mesmo a montante dela, de onde poderiam vir contribuições carregadas pela chuva.

Outros trabalhos reforçam a correlação positiva entre coliformes termotolerantes e a pluviosidade. Segundo Vasconcelos *et al.* (2002)<sup>9</sup> *apud* Barros *et al.* (2010), a elevação na concentração de coliformes na água apresenta, possivelmente, uma correlação direta com a intensidade das chuvas, pelo arrasto de material disposto no solo ao corpo hídrico. No presente estudo, coliformes termotolerantes apresentaram correlação linear positiva com a transparência da água (FA\_1M e FA\_5J), fósforo total (CA\_3R, CA\_4R e CA\_5R), sólidos totais (CA\_2R, CA\_3R e CA\_4R) e turbidez (SE\_2R, SE\_3R, CA\_2R, CA\_3R, CA\_4R, CA\_5R e CA\_6J).

#### 4.1.2.10 DBO e DQO

A quantidade de matéria orgânica disponível para degradação pela biota bacteriana na água pode ser medida pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Esta medida indica a quantidade de oxigênio necessária para que microrganismos aeróbios oxidem a matéria orgânica em uma forma inorgânica estável (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996). Ainda segundo os autores supracitados, o método aplicado para tal medição pode ser influenciado pela presença de metais pesados na água ou ainda a presença de substâncias tóxicas que possam afetar o desenvolvimento da comunidade bacteriana aeróbia da água.

De acordo com ANA (2009), valores mais elevados de DBO são geralmente provocados pelo lançamento de cargas orgânicas, em especial, esgotos domésticos.

Os resultados da estatística descritiva das concentrações de DBO ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) encontram-se na Tabela 33. O valor de limite descrito na Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) para DBO em águas de Classe 2 é de  $5,00 \text{ mg.L}^{-1}$ .

TABELA 33 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE DBO ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	2,32	2,16	6,14	1,39	1,88	2,22	1,91	1,74	1,87	2,09	2,07	2,05	2,25	2,11	1,94
Mediana	2,00	1,89	2,00	1,20	1,11	2,00	1,99	1,90	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,93
Moda	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00
Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Máximo	8,60	8,12	154,56	2,01	7,49	7,32	6,99	4,98	4,19	6,79	9,74	9,26	6,73	8,31	7,45
Amplitude	7,60	7,12	153,56	1,01	6,49	6,32	5,99	3,98	3,19	5,79	8,74	8,26	5,73	7,31	6,45
Coef. Var.	0,8	0,7	4,0	0,3	0,8	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
D.Padrão	1,81	1,53	24,46	0,43	1,43	1,64	1,35	0,87	0,92	1,51	1,62	1,56	1,60	1,59	1,46

<sup>9</sup> VASCONCELOS, S. M. S.; SERAFINI, A. B. Ocorrência de indicadores de poluição no rio Meia Ponte e ribeirão João Leite, Goiás: coliformes totais e fecais. *Revista de Patologia Tropical*, v. 31, p. 175-193, 2002.

Conforme pode ser observado na Figura 42, excetuando-se os valores considerados extremos e *outliers*, a amplitude total das concentrações de DBO, considerando todas as estações de amostragem ficou inferior ao limite máximo da Resolução CONAMA nº 357.

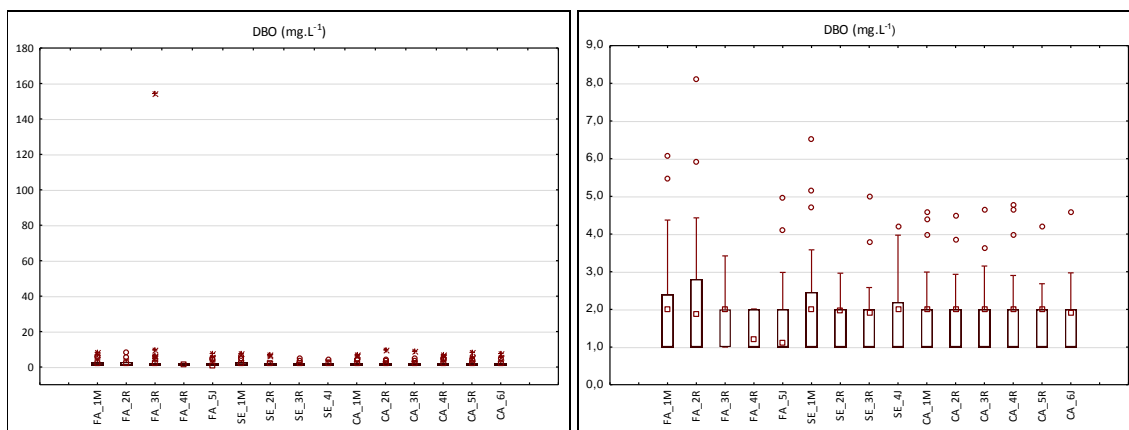


FIGURA 42 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE DBO (mg.L<sup>-1</sup>) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

No entanto, valores consideravelmente mais elevados foram registrados nas estações de Foz do Areia. Conforme pode ser observado pela Figura 43, tais valores foram registrados no evento de seca, ocorrido no reservatório no ano de 2006/2007. Pode-se supor que estes valores elevados sejam oriundos da carga interna de matéria orgânica, advinda do crescimento excessivo de microalgas.

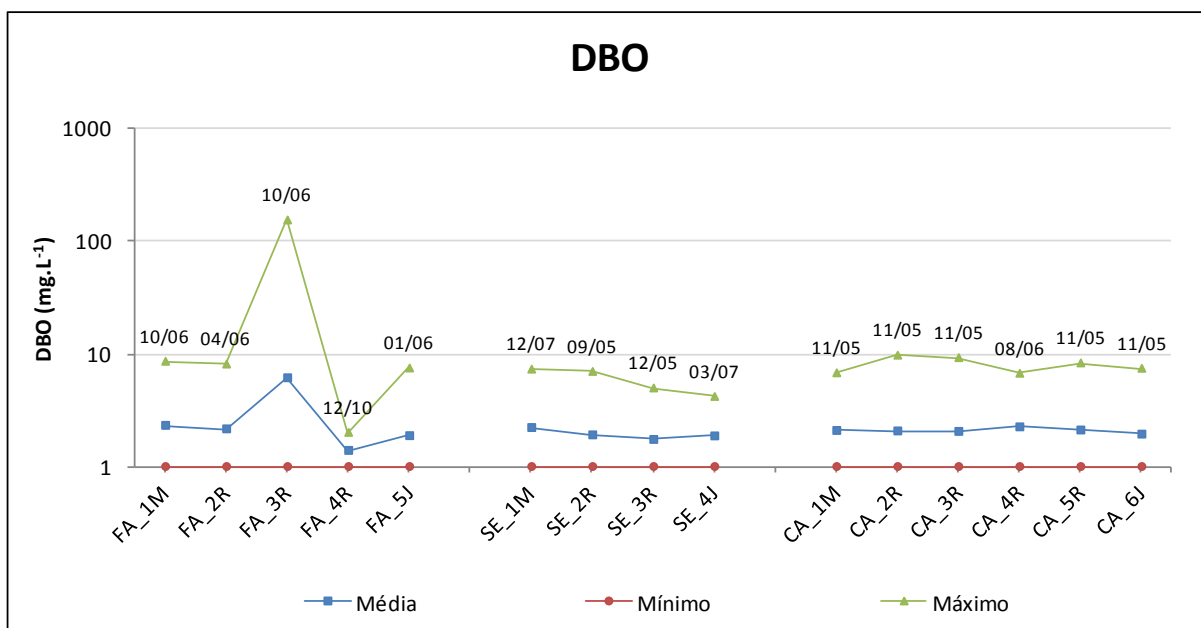


FIGURA 43 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS DE DBO, COM INDICAÇÃO DO MÊS E ANO DE OCORRÊNCIA DOS VALORES MÁXIMOS, NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO (ESCALA LOGARÍTMICA)

Na estação FA\_3R, nas proximidades da barragem do reservatório de Foz do Areia, a DBO apresentou correlação positiva com oxigênio dissolvido, nitrogênio total, sólidos totais, turbidez, clorofila-a e fitoplâncton. Nas demais estações, correlações lineares positivas foram observadas com condutividade (CA\_5R) e turbidez (SE\_4J), além da correlação positiva esperada entre DBO e DQO (FA\_2R, FA\_3R, CA\_2R, CA\_3R, CA\_4R e CA\_6J).

A DQO, demanda química de oxigênio, é uma medida que também avalia a concentração de matéria orgânica da água. No entanto, relaciona-se àquela fração passível de degradação pela presença de um oxidante químico, como o dicromato, substância aplicada no método mais usual de cálculo da DQO. Esta variável é mais relevante na análise de águas que recebem efluentes industriais ou ainda, águas residuárias (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996).

Os resultados da estatística descritiva das concentrações de DQO ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) encontram-se na Tabela 34 e Figura 44. Tal variável não apresenta limite disposto pela Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

TABELA 34 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE DQO ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	13,4	10,8	21,0	8,0	8,9	10,7	9,1	8,0	8,2	7,5	7,9	7,4	8,0	8,4	7,5
Mediana	13,0	10,1	8,9	8,0	8,9	10,3	8,0	7,6	7,4	7,1	7,0	6,9	6,0	6,5	7,1
Moda	10,0	11,0	6,0	5,0	10,0	11,0	8,0	7,0	7,0	7,0	12,0	7,0	15,0	4,0	8,1
Mínimo	3,0	3,0	1,5	2,0	1,5	2,9	2,0	1,0	3,0	1,4	2,0	2,0	2,0	2,9	1,4
Máximo	29,2	25,1	330,0	15,7	18,1	21,1	30,0	16,1	15,0	16,3	22,0	19,0	21,0	21,1	18,0
Amplitude	26,1	22,1	328,5	13,7	16,6	18,1	28,0	15,1	12,0	14,9	20,0	17,0	19,0	18,1	16,6
Coef. Var.	0,5	0,4	2,6	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
D.Padrão	6,0	4,8	54,0	3,9	4,1	4,7	5,4	3,5	3,4	4,0	4,0	3,7	5,1	4,7	4,3

A maior concentração média registrada para a DQO ocorreu na estação da barragem de Foz do Areia (FA\_3R). No entanto, valores médios são influenciados por valores extremos, como o ocorrido naquela estação durante o período de estiagem de 2006 ( $330 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Já a avaliação dos valores medianos de DQO, em todas as estações de amostragem, demonstra que valores mais elevados são registrados nas estações de montante de Foz do Areia (FA\_1M) e Segredo (SE\_1M) e do terço inicial do reservatório de Foz do Areia (FA\_2R). Em especial nas estações de Foz do Areia, tais valores refletem a característica mais degradada da qualidade de água que aporta ao lago.

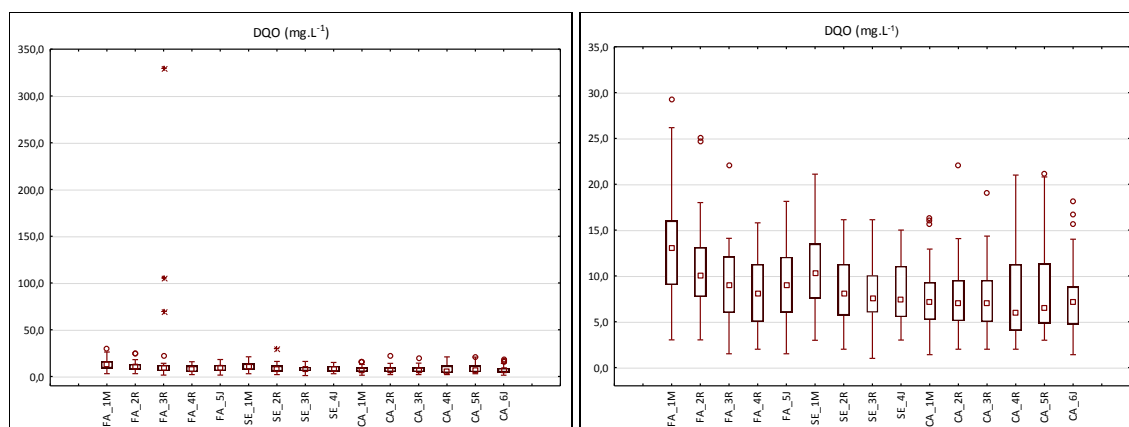


FIGURA 44 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE DQO (mg.L<sup>-1</sup>) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Excetuando-se a correlação linear positiva com a DBO, já descrita anteriormente, a DQO também apresentou correlação positiva com clorofila-a (FA\_3R e FA\_4R) e fitoplâncton (FA\_3R e SE\_2R). Em especial, na estação de barragem de Foz do Areia (FA\_3R), também foram registradas correlações lineares positivas com as variáveis OD, pH, fósforo total, nitrogênio total, sólidos totais e turbidez.

#### 4.1.2.11 Temperatura da água

Variações na temperatura ambiente influenciam diretamente na temperatura da água superficial. Tal afirmação pode ser verificada pelos valores de correlação linear positiva moderada a forte entre a temperatura da água e a temperatura do ar, observada em todas as estações de monitoramento. Influenciando a temperatura superficial da água estão ainda a latitude, a altitude, o ciclo circadiano, a circulação do ar, a nebulosidade, a velocidade da corrente e a profundidade do corpo de água (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996).

De acordo com Chapman e Kimstach (1996), a temperatura da água varia ao longo das flutuações normais do ciclo diário. Em alguns corpos de água, tal variação pode ser sazonal. Além disso, lagos e reservatórios podem passar por períodos de estratificação térmica, o que dificulta a homogeneização da temperatura ao longo da coluna de água.

Por outro lado, a temperatura influencia diretamente processos físicos, químicos e biológicos. Como exemplos destas variações podem ser citados: alteração na velocidade das reações químicas (se eleva com a elevação da temperatura), na solubilidade de gases na água (diminui com a elevação da temperatura), no metabolismo e taxa de crescimento dos

organismos aquáticos (acelera ou se eleva com a elevação da temperatura) (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996). Tais afirmações são confirmadas pela correlação linear negativa entre a temperatura da água e OD registrada em todas as estações de montante e jusante, e positiva com pH, clorofila-a e densidade do fitoplâncton.

Com relação ao metabolismo de organismos aquáticos, segundo Lewis (2000), temperaturas mais elevadas, comuns em reservatórios tropicais, afetam diretamente os processos anabólicos e catabólicos em lagos. De forma geral, a relação entre a temperatura e o metabolismo é que as taxas metabólicas normalmente dobram a cada aumento de 10°C, desde que não exista nenhum fator ambiental que esteja limitando tal crescimento.

Alterações no uso do solo também acarretam alterações de temperatura da água. De acordo com Veronez (2011), a remoção da cobertura vegetal pode proporcionar a elevação da temperatura da água de superfície em rios, uma vez que a incidência de radiação solar será maior em áreas com menor cobertura vegetal.

De forma geral, a análise dos valores medianos da temperatura da água de superfície (Tabela 35 e Figura 45) demonstra uma elevação na temperatura da água de montante em relação às temperaturas registradas nas estações de reservatório, e com leve decréscimo no sentido das estações de jusante, ainda que com temperaturas mais altas que as de montante. Esta situação foi observada nos três empreendimentos, e de forma menos pronunciada em Segredo.

TABELA 35 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE TEMPERATURA DA ÁGUA (°C) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA 1M	FA 2R	FA 3R	FA 4R	FA 5J	SE 1M	SE 2R	SE 3R	SE 4J	CA 1M	CA 2R	CA 3R	CA 4R	CA 5R	CA 6J
Média	19,8	21,6	21,6	21,7	19,3	19,3	20,2	21,9	20,1	21,6	23,1	23,4	24,2	24,0	22,6
Mediana	20,0	21,8	22,0	21,3	19,3	19,5	19,7	22,6	20,6	21,8	23,5	23,9	23,8	24,4	22,4
Moda	15,4	26,0	18,8	26,0	22,8	15,8	17,3	25,0	23,0	24,0	24,5	21,9	22,5	26,1	22,8
Mínimo	13,1	15,1	6,7	15,7	9,6	15,4	15,6	16,5	15,5	17,2	17,1	17,3	17,8	17,7	17,8
Máximo	26,1	27,4	29,6	28,3	23,9	23,7	25,5	26,8	24,5	25,7	28,5	30,2	31,6	30,4	27,9
Amplitude	13,0	12,3	22,9	12,6	14,3	8,3	9,9	10,3	9,0	8,5	11,4	12,9	13,8	12,7	10,1
Coef. Var.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
D.Padrão	3,8	3,6	4,3	3,9	3,5	2,8	3,4	3,5	2,7	2,4	3,3	3,5	3,7	3,5	2,8

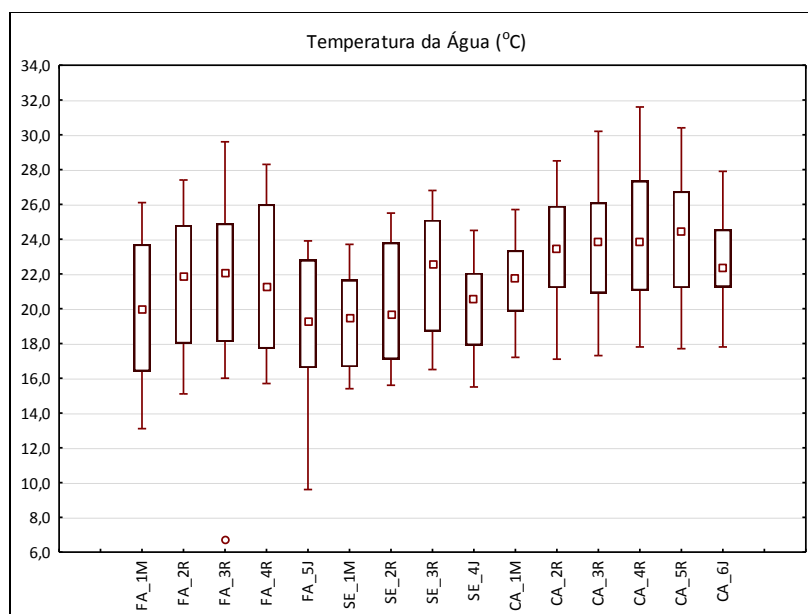


FIGURA 45 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE TEMPERATURA DA ÁGUA DE SUPERFÍCIE NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

#### 4.1.2.12 Produtividade primária

Uma das medidas mais comuns em monitoramentos de qualidade de água associadas à estimativa da produtividade primária de um ecossistema é a concentração de clorofila-a. A clorofila é um pigmento que existe, basicamente, em cinco formas: clorofilas “a”, “b”, “c”, “d”, “f” (LARKUM e KÜHL, 2005; CHEN, *et al.*, 2010). O motivo da clorofila “a” ser eleita como a medida de produtividade primária, é que todas as algas fotossintetizantes apresentam este pigmento, enquanto as demais formas da clorofila podem estar presentes ou não nos diferentes grupos algais.

Esta medida permite a inferência do estado trófico do ecossistema aquático, já que o crescimento (aumento de densidade) da comunidade fitoplanctônica é diretamente influenciado pela concentração de nutrientes ali disponível. Além da influência dos macronutrientes (N e P), a concentração de clorofila-a pode ser influenciada pela temperatura, uma vez que quando elevadas aceleram metabolismo da comunidade fitoplanctônica.

Segundo Chapman e Kimstach (1996), em ambientes oligotróficos são observados valores baixos de clorofila, geralmente inferiores a  $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Já em ambientes eutróficos, a



clorofila-a pode variar entre  $5 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $140 \mu\text{g.L}^{-1}$ , embora registros superiores a  $300 \mu\text{g.L}^{-1}$  já tenham sido observados.

Os resultados da estatística descritiva da concentração de clorofila-a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) para estações de reservatório encontram-se na Tabela 36. O valor de limite descrito na Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) para tal variável em águas de Classe 2 é de  $30,00 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

TABELA 36 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE CLOROFILA-A ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA_2R	FA_3R	FA_4R	SE_2R	SE_3R	CA_3R	CA_5R
Média	14,67	41,62	5,97	4,38	5,47	2,77	3,43
Mediana	6,04	5,80	4,30	3,13	4,83	2,57	3,05
Moda	-	-	-	-	-	2,29	2,78
Mínimo	0,92	0,82	1,02	0,52	0,32	0,73	0,77
Máximo	148,67	469,00	27,58	15,48	24,04	5,83	10,03
Amplitude	147,75	468,18	26,56	14,96	23,72	5,10	9,26
Coef. Var.	1,9	2,6	1,0	0,9	0,8	0,5	0,7
D.Padrão	27,25	107,30	5,80	3,91	4,36	1,43	2,30

A clorofila-a, assim como a densidade do fitoplâncton, foi avaliada somente nas estações de reservatório, uma vez que este é o padrão de monitoramento disponível para os reservatórios em estudo. De forma geral, observa-se que os valores registrados nas estações de barragem - regiões com maior profundidade e com TR elevado (FA\_3R, SE\_3R e CA\_5R) - são mais altos quando comparadas com estações dos terços inicial e médio dos mesmos reservatórios (Figura 46). Tal situação relaciona-se com a estabilidade da coluna de água, necessária para o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica, com a radiação solar, transparência da água e com a disponibilidade de nutrientes.

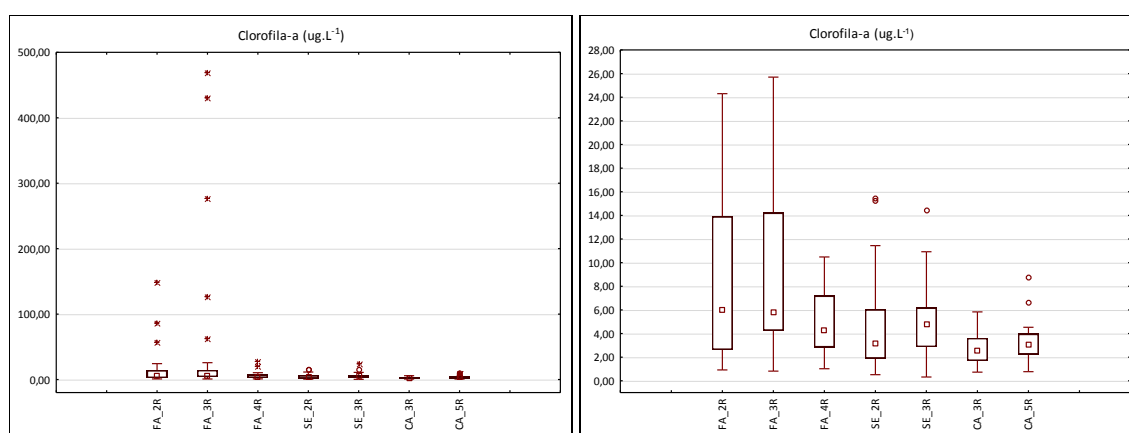


FIGURA 46 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE CLOROFILA-A ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Os valores máximos registrados nas estações FA\_2R e FA\_3R relacionam-se ao período de estiagem registrado no estado do Paraná, nos anos de 2006 e 2007, conforme já citado anteriormente.

Correlação linear positiva com a clorofila-a foi registrada para as variáveis temperatura do ar (CA\_3R e CA\_5R), temperatura da água (SE\_2R), OD (FA\_2R e FA\_3R), pH (FA\_2R, FA\_3R, FA\_3R e SE\_3R), DQO (FA\_3R e FA\_4R) e fitoplâncton (FA\_2R, FA\_3R, FA\_4R, SE\_2R e CA\_5R). Para a estação de Foz do Areia, também foi observada correlação linear positiva com fósforo total, nitrogênio total, turbidez, sólidos totais e DBO, além da correlação linear negativa com disco de Secchi.

Segundo Esteves (1998), em lagos tropicais, a temperatura não apresenta efeitos significativos sobre a variação temporal do fitoplâncton, sendo esta controlada por outros fatores, como a disponibilidade de nutrientes e a radiação solar. Além disto, também a herbivoria e o parasitismo influenciam tal comunidade. Lewis (2000) reforça que com relação à disponibilidade de nutrientes, a constante redução em seu aporte pode anular os efeitos da temperatura e da irradiação solar sobre o fitoplâncton. Comparando ambientes tropicais e temperados, Lewis (2000) ressalva que um lago tropical com limitação de nutrientes não difere muito, em termos de produção primária, de um lago temperado com concentração de nutrientes semelhante.

Os resultados tratados para densidade do fitoplâncton total (célis.mL<sup>-1</sup>) encontram-se na Tabela 37. Tal variável não apresenta limite na Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005). Esta Resolução legisla sobre a densidade de cianobactérias, comunidade integrante da comunidade fitoplanctônica.

TABELA 37 - AVALIAÇÃO DESCRITIVA DOS DADOS DE FITOPLÂNCTON TOTAL (célis.mL<sup>-1</sup>) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

	FA_2R	FA_3R	FA_4R	SE_2R	SE_3R	CA_3R	CA_5R
Média	22.466	92.973	15.692	6.074	9.221	11.875	25.296
Mediana	5.776	9.651	6.153	3.069	5.730	3.709	8.314
Moda	-	-	-	-	-	-	-
Mínimo	467	569	1.859	312	224	909	628
Máximo	271.594	1.432.347	102.477	34.876	54.332	98.057	150.900
Amplitude	271.127	1.431.778	100.618	34.564	54.108	97.148	150.272
Coef. Var.	2,1	2,8	1,5	1,3	1,3	1,6	1,4
D.Padrão	46.425	263.238	23.155	8.033	11.955	19.564	35.812

Na Figura 47, encontra-se ilustrado o comportamento da comunidade fitoplanctônica nas estações de reservatório de Foz do Areia, Segredo e Caxias, através de gráficos *de caixa*.

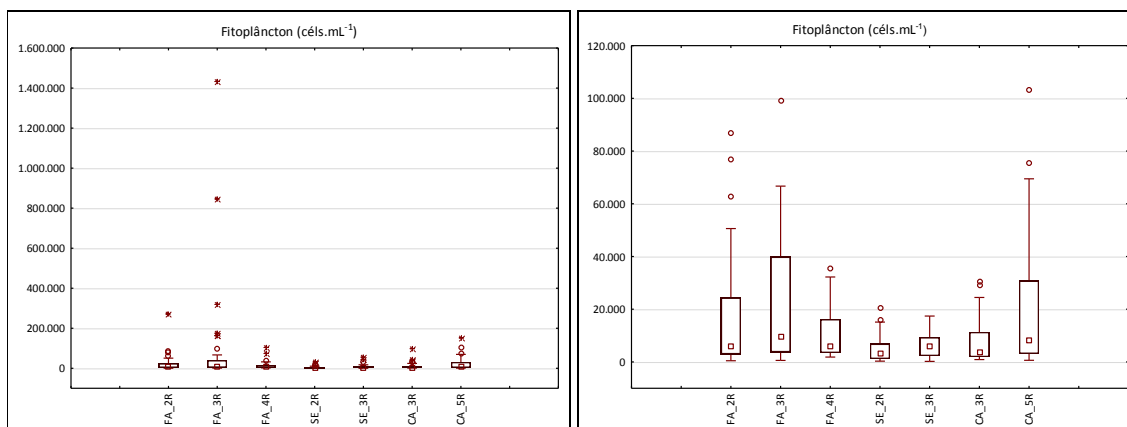


FIGURA 47 - GRÁFICOS DE CAIXA REFERENTES AOS DADOS DE FITOPLÂNCTON (cél.s.mL<sup>-1</sup>) TOTAL NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Assim como observado quanto à variável clorofila-a, também na avaliação da densidade fitoplanctônica, valores medianos mais elevados foram registrados nas estações de barragem (FA\_3R, SE\_3R e CA\_5R). Tal situação relaciona-se com a maior estabilidade da coluna de água em porções mais profundas do reservatório, além da concentração de nutrientes.

No reservatório de Foz do Areia foi registrado maior número de valores extremos e *outliers*, sendo estes representativos de eventos de floração, em especial de cianobactérias (Apêndice A - Tabela A 3). Maior amplitude também foi registrada na estação FA\_3R de Foz do Areia.

A Figura 48 ilustra a correlação entre a densidade fitoplanctônica nas estações de reservatório, próximas à barragem (FA\_3R, SE\_3R, CA\_5R) e as concentrações de clorofila-a, nas mesmas estações de monitoramento. Observa-se correlação positiva forte nas estações de Foz do Areia (0,90) e Segredo (0,74).

No reservatório de Caxias, em especial na estação CA\_5R, valores mais elevados foram registrados para a densidade fitoplanctônica. Observa-se que tal correspondência com a concentração de clorofila-a é verificada por uma correlação positiva moderada (0,54). Esta correlação, inferior às apresentadas para Foz do Areia e Segredo, pode ser explicada pela ocorrência de florações de microalgas de tamanho diminuto (como as cianobactérias *Merismopedia* e *Aphanocapsa*) (FRANÇA-SIECIECHOWICZ *et al.*, 2013). Neste caso, o

aumento da densidade celular não corresponde ao aumento da concentração de clorofila-a, uma vez que as algas são menores e sua contribuição em termos de biomassa também é menor.

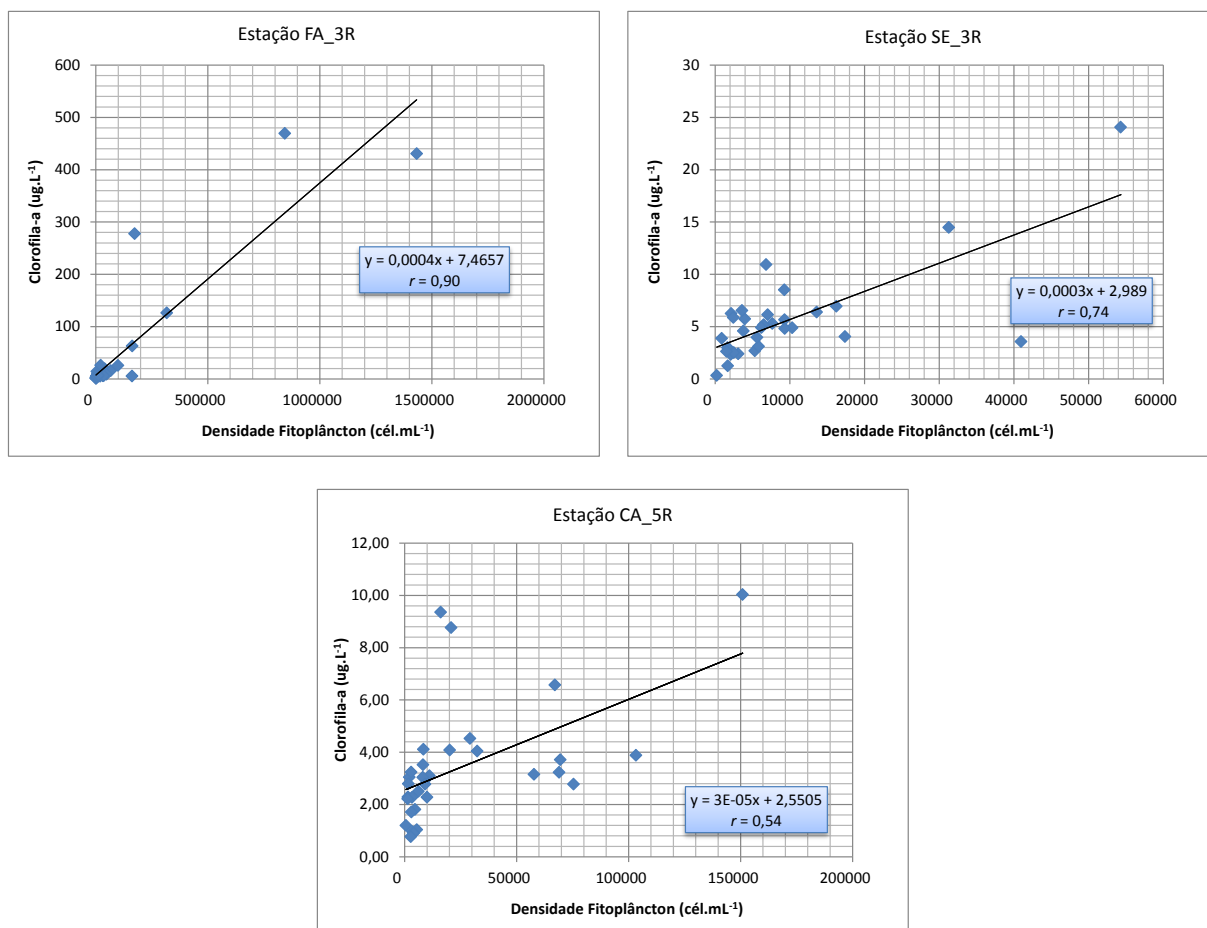


FIGURA 48 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE A DENSIDADE DO FITOPLÂNTON ( $\text{CÉLS.ML}^{-1}$ ) E DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-A ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE BARRAGEM

Além da correlação linear positiva com a clorofila-a, conforme exposto anteriormente, também foi registrada correlação entre a densidade do fitoplâncton e as variáveis temperatura do ar (FA\_2R), temperatura da água (SE\_2R, SE\_3R e CA\_3R), pH (FA\_2R, FA\_4R e SE\_3R), DQO (SE\_2R). Em especial na estação de barragem de Foz do Areia (FA\_3R), a correlação positiva do fitoplâncton ocorreu para as variáveis: OD, pH, condutividade, fósforo total, nitrogênio total, sólidos totais, DBO, DQO e turbidez.

## 4.2 Aplicação da análise fatorial em conjunto com análise do meio físico

### 4.2.1 Verificação das condições para AF dos dados de qualidade de água

A primeira verificação realizada foi o tamanho da amostra (número de observações) para cada estação de amostragem. Na Tabela 38, são observados os conjuntos de dados avaliados e o número de observações de cada um.

TABELA 38 - CONJUNTOS DE DADOS AVALIADOS

Estação de monitoramento	Variáveis																
	Transparência da água (Secchi)	Temperatura da Água	Temperatura do Ar	Turbidez	Sólidos Totais	pH	Clorofila -a	Coliformes Termotolerantes	Condutividade	DBO	DBO	Densidade do Fitoplâncton	Fósforo Total	Nitrogênio Total	Oxigênio Dissolvido	Pluviosidade Acumulada (48h)	Total
FA 1M	39	39	39	39	39	39	-	39	39	39	39	-	39	39	39	39	546
FA 2R	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	624
FA 3R	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	624
FA 4R	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	432
FA 5J / SE 1M	71	71	71	71	71	71	-	71	71	71	71	-	71	71	71	71	1058
SE 2R	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	512
SE 3R	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	512
SE 4J	32	32	32	32	32	32	-	32	32	32	32	-	32	32	32	32	448
CA 1M	32	32	32	32	32	32	-	32	32	32	32	-	32	32	32	32	448
CA 2R	32	32	32	32	32	32	-	32	32	32	32	-	32	32	32	32	448
CA 3R	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	512
CA 4R	32	32	32	32	32	32	-	32	32	32	32	-	32	32	32	32	448
CA 5R	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	512
CA 6J	32	32	32	32	32	32	-	32	32	32	32	-	32	32	32	32	448
Tot.	503	503	503	503	503	503	233	503	503	503	503	233	503	503	503	503	-

As estações FA\_5J e SE\_1M estão localizadas na mesma posição geográfica, e foram tratadas separadamente até o momento em função de suas coletas apresentarem

temporalidades diferentes, sendo as coletas de FA\_5J realizadas em conjunto com as demais estações de Foz do Areia e SE\_1M com as demais estações de Segredo. No entanto, o objetivo deste capítulo é a comparação dos fatores retidos com o uso do solo, optou-se por unir os conjuntos para uma análise mais efetiva e próxima da realidade.

Conforme pode ser verificado, o número de observações, por estação de amostragem variou entre 432 e 1.058. Estes conjuntos de observações, de acordo com a classificação já apresentada na Tabela 21, podem ser considerados como conjuntos bons a muito bons para aplicação da análise fatorial.

Na sequência, a razão entre o número de observações ( $n$ ) e o número de variáveis ( $p$ ) foi avaliada, visando atender à condição " $n > p$ ". Como pode ser verificado, para cada estação de monitoramento o número de variáveis " $p$ " (que varia de 14 a 16) é inferior que o número de observações " $n$ " (que varia de 27 a 71).

No intuito de verificar a adequação dos dados ao cálculo do teste de esfericidade de Bartlett, foi procedida a análise da normalidade multivariada dos dados das estações de monitoramento de qualidade de água dos três reservatórios em estudo, uma a uma. O resultado foi obtido na forma de um gráfico Scatter Plot. A interpretação do gráfico é simples: quanto mais a disposição dos pontos estiver próxima a formar uma reta, é confirmada a normalidade multivariada dos dados. O mesmo foi obtido pelo emprego da função *NORMULT* (FRANÇA, 2009), no software Matlab.

Os gráficos foram gerados por estação de amostragem e relacionam o quadrado da distância generalizada e o qui-quadrado para cada evento amostral, por estação. Nas estações FA\_1M, FA\_2R e FA\_3R, tal gráfico representa o resultado referente a 39 campanhas de amostragem, sendo que para a estação FA\_4R, foram referenciadas 27 campanhas de amostragem e o conjunto formado pelos dados de qualidade de água de FA\_5J e SE\_1M representam 71 amostragens. Para as demais estações, dados de 32 campanhas foram representados no gráfico.

Em todas as estações de monitoramento, o resultado final da avaliação do gráfico de Scatter Plot foi de aproximadamente uma reta, indicando que estas apresentam uma distribuição normal multivariada. Os gráficos são apresentados no Apêndice C.

Na sequência, a adequabilidade dos dados quanto à estrutura da análise fatorial foi avaliada através do teste de esfericidade de Bartlett e da medida de adequabilidade da amostra de Kaiser-Meyer-Olkin, através do programa SPSS.

A medida de adequacidade de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) avalia qual a variância dos dados que pode ser considerada comum a todas as variáveis e que, desta forma, pode ser atribuída a um fator comum. A estatística deste teste é representada pelo índice MSA. O valor de MSA varia entre 0 e 1, sendo que valores entre 0,5 e 1,0 indicam que a análise fatorial é uma ferramenta apropriada para a avaliação dos dados, enquanto valores abaixo de 0,5 indicam que a análise fatorial pode ser inadequada para o conjunto de dados em questão.

O teste de esfericidade de Bartlett testa a hipótese de que as correlações de uma dada matriz de correlação sejam iguais a zero, ou seja, a hipótese de que as variáveis não sejam relacionadas. Quando o *p*-valor for inferior a 0,05, os dados serão considerados adequados para a análise fatorial França (2009).

Os resultados iniciais das medidas adequabilidade e esfericidade para as estações de monitoramento estudadas podem ser observados na Tabela 39 .

TABELA 39 - RESULTADOS DAS MEDIDAS DE ESFERICIDADE E ADEQUACIDADE PARA AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO ESTUDADAS

Estação	$\chi^2$	<i>p</i> -valor	MSA
FA_1M	192,636	0,000	0,521
FA_2R	351,223	0,000	0,552
FA_3R	753,707	0,000	0,767
FA_4R	235,627	0,000	0,568
FA_5J/SE_1M	242,588	0,000	0,485
SE_2R	229,604	0,000	0,563
SE_3R	263,374	0,000	0,628
SE_4J	172,275	0,000	0,535
CA_1M	197,033	0,000	0,478
CA_2R	199,030	0,000	0,458
CA_3R	260,298	0,000	0,478
CA_4R	197,909	0,000	0,593
CA_5R	261,940	0,000	0,550
CA_6J	179,003	0,000	0,461

Conforme pode ser verificado, *p*-valor obtido para todas as estações de monitoramento foi inferior a 0,05, indicando, que de acordo com o teste de esfericidade de Bartlett, os dados estão ajustados para o tratamento por AF.

Já para a medida de adequacidade da amostra (MSA), a maior parte (9 em 14) das matrizes de dados de qualidade de água estudadas apresentaram dados ajustados ao tratamento por AF, com MSA superior a 0,5. Já aquelas referentes às estações FA\_5J/SE\_1M, CA\_1M, CA\_2R, CA\_3R, CA\_6J, apresentaram valores MSA inferiores a 0,5, o que indica que os conjuntos de dados podem não estar adequados à análise fatorial

No intuito de atender às exigências iniciais da AF, tanto a matriz anti-imagem, quanto à comunalidades dos conjuntos foram avaliadas, e os resultados são apresentados no Apêndice D. Ambas as metodologias sugerem a supressão de variáveis e um novo cálculo dos índices. Na Tabela 40, são apresentados os resultados dos estudos dos novos índices MSA gerados a partir da análise da matriz anti-imagem (1) e da avaliação das comunalidades (2). Em ambos os casos, o modelo sugeriu a remoção de variáveis em quase todos os conjuntos, sendo o número de variáveis removidas para o atendimento do MSA, também indicado na tabela.

TABELA 40 - RESULTADOS DO ÍNDICE MSA PARA A MATRIZ DE DADOS INICIAL, PARA A MATRIZ ALTERADA APÓS O ESTUDO DA MATRIZ ANTI-IMAGEM, E PARA A MATRIZ ALTERADA APÓS O ESTUDO DAS COMUNALIDADES

Estação	MSA inicial	MSA após estudo da matriz anti-imagem (1)	Número de variáveis removidas (1)	MSA após estudo das comunalidades (2)	Número de variáveis removidas (2)
FA_1M	0,521	0,634	7	0,535	6
FA_2R	0,552	0,651	7	0,549	1
FA_3R	0,767	0,778	3	0,756	1
FA_4R	0,568	0,672	6	*	0
FA_5J/SE_1M	0,478	0,579	7	0,519	5
SE_2R	0,563	0,643	6	0,610	6
SE_3R	0,628	0,649	2	0,672	4
SE_4J	0,535	0,670	5	0,529	3
CA_1M	0,478	0,637	6	0,439	4
CA_2R	0,458	0,652	11	0,556	6
CA_3R	0,478	0,741	10	0,630	7
CA_4R	0,593	0,753	6	0,661	4
CA_5R	0,550	0,707	6	0,645	6
CA_6J	0,461	0,526	10	0,539	4

\* todas as comunalidades apresentaram valores superiores a 0,7 e, desta forma, nenhuma variável foi removida.

Conforme pode ser observado, os valores globais de MSA obtidos por meio do estudo da matriz anti-imagem (remoção das variáveis com MSA individual inferior a 0,5) foram mais elevados, no entanto, o número de variáveis removidas foi maior, algumas inclusive, com a eliminação de 11 variáveis em um conjunto composto por 14.

Já os valores de MSA obtidos pelo estudo das comunalidades (remoção das variáveis com comunalidade inferior a 0,7) foram menores, mas ainda atendendo a  $MSA \geq 0,5$  para a realização da análise fatorial em 14 dos 15 conjuntos, com uma redução menos severa no número de variáveis.

Desta forma, no presente trabalho, foi selecionado o estudo das comunalidades como critério de eliminação de variáveis, buscando o atendimento das necessidades da



análise fatorial, mas de forma mais conservativa, preservando maior número de variáveis para diagnóstico.

A Tabela 41 ilustra as variáveis removidas após o estudo das comunalidades, para cada estação de monitoramento, visando nova análise fatorial, cujos resultados são apresentados no próximo item.

TABELA 41 - VARIÁVEIS REMOVIDAS DA ANÁLISE FATORIAL APÓS O ESTUDO DAS COMUNALIDADES, POR ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO

Estação	Variáveis removidas após o estudo das comunalidades
FA_1M	Condutividade, DBO, fósforo total, nitrogênio total, pH e pluviosidade acumulada.
FA_2R	Coliformes termotolerantes
FA_3R	Condutividade
FA_4R	-
FA_5J/SE_1M	Disco de Secchi, nitrogênio total, pH, sólidos totais, temperatura ambiente
SE_2R	Coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, pluviosidade acumulada
SE_3R	Coliformes termotolerantes, DQO, fósforo total, pluviosidade acumulada
SE_4J	Fósforo total, nitrogênio total, sólidos totais
CA_1M	Disco de Secchi, pH, sólidos totais, pluviosidade acumulada
CA_2R	Disco de Secchi, fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, pH, pluviosidade acumulada
CA_3R	Clorofila-a, densidade do fitoplâncton, DQO, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, pH, pluviosidade acumulada
CA_4R	Coliformes termotolerantes, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, pluviosidade acumulada
CA_5R	Coliformes termotolerantes, DQO, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, pH, pluviosidade acumulada
CA_6J	Coliformes termotolerantes, disco de Secchi, fósforo total, nitrogênio total

Visando tratar todos os dados através da mesma metodologia, para que pudessem ser comparáveis entre si, mesmo com o valor de MSA inferior a 0,5 para a estação CA\_1M, tais dados foram tratados por meio da análise fatorial, com a ressalva de que tal análise pode não ser adequada para o conjunto de dados em questão.

#### 4.2.2 Análise fatorial - UHE Foz do Areia

O resultado da análise fatorial dos dados de qualidade de água das estações de monitoramento estudadas é apresentado a seguir. As tabelas apresentam o resultado resumido, onde são elencadas apenas as variáveis selecionadas para a descrição do fator retido, ou seja, aquelas cujo peso absoluto foi igual ou superior a 0,7. O resultado completo da análise fatorial de cada estação de monitoramento, na forma de tabelas com o peso de todas as variáveis, autovalores e variâncias explicadas está disponível no Apêndice E.

A seleção do número de fatores a serem retidos foi determinada pelo critério de Kaiser (KAISER, 1958), no qual os fatores retidos são aqueles com autovalores maiores que um.

Conforme pode ser observado pela Tabela 42, a análise fatorial dos dados de qualidade de água da estação FA\_1M, localizada a montante do reservatório de Foz do Areia resultou em quatro fatores retidos. Em conjunto, estes fatores explicaram 82,0% da variância total da amostra. No APÊNDICE E, a Tabela E 1 ilustra, além dos resultados resumidos na Tabela 42, os pesos das variáveis na composição dos fatores e os autovalores.

TABELA 42 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO FA\_1M, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

FA_1M	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	OD (-) T. água (+) T. ar (+)	ST (+) Turbidez (+)	Colif. T. (-) Secchi (-)	DQO (+)	82,0 %
Variância do Fator	29,2%	20,4	18,3	14,1	

Nota: Colif. T. (coliformes termotolerantes); DQO (demanda química de oxigênio); OD (oxigênio dissolvido); Secchi (medida de transparência da água); ST (sólidos totais); T. água (temperatura da água); T. ar (temperatura ambiente).

O fator 1 foi composto pelas variáveis oxigênio dissolvido, temperatura da água e temperatura ambiente, e correspondeu a 29,2% da variância total da amostra. Tal fator representa a influência da temperatura na concentração de oxigênio da água, variáveis que interagem em sentido inverso. Conforme citado anteriormente, o comportamento dos gases, incluindo o oxigênio dissolvido, tem relação com a temperatura, pois a elevação na mesma torna gases menos solúveis e sendo este um sistema aberto, o oxigênio dissolvido na água desprende-se para o ar (FIORUCCI e BENEDETTI-FILHO, 2005).

Haase *et al.* (2003), em estudo da qualidade das águas do litoral norte do Rio Grande do Sul, também encontraram a temperatura e oxigênio dissolvido compondo um fator retido da análise fatorial realizada. Estes autores comentam que tal situação evidencia o aspecto sazonal dos dados.

O fator 2 foi composto pelas variáveis sólidos totais e turbidez, representando 20,4% da variância da amostra. De acordo com Nogueira, Cabral e Oliveira (2012), elevações na turbidez e na concentração de sólidos podem estar correlacionadas a períodos de pluviosidade mais elevada, em especial em terrenos com menor área florestada e solos expostos. Também Almeida e Schwarzbald (2003) registram a correlação entre a turbidez e

sólidos totais à pluviosidade, caracterizando o arraste superficial de sólidos ao corpo de água, com elevação da turbidez, em especial em regiões de campos e pastagens. Segundo Plamondon *et al.* (1991), a remoção de florestas no entorno de corpos de água pode promover elevações na temperatura e reduções na concentração de oxigênio dissolvido (como o observado no fator 1), em um estudo sobre a influência da floresta na conservação do solo e da água, em bacias peruanas. Tais autores reforçam que em bacias florestadas, a concentração de sólidos totais na água foi inferior, quando comparada a bacias que passaram por remoção de áreas de floresta para a criação de pastos e áreas agriculturáveis.

O fator 3 incluiu as variáveis coliformes termotolerantes e disco de Secchi, variando no mesmo sentido, e representou 18,3% da variância total da amostra. Tais variáveis, atuam de forma geral, em sentidos inversos, uma vez que representam, respectivamente, a contaminação da água por material de origem fecal e sua transparência. A composição deste fator pode ter sofrido interferência dos valores elevados de coliformes termotolerantes, cujas concentrações brutas foram eventualmente altas naquela estação de monitoramento, enquanto os valores de disco de Secchi variaram pouco (entre 0,5 e 1,0 m).

O fator 4 compreendeu exclusivamente a variável DQO, com 14,1% da variância total da amostra. Segundo França-Sieciechowicz *et al.* (2011), quando o fator é representado apenas por uma variável, pode-se optar por trabalhar diretamente com a variável original no lugar do fator, isto porque o fator é a própria variável. Este fator representa a matéria orgânica não biodegradável na água, corroborando o diagnóstico dos fatores anteriores, de aporte de matéria orgânica e demais poluentes ao corpo hídrico, a montante do empreendimento.

Comparando os fatores retidos com o uso do solo no entorno de 1.000 m do reservatório, observa-se que qualidade de água sofre influência de toda a bacia de drenagem a montante do monitoramento e em menor proporção, também a influência de sua proximidade com centros urbanos. Com a proximidade com cidades lindeiras, era esperada maior influência de esgotos domésticos, em especial realçada pela relevância de coliformes termotolerantes na análise, ou mesmo de efluentes industriais, evidenciados pela DQO. Neste caso, apesar de ambas as variáveis citadas pertencerem a um fator (3 e 4, respectivamente), a maior parte da variância explicada (cerca de 50%) está relacionada às variáveis dos fatores 1 e 2. Desta forma, é possível que o diagnóstico da qualidade de água

da região aponte mais para poluição difusa (advinda da bacia de contribuição de 29.900 km<sup>2</sup>) do que para fontes pontuais de entorno, na região da estação de monitoramento.

Com relação à estação FA\_2R, localizada no terço médio do reservatório, a Tabela 43 mostra o resumo do resultado da análise fatorial dos dados de qualidade de água, cujos pesos das variáveis na composição dos fatores são ilustrados integralmente no Apêndice E, a Tabela E 2. Seis fatores foram selecionados para descrever a variabilidade da qualidade da água naquela estação. Tais fatores, em conjunto, representam 82,7% da variabilidade total dos dados.

TABELA 43 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO FA\_2R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

FA_2R	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	Clor-a (+) Fito (+) OD (+) pH (+)	Secchi (-) Turbidez (+)	Cond. (+) ST (+)	T. água (+)	DBO (+) DQO (+)	Pluvio. (+)	82,7%
Variância do Fator	19,1%	17,5%	13,8%	12,1%	11,6%	8,6%	

Nota: Clor-a (clorofila-a); Cond. (condutividade); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); DQO (demanda química de oxigênio); Fito (densidade do fitoplâncton); OD (oxigênio dissolvido); pH (potencial hidrogeniônico); Pluvio. (pluviosidade acumulada em 48h), Secchi (medida de transparência da água); ST (sólidos totais); T. água (temperatura da água); T. ar (temperatura ambiente).

O fator 1 foi representado pelas variáveis clorofila-a, densidade do fitoplâncton, oxigênio dissolvido e pH, que descrevem o fator eutrofização do corpo hídrico (19,1% da variância). A ocorrência de eventos de florações de microalgas (densidade do fitoplâncton) na região, neste caso, tem relação direta com a concentração de clorofila-a (medida da biomassa algal). Com a elevação da densidade da comunidade de produtores primários, ocorre também a elevação na concentração de oxigênio dissolvido durante o dia, advindo do processo de fotossíntese. Também o pH pode ser afetado por eventos de floração, uma vez que ocorre uma demanda maior de CO<sub>2</sub> da água para a fotossíntese, e consequente alcalinização da água.

No fator 2, a transparência da água e a turbidez foram as variáveis descritivas, e ocorreram em sentidos opostos (com 17,5% da variância total da amostra). Esta situação pode ser relacionada à turbidez biogênica, dado a ocorrência de eventuais florações, que impedem a entrada de luz para a subsuperfície da água, aumentando a turbidez e reduzindo a transparência. O fator 3, responsável por 13,8% da variância da amostra, caracterizado

pela condutividade e sólidos totais, também pode relacionar-se ao aporte de poluentes carregado em períodos de chuva.

O fator 4 foi representado exclusivamente pela temperatura da água. O mesmo ocorreu com o fator 6, representado pela pluviosidade acumulada 48 horas anteriores à coleta. A temperatura pode ter ilustrado a influência de tal variável como catalisador das reações metabólicas do ecossistema, uma vez que a elevação da temperatura acelera, até certo ponto, o metabolismo da comunidade aquática, incluindo o fitoplâncton, sendo que no sentido inverso as correlações também ocorrem (redução na temperatura, redução da atividade metabólica da biota aquática). O fator 5, representou a matéria orgânica na água, pelas variáveis DBO e DQO (11,6% da variância).

Na região da estação de monitoramento FA\_2R, mais especificamente a montante da estação, localiza-se uma área de lazer pertencente ao município de Bituruna. Também o município de Cruz Machado encontra-se a montante de FA\_2R. Desta forma, seria esperado que variáveis de qualidade de água associadas à poluição advinda de esgotos domésticos e do uso de recreação dado à água fossem relevantes na análise fatorial. A variável coliformes termotolerantes, por exemplo, foi previamente excluída da análise por apresentar comunalidade baixa, já indicando a pouca relevância da mesma no estudo da qualidade de água daquela estação de monitoramento. Assim, é provável que a maior variabilidade do fator 1, esteja relacionada às cargas poluentes advindas do uso inadequado do solo na bacia de contribuição que, em um ambiente agora lântico, favorecem a instalação de processos de eutrofização no reservatório.

A Tabela 44 ilustra os resultados da análise fatorial dos dados de qualidade de água da estação FA\_3R, localizada no reservatório de Foz do Areia, nas proximidades do barramento.

Para esta estação foram selecionados quatro fatores descritivos da variabilidade dos dados de qualidade de água, representando 80,5% da variabilidade total da amostra. No Apêndice E, a Tabela E 3 ilustra os pesos das variáveis nos fatores retidos.

Assim como na estação FA\_2R, para a estação FA\_3R também o primeiro fator foi representativo do processo de eutrofização. Descrito pelas variáveis clorofila-a, fitoplâncton, DBO, DQO, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, fósforo total, sólidos totais e turbidez, o fator 1 foi responsável mais da metade da variância total da amostra (50,5%). As variáveis descritivas do fator representam a ocorrência de florações (densidade de fitoplâncton e

clorofila-a) e a disponibilidade de nutrientes (NT e PT) e matéria orgânica quando da ocorrência destes eventos (DBO e DQO). Esta situação é corroborada também pelas variáveis oxigênio dissolvido, sólidos totais e turbidez. Quando da ocorrência de florações, picos de oxigênio dissolvido podem ser registrados durante o dia, nas camadas superficiais da água, e a turbidez biogênica prejudica a entrada da luz para as camadas inferiores da água, reduzindo a medida de transparência da água.

A situação de eutrofização do reservatório de Foz do Areia já foi reportada anteriormente por Pereira *et al.* (2012; 2013). Tais autores evidenciaram a partir de modelagem matemática a ocorrência do processo de eutrofização no reservatório, em especial nos anos de 2006 e 2007, que representaram períodos atípicos de seca no estado do Paraná.

TABELA 44 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO FA\_3R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

FA_3R	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	Clor-a (+) DBO (+) DQO (+) Fito (+) NT (+) OD (+) PT (+) ST (+) Turbidez (+)	T. água (+) T. ar (+)	Colif. T. (+)	Pluvio (+)	80,5%
Variância dos fatores	50,5%	14,1%	8,1%	7,6%	

Nota: Clor-a (clorofila-a); Colif. T. (coliformes termotolerantes); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); DQO (demanda química de oxigênio); Fito (densidade do fitoplâncton); NT (nitrogênio total); OD (oxigênio dissolvido); pH (potencial hidrogeniônico); Pluvio (pluviosidade acumulada em 48h); PT (fósforo total); ST (sólidos totais); T. água (temperatura da água); T. ar (temperatura ambiente).

O fator 2, composto por temperatura ambiente e temperatura da água evidencia a sazonalidade. Esta situação pode estar também relacionada à cobertura do solo na região de monitoramento. Segundo Plamondon *et al.* (1991), maior flutuação na temperatura da água (variabilidade) ocorre em bacias com menor cobertura vegetal (falta de sombreamento), bem como em águas com menor velocidade. É importante lembrar que a temperatura tem influência no metabolismo do ecossistema, agindo diretamente sobre biota aquática.

A composição do fator 1 e do fator 2 pode ser graficamente observada na Figura 49. No gráfico, são destacados três grupos, variáveis destacadas em azul, variáveis destacadas em bege e as destacadas em preto.

As variáveis destacadas em azul, apresentam valores altos no eixo X, indicando sua relevância na composição do fator 1 (eutrofização). Todas as variáveis selecionadas apresentaram-se em regiões positivas do fator 1, indicando que variam no mesmo sentido. Para o fator 2, as variáveis foram destacadas na cor bege são aquelas que contribuíram com maiores pesos na composição do fator. As variáveis destacadas em preto, mais próximas à origem do gráfico, apresentam pesos baixos em ambos os fatores, não contribuindo com a caracterização dos mesmos. Ressalva se faz ao pH, cujo peso no fator 1 foi o mais alto entre as variáveis deste terceiro grupo (0,677). A explicação para esta avaliação é que em situações de eutrofização, ocorre maior demanda por CO<sub>2</sub> pelos produtores primários, em função de sua densidade elevadas e, desta forma, ocorre elevação no pH.

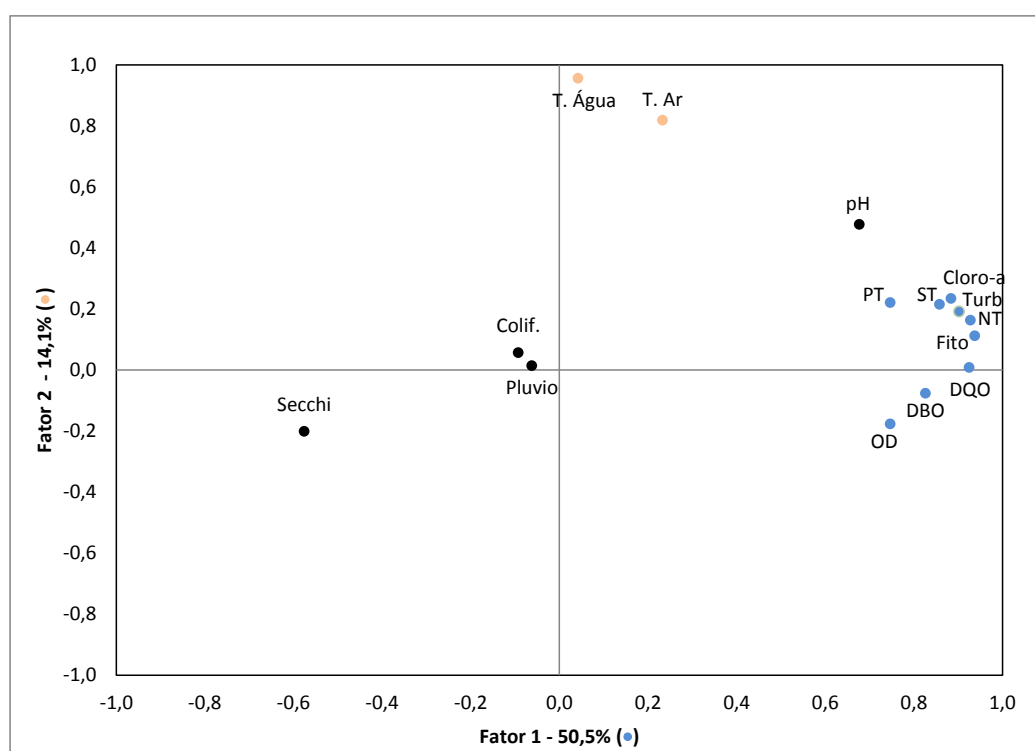


FIGURA 49 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO FATOR 1 X FATOR 2, PARA A ESTAÇÃO FA\_3R

Os fatores 3 e 4 também comprovam o diagnóstico de aportes de matéria orgânica ao reservatório, uma vez que são compostos por coliformes termotolerantes e pluviosidade acumulada, respectivamente, mas com variâncias menores que o fator principal.

O uso do solo no entorno da estação FA\_3R é composto por solo exposto (margem direita) e florestas secundárias, em diferentes estágios de regeneração (ambas as margens). Em uma análise direta, os resultados da análise fatorial daquela estação não refletem a composição do uso do solo. O que se observa, na realidade, é a influência das características

hidráulicas do corpo hídrico na região (maior profundidade, maior tempo de retenção da água, proximidade do barramento), que associada aos aportes de montante, cria uma situação propícia para o estabelecimento da eutrofização, detalhadamente descrita pelo fator 1.

Assim, em especial por ser o primeiro reservatório de uma série, verifica-se a influência do uso do solo da bacia de contribuição em detrimento do uso do solo no entorno direto (faixa de 1000 metros) no reservatório de Foz do Areia.

Na Tabela 45, é apresentado o resultado resumido da análise fatorial dos dados de qualidade de água da estação FA\_4R. No Apêndice E, a Tabela E 4 expressa os pesos das variáveis nos fatores retidos, bem como os autovalores.

TABELA 45 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO FA\_4R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

FA_4R	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	Clor-a (+) OD (+)	T. água (+) T. ar (+)	Cond. (+) DBO (+)	Secchi (-) Turbidez (+)	NT (+) Pluvio (+)	Colif. T.(-)	81,3%
Variância dos fatores	18,1%	15,1%	14,0%	13,9%	10,5%	9,6%	

Nota: Clor-a (clorofila-a); Colif. T. (coliformes termotolerantes); Cond. (condutividade); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); NT (nitrogênio total); OD (oxigênio dissolvido); Pluvio (pluviosidade acumulada em 48h); Secchi (medida de transparência da água); T. água (temperatura da água); T. ar (temperatura ambiente).

A Estação FA\_4R localiza-se no reservatório de Foz do Areia, em um braço formado pelo rio Areia, tributário do rio Iguaçu, na região do barramento. Para a caracterização da qualidade das águas do reservatório nesta região, foram selecionados seis fatores, que em conjunto, representaram 81,3% da variância total da amostra. Esta foi uma das estações onde o número de fatores retidos foi maior. Tal situação pode estar relacionada ao tamanho da amostra original, uma vez que a estação FA\_4R foi a estação com menor número inicial de observações.

Assim como nas demais estações de reservatório, na estação FA\_4R, o fator 1 foi representado pelas variáveis oxigênio dissolvido e clorofila-a, e correspondeu a 18,1% da variância total da amostra. Esta composição relaciona-se à atividade da comunidade de produtores primários no ecossistema, que em quantidade elevada, também elevam a concentração de oxigênio dissolvido na água durante o dia.

O fator 2 foi composto pelas variáveis temperatura da água e temperatura do ar, representando 15,1% da variância da amostra, reforçando a influência da temperatura no



metabolismo do ecossistema e o aspecto sazonal do fator. Os demais fatores, foram caracterizados pelo aporte de poluentes, como o fator 3 (14,0% da variância) descrito pela condutividade e pela DBO e o fator 4 (13,9 % da variância), caracterizado pelas variáveis disco de Secchi e turbidez, em sentidos opostos. Em conjunto com o fator 5 (12,1% da variância), caracterizado pelo nitrogênio total e pluviosidade acumulada, demonstram a influência do uso do solo nas características da qualidade da água. Segundo Jarvie *et al.* (2006), a correlação em mesmo sentido entre a chuva e poluentes pode ser indicativo de fontes difusas de poluição, uma vez que a lavagem do solo após/durante a chuva elevaria a concentração do constituinte em estudo na água. O fator 6 (9,6% da variância) foi representado, isoladamente, pela variável coliformes termotolerantes, indicativo de contaminação das águas por material de origem fecal.

Apesar do fator 1 ser caracterizado pela clorofila-a e oxigênio dissolvido, representativos da produtividade primária do ecossistema, observa-se que este fator apresenta menor variância, quando comparado com o fator eutrofização verificado na estação de monitoramento da barragem, FA\_3R, mesmo considerando que o tamanho original das matrizes de dados das estações FA\_3R e FA\_4R é diferente. Desta forma, é possível que no rio Iguaçu localize-se a principal fonte de aportes de montante ao lago, visto que no braço do rio Areia, o fator 1 (também relacionado à eutrofização), explicou menor percentual da variância, quando comparado ao fator 1 da estação FA\_3R. A menor contribuição do braço do rio Areia aos aportes de nutrientes responsáveis pela eutrofização do reservatório de Foz do Areia, em detrimento dos aportes advindos do próprio rio Iguaçu também foi reportada por Pereira *et al.* (2012).

A Tabela 46 mostra os resultados da análise fatorial do conjunto formado pelos dados de qualidade de água das estações FA\_5J e SE\_1M, uma vez que estas estações estão localizadas a jusante do barramento de Foz do Areia e a montante do reservatório de Segredo, na mesma posição geográfica.

Tal análise resultou em quatro fatores retidos, que explicaram, em conjunto, 66,5% da variância total da amostra. A Tabela E 5, localizada no Apêndice E, descreve os pesos das variáveis na composição dos fatores e os autovalores.

TABELA 46 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA O CONJUNTO FORMADO PELOS DADOS DAS ESTAÇÕES FA\_5J E SE\_1M, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

FA_5J/SE_1M	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	OD. (+) T. água (-)	Turbidez (+) Cond. (-)	DBO (+) DQO (+)	Pluvio (+)	66,5%
Variância dos fatores	19,7%	16,8%	16,5%	13,5%	

Nota: Cond. (condutividade); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); DQO (demanda química de oxigênio); OD (oxigênio dissolvido); Pluvio (pluviosidade acumulada em 48h); T. água (temperatura da água).

Nesta estação de característica intermediária entre um ambiente de rio e um ambiente de lago, o fator 1 foi descrito pelas variáveis oxigênio dissolvido e temperatura da água, representando 19,7% da variância da amostra. Tal situação também foi observada na estação de montante FA\_1M. Conforme descrito anteriormente, a influência da temperatura na dissolução dos gases explica tal relação em sentido inverso. Já nas estações de reservatório, tal característica não foi observada. É possível que tal relação entre o oxigênio dissolvido e a temperatura não tenha sido registrada nas estações de reservatório, em função da influência dos processos de estratificação, característica dos locais estudados, que forma uma barreira física à mistura completa das massas de água. Além disto, também existe a questão da altura da tomada de água de Foz do Areia.

Em regiões do reservatório com maior profundidade, como imediatamente a montante da barragem (estação FA\_3R), ocorre a estratificação térmica com hipóxia hipolimnética (mais pronunciada no verão) e diferenças nas temperaturas nos diferentes estratos da coluna de água. A tomada de água de Foz do Areia é profunda ( $\cong$  60 m), fazendo com que a água que passa pelas turbinas, e que é restituída a jusante (estação FA\_5J/SE\_1M), seja uma água com baixa concentração de oxigênio. Segundo Merenda (2004), tal situação já havia sido destacada no diagnóstico realizado para o EIA/RIMA de Segredo.

O fator 2 (16,8% da variância total da amostra) foi caracterizado pelas variáveis turbidez e condutividade, ocorrendo em sentidos opostos. Koning e Roos (1999) e Maimuna e Victor (2012) encontraram uma relação inversa significativa entre as medidas de turbidez e de condutividade. Ambos os autores relacionam tal situação com a sazonalidade e ao regime de chuvas, sendo que o último ressalta que a presença de argila não condutora e materiais arenosos levaram à elevação da turbidez em suas amostras e à redução da condutividade. Silva *et al.* (2008) também registram que a precipitação favorece a redução da turbidez e a

elevação da condutividade, fato corroborado pelas observações de Keulder (1979)<sup>10</sup> *apud* Koning e Roos (1999), que verificou valores elevados de condutividade e baixos de turbidez em períodos de estiagem. Apesar de não estar relacionada diretamente com tais variáveis no fator 2, a pluviosidade acumulada mostrou-se uma variável importante na caracterização da qualidade das águas da estação em questão, descreveu, isoladamente, o fator 4, com 13,5% da variância total da amostra.

O fator 3 caracterizou o aporte de matéria orgânica, destacando as variáveis DBO e DQO. Tal fator apresentou 16,5% da variância total da amostra.

Observa-se que as características da água restituída ao rio Iguazu, a montante da UHE Segredo são mais fortemente influenciadas pelas características das águas profundas do reservatório de Foz do Areia, devolvidas ao rio com concentrações de oxigênio dissolvido mais baixas em função da estratificação do primeiro reservatório da cadeia. No entanto, o segundo fator parece relacionar-se com o uso do solo na região de entorno, onde se registra além de mata em estágio inicial de regeneração, passagens e agricultura em pequena escala. Esta característica, unida à pluviosidade na região pode ter influenciado a medida de condutividade e de turbidez.

#### 4.2.3 *Análise fatorial - UHE Segredo*

A análise fatorial dos dados de qualidade de água da estação de monitoramento SE\_2R resultou em três fatores retidos, conforme pode ser observado na Tabela 47. A análise demonstrou que três fatores representaram, em conjunto, 67,5% da variância da amostra. No Apêndice E, a Tabela E 6 ilustra os pesos das variáveis na composição dos fatores e os autovalores.

O fator 1, caracterizado pelas variáveis clorofila-a, densidade do fitoplâncton e temperatura da água, foi responsável por quase um terço (31,1%) da variância total da amostra. O primeiro fator da estação SE\_2R, localizada no terço inicial do reservatório de Segredo, apresentou comportamento muito semelhante ao primeiro fator da estação FA\_2R, no terço inicial do reservatório de Foz do Areia. Em ambas, o primeiro fator teve em sua composição clorofila-a, temperatura da água e a densidade do fitoplâncton. A única

---

<sup>10</sup> KEULDER P.C. Hydrochemistry of the upper Orange River catchment. *J. Limnol. Soc. South. Afr.* v. 5 n. 1, p 36-46. 1979.

diferença foi a presença do pH compondo o primeiro fator de FA\_2R. Esta situação está relacionada com florações eventuais no reservatório de Foz do Areia.

TABELA 47 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO SE\_2R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

SE_2R	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	Clor-a (+) Fito (+) T. água (+)	Secchi (+) Turbidez (-)	Cond. (+)	67,5%
Variância dos fatores	31,1%	20,2%	16,2%	

Nota: Clor-a (clorofila-a); Cond. (condutividade); Fito (densidade do fitoplâncton); Secchi (medida de transparência da água); T. água (temperatura da água).

Aportes de nutrientes advindos, possivelmente de montante, juntamente com inóculos de cianobactérias que são lançados a jusante do barramento de Foz do Areia, quando encontram um novo ambiente lântico, em especial em períodos de temperatura elevada, podem gerar consequências como a ocorrência de florações. No entanto, no reservatório de Segredo, o aporte advindo diretamente pelo rio Iguaçu é menor, em especial pela presença do barramento de Foz do Areia, reservatório que serve como um decantador da água que será restituída para jusante. Desta forma, os efeitos do aporte de nutrientes não são tão intensos no reservatório de Segredo, situação também melhor pela ausência de centros urbanos ou mesmo, núcleos rurais no entorno direto (basicamente florestas em diferentes estágios sucessionais e pastagens).

O fator 2 foi descrito pelas variáveis transparência da água (disco de Secchi) e turbidez, em sentidos opostos. O fator em questão, respondeu por 20,2% da variância dos dados. Conforme comentado anteriormente, os sentidos distintos nos quais seus pesos aparecem na composição do fator 2 estão diretamente relacionados à natureza das variáveis. Quanto mais elevada foi a transparência da água, menor será a turbidez, sendo o inverso também verdadeiro. Conforme explicado para o fator 2 da estação FA\_2R, o fator turbidez relaciona-se com a turbidez biogênica, ou com carreamento de material a partir de solo exposto ou em uso inadequado. Couto (2010), corrobora o diagnóstico, afirmando que, basicamente, dois fatores podem afetar a transparência da água: algas e material em suspensão.

O fator 3 foi composto exclusivamente pela condutividade, representando 16,2% da variância. Segundo Terra *et al.* (2010), a condutividade elétrica pode ser afetada pela

geologia da região, pela chuva e pela concentração de sólidos, ilustrando a semelhança as características do fator 2 e 3, conforme já citado anteriormente, mesmo que sejam considerados independentes.

Com relação à qualidade de água e ao uso do solo, o que se observa é a influência das águas e da situação trófica do reservatório de montante. A semelhança entre as características da água entre as estações iniciais do reservatório de Foz do Areia e Segredo, mesmo com diferentes tipos de uso do solo e tempo de residência dos reservatórios é um indicativo de que a característica mais marcante da região é influenciada pelo reservatório inicial da cadeia mais do que pelo uso do solo no entorno direto.

O resultado da análise fatorial dos dados da estação de monitoramento de qualidade de água SE\_3R foi descrito na Tabela 48. O detalhamento dos pesos das variáveis na composição dos fatores e os autovalores pode ser observado na Tabela E 7, disponível no Apêndice E. O conjunto dos quatro fatores retidos representou 78,6% da variância total da amostra.

TABELA 48 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO SE\_3R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

SE_3R	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	Clor-a (+) Fito (+) pH (+) T. água (+)	Secchi (-) Turbidez (+)	Cond. (+)	-	78,6%
Variância dos fatores	26,6%	19,0%	18,9%	14,1%	

Nota: Clor-a (clorofila-a); Cond. (condutividade); Fito (densidade do fitoplâncton); Secchi (medida de transparência da água); T. água (temperatura da água).

As variáveis mais representativas no fator 1 foram: clorofila-a, densidade do fitoplâncton, pH e temperatura da água. Tal fator foi responsável por 26,6% da variância total da amostra. Conforme discutido no fator 1 da estação SE\_2R, também na estação SE\_3R, o primeiro fator está relacionado ao desenvolvimento (densidade) da comunidade fitoplanctônica. Esta situação, associada às variáveis clorofila-a (biomassa algal), pH (demanda de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese) e a temperatura da água (sazonalidade). Assim como citado anteriormente, a presença da variável pH é um indicativo de que a ocorrência destes eventos de floração de microalgas, mesmo que sazonais e menos frequente no reservatório de Segredo, são relevantes na caracterização das águas em estudo nas proximidades do barramento.

A semelhança entre os fatores retidos nas estações SE\_2R e SE\_3R não está somente no fator 1, mas a composição dos fatores 2 e 3 foram idênticas. No fator 2, as variáveis mais relevantes foram transparência da água (disco de Secchi) e turbidez, em sentidos opostos, sendo que tal fator representou 19,0% da variância total da amostra e o no fator 3 apenas a variável condutividade mostrou-se representativa, sendo que este fator respondeu por 18,9% da variância total da amostra.

O comportamento das variáveis na composição do fator 1 e do fator 2 pode ser graficamente observada na Figura 50. As variáveis destacadas em preto (sólidos totais, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, condutividade, temperatura do ar e DBO), apresentam pesos baixos em ambos os fatores, não contribuindo com a caracterização dos mesmos. No entanto, as variáveis destacadas em azul, apresentam valores altos no eixo X, indicando sua importância na caracterização do fator 1. Todas as variáveis selecionadas apresentaram-se em regiões positivas do fator 1, indicando que variam no mesmo sentido. Para o fator 2, as variáveis foram destacadas na cor bege são aquelas que contribuíram com maiores pesos na composição do fator (turbidez e transparência), sendo destacadas em sentidos opostos no gráfico.

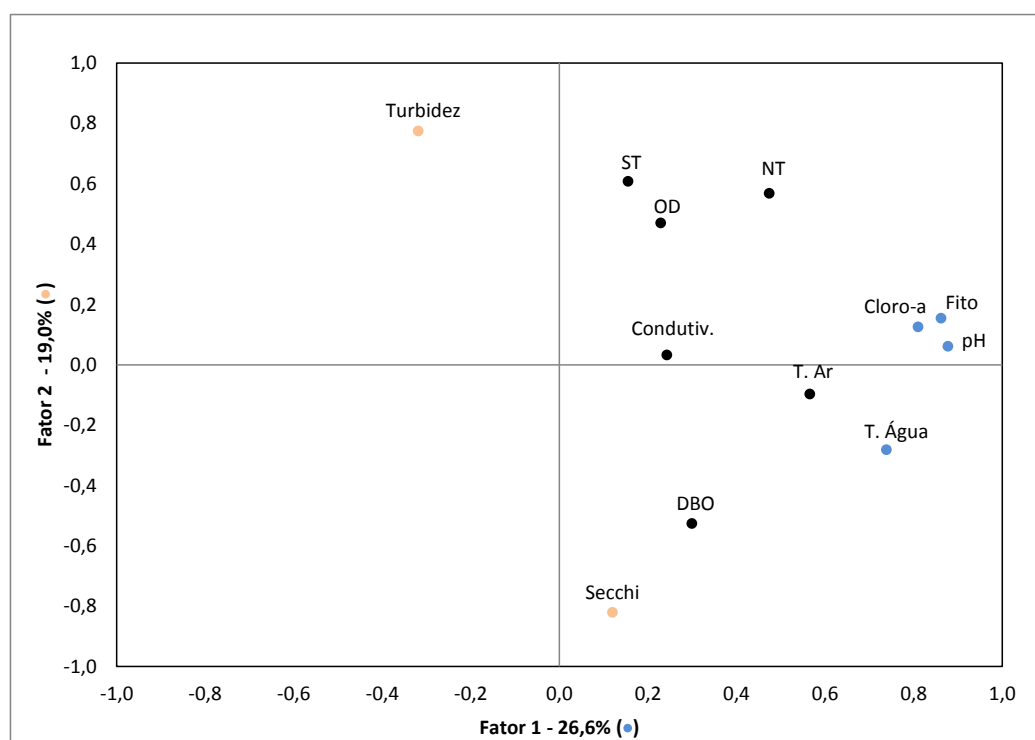


FIGURA 50 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO FATOR 1 X FATOR 2, PARA A ESTAÇÃO SE\_3R

Também nota-se a semelhança entre a composição do primeiro fator da estação SE\_3R e da estação de Foz do Areia, FA\_3R. Ambos os fatores são representativos da eutrofização. No entanto, no reservatório de Segredo, a temperatura também é uma variável de relevância na caracterização do fator, enquanto em Foz do Areia, a temperatura não compôs o primeiro fator. Tal situação pode estar relacionada à sazonalidade dos eventos de eutrofização em Segredo, que foram esporádicos, e em períodos de temperaturas muito elevadas associada à estiagem.

Na composição do fator 4 da estação SE\_3R, nenhuma variável apresentou peso absoluto igual ou superior a 0,7. Entre as variáveis estudadas, a que apresentou peso mais elevado foi o oxigênio dissolvido (-0,570). Este fator foi responsável por 14,1% da variância da amostra.

A semelhança entre a composição dos fatores retidos entre as estações de reservatório da UHE Segredo, pode indicar que as características da qualidade da água do reservatório são mais influenciadas pelas características da água aportada ao reservatório, advinda de montante, do que em função do uso do solo de entorno do reservatório. Tal observação relaciona-se a ocorrência de uma área de lazer a montante da região da estação SE\_3R, onde são realizados esportes aquáticos. Este tipo de uso de solo não é observado na estação SE\_2R, e no entanto, as variáveis descritoras dos fatores retidos em ambos são semelhantes (fator 1), se não idênticas (fator 2 e 3).

Na Tabela 49, podem ser visualizados os resultados da análise fatorial de dados de qualidade de água da estação de monitoramento SE\_4J. No Apêndice E, a Tabela E 8 ilustra os pesos das variáveis na composição dos fatores e os respectivos autovalores. Em conjunto, os cinco fatores retidos representaram 84,7% do total da variância da amostra.

TABELA 49 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO SE\_4J, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

SE_4J	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	OD (-) T. água (+) T. ar (+)	Cond. (+) pH (+)	Colif. T. (+) Pluvio (+)	Secchi (+)	DQO (+)	84,7%
Variância dos fatores	22,9%	19,9%	15,9%	14,8%	11,2%	

Nota: Colif. T. (coliformes termotolerantes); Cond. (condutividade); DQO (demanda química de oxigênio); OD (oxigênio dissolvido); pH (potencial hidrogeniônico); Pluvio (pluviosidade acumulada em 48h); Secchi (transparência da água - Disco de Secchi), T. água (temperatura da água); T. ar (temperatura ambiente).

Na composição do fator 1, as variáveis de temperatura (da água e ambiente) e oxigênio dissolvido, em sentidos opostos, foram mais relevantes, apresentando peso superior a 0,7. Tal fator apresentou variância de 22,9%. O que se observa, é uma grande semelhança entre a composição do fator 1 nas estações de jusante (FA\_5J/SE\_1M e CA\_6J, esta última a ser discutida posteriormente). Estas estações estão localizadas a jusante de reservatórios estratificados, cuja água utilizada para a geração de energia e restituída ao rio é tomada em profundidades onde ocorrem baixas concentrações de oxigênio dissolvido (ou então situações de anóxia). Também a estação de montante FA\_1M apresentou as mesmas variáveis descrevendo o primeiro fator. Além disto, trata-se de estações de “rio”, e conforme já comentado anteriormente, a literatura consultada também relaciona a sazonalidade à composição deste fator.

As variáveis pH e condutividade foram representativas do fator 2, que expressou 19,9% do total da variância da amostra. Tal correlação entre o pH e a condutividade já foi observada por diversos autores, como Guimarães (2012) e Silva *et al.* (2010), este último comentando que, em águas com valores de pH muito elevados ( $\text{pH} > 9$ ) ou muito baixos ( $\text{pH} < 5$ ), os valores de condutividade são devidos somente às altas concentrações de poucos íons em solução, principalmente  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$ . Pluviosidade e coliformes termotolerantes foram as variáveis de maior importância na composição do fator 3, que representou 12,1% da variância total da amostra. A correlação entre estas variáveis foi positiva (Tabela B 9), indicando que, quando aumenta a pluviosidade acumulada, aumenta a concentração de coliformes termotolerantes na água, sendo o inverso também verdadeiro. Esta situação caracteriza poluição difusa, quando ocorre o arraste superficial de poluentes ao rio/reservatório a partir da lavagem do solo.

O fator 4 foi composto exclusivamente pela transparência da água (14,8% da variância total da amostra) e o fator 5, exclusivamente pela DQO (11,2% da variância da amostra).

A estação SE\_4J não está coberta pela análise do uso do solo de entorno realizada pelo PACUERA da usina, uma vez que se situa fora do entorno de 1.000 m do reservatório.



#### 4.2.4 Análise fatorial - UHE Caxias

Dados de qualidade de água advindos da estação de monitoramento localizada a montante do reservatório de Caxias (CA\_1M) foram tratados por meio de análise fatorial e os resultados são apresentados na Tabela 50. No Apêndice E, a Tabela E 9 contém o detalhamento da análise fatorial, com os pesos das variáveis nos fatores, bem como os autovalores.

Foram cinco os fatores que apresentaram autovalores superiores a um e desta forma, considerados como representativos da análise em questão. Juntos, tais fatores representaram 85,9% da variância total da amostra.

TABELA 50 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA\_1M, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

CA_1M	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	PT (+) Turbidez (+)	T. água (+) T. ar (+)	Colif. T. (+) Cond. (+)	DBO (+) DQO (+)	NT (-)	85,9%
Variância dos fatores	23,1%	19,7%	16,5%	14,2%	12,4%	

Nota: Colif. T. (coliformes termotolerantes); Cond. (condutividade); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); DQO (demanda química de oxigênio); NT (nitrogênio total); PT (fósforo total); T. água (temperatura da água); T. ar (temperatura ambiente).

É importante ressaltar, que diferentemente da avaliação de Foz do Areia e Segredo, que estão situadas em sequência, a UHE Caxias é a última usina de grande porte instalada no leito do Iguaçu, a jusante de outros quatro empreendimentos. As UHEs Salto Santiago e Salto Osório localizam-se a jusante da UHE Segredo e a montante da UHE Caxias. Observa-se, desta forma, uma diferença significativa na composição dos fatores descritivos da qualidade da água da UHE Caxias, em relação à Segredo e Foz do Areia.

Com relação à estação CA\_1M, no fator 1, as variáveis fósforo total e turbidez foram as que apresentaram pesos maiores (superiores a 0,7) e desta forma podem ser consideradas aquelas que caracterizam o fator. Este representou 23,1% da variância da amostra. Malheiros *et al.* (2012) também registraram correlação positiva entre a turbidez e o fósforo total e relacionaram tal situação com a ausência de mata ciliar e a possível ocorrência de processos erosivos que contribuem para o carreamento de partículas de solo para o reservatório, nas quais o fósforo pode estar adsorvido, aumentando também a turbidez.

O fator 2 foi representado pela temperatura da água e temperatura do ar, com 19,7% da variância da amostra. A ocorrência de um fator que incluísse a temperatura e o oxigênio dissolvido na estação a montante de Caxias (e a jusante de Salto Osório), assim como em SE\_1M não ocorreu. Esta situação pode estar relacionada ao fato de que a tomada de água da UHE Salto Osório, a montante da UHE Caxias, é mais superficial (onde o oxigênio dissolvido está em maior concentração na água). Além disto, segundo estudo de Baumgartner *et al.* (2007), o reservatório de Salto Osório não é estratificado, o que justificaria a diferença entre a composição de fatores das demais estações de montante/jusante influenciadas pela estratificação térmica do reservatório anterior, em relação a estação a montante de Caxias (CA\_1M).

As variáveis condutividade e coliformes termotolerantes foram as mais representativas do fator 3, o qual foi responsável por 16,5% da variância total da amostra. O fator 4 representou a matéria orgânica, com as variáveis DBO e DQO, e 14,2% da variância da amostra. Já no fator 5, apenas a variável nitrogênio total foi representativa, sendo que tal fator correspondeu a 12,4% da variância da amostra.

Alguns autores, como Alves *et al.* (2012), encontraram correlação entre coliformes termotolerantes, temperatura, nitrogênio total, condutividade, sólidos e turbidez relacionada à contaminação da água por esgoto doméstico. Estes autores sugerem que descargas de esgoto elevam as concentrações de nitrogênio total, bem como a condutividade elétrica. Em períodos de temperatura elevada, o clima favoreceria o crescimento de bactérias, inclusive daquelas pertencentes ao grupo coliformes. No entanto, na região da estação CA\_1M, não existem aglomerados rurais ou urbanos que justificassem o aporte de fontes pontuais advindas de esgotos domésticos. O uso do solo, na região de monitoramento é primariamente para pastagens e agricultura. A avaliação destas tipologias sugerem que os fatores retidos relacionam-se mais com aportes difusos advindos da agricultura (fator 1) e de pastagens (fatores 3 a 5).

Ressalta-se que a avaliação do índice MSA para os dados da estação CA\_1M indicou que o resultado da análise fatorial deste conjunto pode não ser tão adequado quanto os demais conjuntos estudados, nos quais ocorreu o atendimento da condição de  $MSA \geq 0,5$ .

Na Tabela 51, são apresentados os resultados da análise fatorial de dados de monitoramento de qualidade de água da estação CA\_2R, localizada no terço inicial do

reservatório de Salto Caxias. No Apêndice E, na Tabela E 10, pode ser observado o peso das variáveis na composição dos fatores e os autovalores.

TABELA 51 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA\_2R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

CA_2R	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	Colif. T. (+) ST (+) Turbidez (+)	T. água (+) T. ar (+)	DBO (+) DQO (+)	74,7%
Variância dos fatores	31,9%	22,2%	20,6%	

Nota: Colif. T. (coliformes termotolerantes); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); DQO (demanda química de oxigênio); ST (sólidos totais); T. água (temperatura da água); T. ar (temperatura ambiente).

O resultado da análise fatorial indicou três fatores como representativos da amostra, e em conjunto, estes somaram 74,7% da variância da amostra.

Assim como o observado na composição dos fatores da estação de montante, observa-se também que na estação CA\_2R, o uso do solo no entorno parece interferir de forma mais efetiva na qualidade da água local. A região de monitoramento localiza-se nas proximidades de uma área de turismo e lazer do município de Cruzeiro do Sul. A presença de uma área de recreação pode ter relação direta com o fator 1, no qual as sólidos totais, turbidez e coliformes termotolerantes foram selecionadas como descritores. Este fator correspondeu a 31,9% da variância da amostra, indicando sua importância na análise. Coliformes termotolerantes são exclusivos do trato intestinal de animais homeotérmicos, daí sua relação com a presença de seres humanos na região, em atividades de contato primário e secundário com a água. Também a ressuspensão de sedimentos pelas atividades de recreação com barcos e afins pode ter contribuído com a seleção da turbidez e sólidos totais na composição do fator. Vale frisar que a passagem de carros e outros tipos de veículos na região faz com que o solo torne-se menos vegetado e mais exposto, contribuindo também para a perda de solo para a água em períodos de chuva, elevando a turbidez.

O fator 2, assim como nas demais estações de reservatório, foi composto por temperatura, relacionando a sazonalidade destes eventos (22,2% da variância total da amostra). Também o aporte de matéria orgânica, relacionado às variáveis DBO e DQO na composição do fator 3 (20,6% da variância), corroboram o aporte de poluentes na estação CA\_2R, nas imediações da prainha de Cruzeiro do Sul.

Dados de qualidade de água da estação de monitoramento CA\_3R, localizada no terço médio do reservatório de Caxias foram avaliados por meio de análise fatorial e os resultados são apresentados na Tabela 52. No Apêndice E, é apresentado o detalhamento dos pesos das variáveis na composição dos fatores e os respectivos autovalores (Tabela E 11). Três foram os fatores que apresentaram autovalores superiores a um. Em conjunto, tais fatores representaram 75,6% da variância da amostra.

TABELA 52 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA\_3R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

CA_3R	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	Colif. T. (+) PT (+) Secchi (-) ST (+) Turbidez (+)	T. água (+) T. ar (+)	Cond. (+) DBO (-)	75,6%
Variância dos fatores	37,7%	20,4%	17,5%	

Nota: Colif. T. (coliformes termotolerantes); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); PT (fósforo total); Secchi (medida de transparência da água); ST (sólidos totais); Secchi (transparência da água - Disco de Secchi); T. água (temperatura da água); T. ar (temperatura ambiente).

Com 37,7% da variância total da amostra, o fator 1 foi representado pelas variáveis fósforo total, sólidos totais, coliformes termotolerantes, turbidez, em sentido positivo e transparência da água (disco de Secchi), em sentido negativo. A relação entre a turbidez e o fósforo já foi relatada na estação de montante (CA\_1M), como também observada por Malheiros *et al.* (2012), em estudo de represa em áreas agrícolas do Mato Grosso, em situações de ausência de mata ciliar e presença de erosão. Tais autores ressaltam que estas situações propiciam o carreamento de partículas de solo ao corpo hídrico. Na região da estação CA\_3R o uso do solo é predominantemente agrícola, entremeadado com pastagens florestas em estágio médio de sucessão.

Desta forma, é esperado que também seja relevante na composição do fator, a concentração de sólidos totais e a transparência da água (disco de Secchi). Diferentemente do que se observa para as estações de reservatório de Foz do Areia e Segredo, influenciadas negativamente pela qualidade de água de montante, nas estações do reservatório de Caxias, a influência em alterações na qualidade da água parece advir das características do uso do solo de entorno e possivelmente, da rede de drenagem de tributários do rio Iguaçu, na região do reservatório.

Segundo Baumgartner *et al.* (2007), a qualidade da água do reservatório de Salto Osório, a montante de Caxias, pode ser considerada boa, em especial em função do seu baixo tempo de residência. Ali também é observada ausência de estratificação e Classe II de IQAR. Reservatórios de Classe II são pouco degradados, com pequeno aporte de nutrientes e matéria orgânica, pouca depleção de oxigênio dissolvido, transparência da água relativamente alta e baixa densidade de algas (IAP, 2009). Esta situação é distinta da situação observada nos reservatórios de Segredo e Foz do Areia. Sendo a água aportada ao reservatório de Caxias uma água de melhor qualidade, é de se esperar que os fatores influenciadores da mesma estejam relacionados ao uso do solo de entorno.

Temperatura da água e temperatura ambiente foram as variáveis representativas do fator 2, que foi responsável por 20,4% da variância da amostra, ratificando, assim como em outras estações de monitoramento, a importância da sazonalidade no metabolismo do ecossistema. No fator 3, DBO e condutividade foram representativas, mas em sentidos opostos, sendo o fator responsável por 17,5% da variância da amostra. Neste caso, a relação inversa entre as variáveis pode estar relacionada à diluição no corpo de água, ocasionada pelo aumento do deflúvio, que reduz a condutividade elétrica pela diluição dos íons na água, que, no entanto, pode carrear matéria orgânica ao corpo hídrico, sendo o inverso também verdadeiro (FRANÇA, 2009; GUIMARÃES, 2012).

Na Tabela 53 são apresentados os resultados da análise fatorial dos dados de monitoramento advindos da estação CA\_4R, localizada no reservatório de Caxias. Detalhes dos pesos das variáveis na composição dos fatores podem ser observados na Tabela E 12, no Apêndice E. O resultado da análise fatorial indicou quatro fatores representativos, que somaram 81,8% da variância da amostra.

TABELA 53 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA\_4R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

CA_4R	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	PT (+) Secchi (-) ST (+) Turbidez (+)	T. água (+) T. ar (+)	DBO (+) DQO (+)	Cond. (+)	81,8%
Variância dos fatores	29,2%	19,6%	19,3%	13,7%	

Nota: Cond. (condutividade); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); DQO (demanda química de oxigênio); PT (fósforo total); Secchi (Transparência da água - Disco de Secchi); ST (sólidos totais); T. água (temperatura da água); T. ar (temperatura ambiente).

Os fatores retidos para a caracterização da qualidade das águas da estação CA\_4R foram muito semelhantes aos da estação a montante (CA\_3R) e a jusante desta (CA\_5R, a ser discutida posteriormente). No fator 1, as variáveis fósforo total, turbidez e sólidos totais em sentido positivo e transparência da água em sentido negativo foram as mais representativas. Tal fator foi responsável por 29,2% da variância da amostra. O segundo fator também (assim como nas demais estações citadas) foi composto pela temperatura ambiente e a temperatura da água, reforçando a questão da sazonalidade (19,6% da variância total da amostra). O fator 3 é descritivo da matéria orgânica que aporta ao reservatório. Neste fator, as variáveis DQO e DBO se destacaram, sendo o mesmo responsável por 19,3% da variância total da amostra. Somente a variável condutividade foi representativa na composição do fator 4. Este fator representou 13,7% da variância da amostra.

As semelhanças entre as características da água nas estações CA\_3R e CA\_4R, reforçada pela composição dos dois primeiros fatores, em ambas as estações, estão possivelmente relacionadas com as características do uso do solo na região. Em ambos os casos, pastagens e regiões de agricultura compõem a paisagem. No entanto, em CA\_4R existem adensamentos populacionais dos municípios de Boa Vista da Aparecida (margem direita) e de Nova Prata do Iguaçu (margem esquerda). Desta forma, seria esperado que indicadores de contaminação por esgotos domésticos, como DBO e coliformes termotolerantes, também fossem registrados como relevantes na composição dos fatores que representaram as maiores variâncias registradas (fator 1 ou fator 2), situação esta que não foi encontrada. A DBO e a DQO compuseram o fator 3, na estação CA\_4R.

A estação de monitoramento de qualidade de água CA\_5R, localizada no reservatório de Caxias, nas proximidades da barragem teve seus dados tratados por meio de análise fatorial e os resultados são apresentados na Tabela 54, sendo o detalhamento dos pesos das variáveis na composição dos fatores disponibilizados na Tabela E 13, do Apêndice E. A análise fatorial resultou em três fatores. As variâncias de cada fator, somadas, representaram 75,8% da variância da amostra.

TABELA 54 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA\_5R, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

CA_5R	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	PT (+) Secchi (-) ST (+) Turbidez (+)	Clor-a (+) Fito (+) T. água (+) T. ar (+)	Cond. (+) DBO (-)	75,8%
Variância dos fatores	30,8%	26,8%	18,2%	

Nota: Clor-a (clorofila-a); Cond. (condutividade); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); Fito (densidade do fitoplâncton), PT (fósforo total); Secchi (medida de transparência da água); ST (sólidos totais); T. água (temperatura da água); T. ar (temperatura ambiente).

Na composição do fator 1, as variáveis turbidez, fósforo total, sólidos totais em sentido positivo e transparência da água (disco de Secchi), no sentido negativo, foram as mais representativas. Da variância total, 30,8% foi representada pelo fator 1. Situação idêntica ou muito similar foi encontrada na composição do primeiro fator das estações de reservatório de Caxias (CA\_2R, CA\_3R, CA\_4R), onde pastagens e agricultura compõem a maior parte da paisagem, no entorno de 1.000 m do reservatório. Em especial, na estação CA\_5R, a ocupação do solo também inclui em seu entorno: a vila e sede administrativa da UHE, bem como uma área de lazer do município de Capitão Leônidas Marques (prainha). Conforme citado anteriormente, o uso do solo de entorno é possivelmente um grande influenciador das características da água no reservatório de Caxias, em comparação com os reservatórios de Foz do Areia e Segredo, onde a água é negativamente influenciada pelas características da água de montante (bacia de contribuição a montante).

No fator 2, temperatura da água, temperatura ambiente e clorofila-a e fitoplâncton foram as variáveis que apresentaram peso superior a 0,7, e desta forma podem ser utilizadas para a caracterização de tal fator, que representou 26,8% da variância da amostra. O fator 2 ilustra a produtividade primária do reservatório de Caxias, onde florações ocorrem, mas raramente. No reservatório de Foz do Areia, nas estações onde a densidade do fitoplâncton e a concentração de clorofila foram medidas, estas eram sempre componentes do primeiro fator, demonstrando sua relevância na explicação da variância dos dados. A presença destas variáveis na composição do segundo fator na estação CA\_5R demonstra sua menor relevância no reservatório de Caxias. Ressalta-se também, que na estação CA\_3R também é realizado o ensaio de densidade de fitoplâncton e de clorofila-a e estes não se destacaram como relevantes em nenhum dos fatores, corroborando a teoria de que a qualidade da água no reservatório de Caxias é menos impactada no tocante à eutrofização.

A composição do fator 1 e do fator 2 pode ser graficamente observada na Figura 51. As variáveis destacadas em preto, próximas ao zero do gráfico, apresentam pesos baixos em ambos os fatores, não contribuindo com a caracterização dos mesmos. Já as variáveis destacadas em azul, apresentam valores altos no eixo X, indicando sua relevância na composição do fator 1. A transparência da água (Secchi) aparece no quadrante negativo do eixo das abscissas por comportar-se no sentido inverso das demais selecionadas para a caracterização do fator 1. Para o fator 2, as variáveis foram destacadas na cor bege são aquelas que contribuíram com maiores pesos na composição do fator.

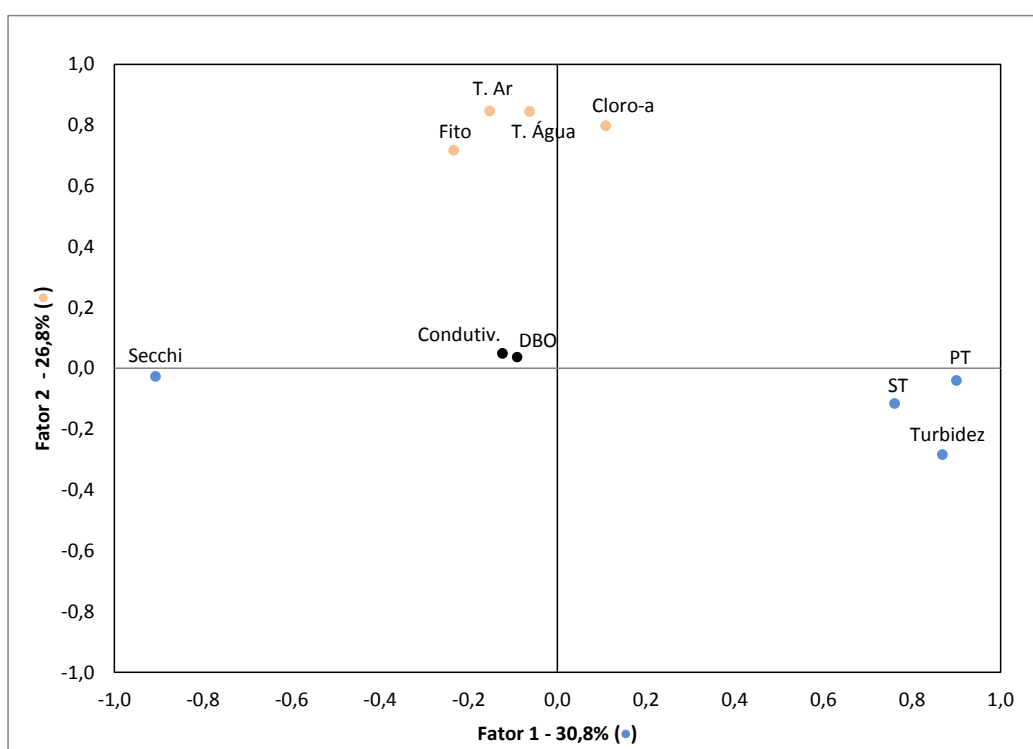


FIGURA 51 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO FATOR 1 X FATOR 2, PARA A ESTAÇÃO CA\_5R

Assim como na estação CA\_3R, o fator 3 foi representado pela DBO e condutividade, em sentidos opostos, fator no qual se observa 18,2% da variância total da amostra. Conforme citado anteriormente, esta situação pode relacionar-se à diluição de poluentes em função da ocorrência de chuvas.

Na Tabela 55 podem ser observados os resultados da análise fatorial dos dados de monitoramento da estação CA\_6J, localizada a jusante da casa de força da UHE Salto Caxias. No Apêndice E, Tabela E 14, está disponível o detalhamento do peso das variáveis na composição dos fatores.



Quatro foram os fatores retidos após a avaliação dos resultados da análise fatorial. Em conjunto, estes fatores são representativos de 75,6% da variância total da amostra.

As variáveis de temperatura (da água e do ambiente) e oxigênio dissolvido, variando em sentidos opostos, foram aquelas que mais descreveram o fator 1. Este fator contemplou 24,1% da variância total. Esta situação foi observada em todas as estações de jusante. Assim como registrado anteriormente, a estratificação térmica no reservatório pode estar relacionada a esta situação do oxigênio dissolvido a jusante do barramento. A tomada de água para a geração de energia capta água em profundidades onde o oxigênio dissolvido está em concentrações baixas. Esta água, após gerar energia é restituída ao rio, sendo que os valores de oxigênio dissolvido medidos ali acabam sendo também baixos.

TABELA 55 - VARIÁVEIS DE MAIOR PESO NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES PARA A ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO CA\_6J, E A VARIÂNCIA DOS FATORES RETIDOS

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Variância Acumulada
Variáveis selecionadas	OD (+) T. água (-) T. ar (-)	DBO (+) DQO (+)	Cond. (+) pH (+)	Pluvio (-) ST (+)	75,6%
Variância dos fatores	24,1%	18,5%	17,1%	15,9%	

Nota: Colif. T. (coliformes termotolerantes); Cond. (condutividade); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); DQO (demanda química de oxigênio); OD (oxigênio dissolvido); pH (potencial hidrogeniônico); PT (fósforo total); ST (sólidos totais); T. água (temperatura da água); T. ar (temperatura ambiente).

O fator 2 foi caracterizado pelo aporte de matéria orgânica, com as variáveis DBO e DQO. Este fator foi responsável por 18,5% da variância total da amostra. O fator 3 apresentou como variáveis descritivas, o pH e a condutividade. Do total da variância da amostra, 17,1% foi representado pelo fator 3. As variáveis pluviosidade acumulada e sólidos totais apresentaram peso representativo no fator 4, ocorrendo em sentidos opostos. Tal fator correspondeu a 15,6% da variância da amostra. Este último pode estar relacionado à concentração de poluentes advinda de fontes pontuais, que são diluídas com a ocorrência de chuvas (e aumento da vazão).

A estação CA\_6J não está coberta pela análise do uso do solo de entorno realizada pelo plano diretor da usina, uma vez que se situa fora do entorno de 1.000 m do reservatório. No entanto, pelas imagens do Google Earth é possível verificar a presença de fragmentos florestais em diferentes estágios de sucessão, e em maior parte, campos, pastagens e agricultura. Em especial, também esta estação está localizada imediatamente a

jusante da foz do rio Cotegipe, que certamente traz contribuições à qualidade da água do local.

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo utilizar dados de fácil acesso (advindos de programas de monitoramento) para caracterizar a qualidade das águas dos reservatórios de Foz do Areia, Segredo e Caxias, bem como dos trechos a montante e a jusante dos mesmos, no rio Iguaçu, visando à gestão do recurso hídrico. A avaliação estatística descritiva e multivariada de características físicas, químicas e biológicas da água foi empregada para tal fim. A premissa de que a qualidade de água é afetada pelas características do entorno do reservatório (faixa de 1.000 m) também foi avaliada, visto que grande parte do material de origem natural ou antrópica de um determinado terreno é drenado para os cursos de água de uma bacia hidrográfica.

Por meio da avaliação estatística descritiva foram verificados padrões nos dados que auxiliam na caracterização dos ecossistemas estudados, bem como no diagnóstico da qualidade da água.

Da mesma forma, como observado por outros autores, em uma situação de empreendimentos em cascata, o reservatório de montante é o que apresenta qualidade de água mais degradada e que sofre mais alterações em função das características do meio físico de toda a bacia de contribuição, bem como das características meteorológicas regionais (em especial, no tocante a períodos de estiagem e períodos de chuva).

Com base na série histórica estudada, esta é a situação observada na região do reservatório de Foz do Areia. A montante da estação FA\_1M são registradas as concentrações mais elevadas para poluentes estudados (como fósforo, nitrogênio, coliformes) e os menores valores de variáveis indicativas de boa qualidade de água, como oxigênio dissolvido e medida de transparência da água. Esta situação caracteriza os aportes de montante, advindos de uma bacia de contribuição de tamanho expressivo (29.900 km<sup>2</sup> até o barramento de Foz do Areia) e que contempla diversos centros urbanos, entre estes, a própria Capital do estado.

Não foi considerada no presente estudo, a avaliação de toda a bacia de contribuição, nem se afirma aqui que todas as contribuições de montante afetam diretamente a qualidade a água do reservatório de Foz do Areia, uma vez que existem processos de retenção e de depuração ao longo do próprio rio até o barramento. No

entanto, a avaliação descritiva dos dados indica pior qualidade de água a montante do empreendimento, que gera uma situação de estresse ambiental no reservatório, onde as águas lênticas propiciam um ambiente ideal para que os efeitos da degradação da qualidade de água tornem-se visíveis, de forma mais marcante nos períodos de temperaturas mais quentes. Em relação às estações de monitoramento de reservatórios, nas proximidades do barramento de Foz do Areia (estação FA\_3R), observou-se a pior qualidade de água entre as sete estações lênticas dos três reservatórios estudados.

Em parte, a situação observada nas estações FA\_1M e FA\_2R é descrita por Soares *et al.* (2008). Segundo tais autores, a região inicial do reservatório (localizada mais a montante do barramento), é caracterizada por um intenso aporte de nutrientes e baixa produção primária, devido, especialmente à elevada turbidez da água. Ao longo do curso do reservatório, em sua porção média, enquanto a sedimentação aumenta, juntamente com a disponibilidade de luz para o fitoplâncton, a produção primária também aumenta. No entanto, tais autores comentam que nas proximidades do barramento, ocorre limitação por nutrientes, causada pela intensa sedimentação. Esta situação inibiria o crescimento do fitoplâncton, e conseqüentemente, a ocorrência de florações.

No reservatório de Foz do Areia, esta última situação não foi evidenciada, indicando, possivelmente, que o aporte de nutrientes é mais constante, não ocorrendo limitação de crescimento para a comunidade fitoplanctônica, em especial, em períodos de estiagem, conforme observado em 2006 e 2007.

A jusante do barramento de Foz do Areia e a montante do reservatório de Segredo (FA\_5J/SE\_1M), ainda se observam as alterações na qualidade da água, mas de forma mais branda. O trecho de rio entre o barramento de Foz do Areia e o início do reservatório de Segredo é relativamente curto (menos de 15 km). Esta situação se estabelece possivelmente pela retenção física de parte dos poluentes aportados no reservatório de Foz do Areia.

No reservatório de Segredo, o tempo de residência da água é mais curto (45 dias) quando comparado com o reservatório de Foz do Areia (102 dias). Numa primeira avaliação dos dados de qualidade de água, observa-se que esta situação hidráulica altera sobremaneira as características do ecossistema. Mesmo recebendo aportes (ainda que menores) do sistema a montante, o reservatório de Segredo apresenta melhor qualidade de água, com sintomas de eutrofização exclusivamente em períodos de temperaturas elevadas ou de estiagem extrema.

No reservatório de Caxias, o último de uma série de cinco reservatórios em cascata, observa-se a melhor qualidade de água, de forma geral, em todas as estações de amostragem. Esta situação relaciona-se ao menor tempo de residência entre os reservatórios estudados (31 dias) e, principalmente, à posição em que o reservatório se encontra na cascata de empreendimentos do rio Iguaçu. A montante dele, as águas advindas do rio Iguaçu passaram por outros quatro reservatórios. Desta forma, supõe-se que as contribuições advindas dos tributários do reservatório de Caxias, bem como o uso do solo no entorno direto sejam mais relevantes na caracterização da qualidade de água do lago.

Com relação à aplicação da AF propriamente dita, utilizada como uma ferramenta de diagnóstico, observa-se que os resultados aqui apresentados permitiram caracterizar a qualidade de água das áreas de estudo através da identificação de variáveis mais relevantes dentre o conjunto de informações coletadas. Assim, verifica-se que o objetivo inicial da análise fatorial foi atingido, com a simplificação dos dados oriundos de matrizes extensas, onde as relações entre as variáveis nem sempre eram óbvias sem o auxílio de uma ferramenta de diagnóstico e redução de dados.

Com relação à redução do número de variáveis, e conseqüente identificação daquelas mais relevantes, registra-se:

- Foz do Areia: houve uma redução média de 30% das variáveis iniciais. A menor redução (12,5%) foi observada na estação de reservatório FA\_3R, onde de 16 variáveis iniciais, 14 apresentaram relevância na AF, caracterizando quatro fatores explicativos da variância total da amostra. A maior redução de variáveis em Foz do Areia ocorreu na estação jusante (FA\_5J), onde apenas sete variáveis de 14 foram utilizadas para a avaliação da qualidade de água via AF (50%), sendo estas resumidas em também quatro fatores.
- Segredo: a redução média de variáveis foi de 50%, sendo a maior registrada na estação SE\_2R, onde de 16 variáveis iniciais, apenas 6 foram selecionadas para a caracterização da qualidade das águas da região de monitoramento através da AF, com pesos elevados nos três fatores retidos.
- UHE Caxias: a redução média de variáveis foi de 40%, sendo a maior simplificação realizada na estação de reservatório CA\_2R (50%), onde sete variáveis descreveram os fatores retidos, a partir de um conjunto inicial de 14. Três foram os fatores descritos por estas variáveis.

No tocante à caracterização da qualidade de água das estações de monitoramento a partir da análise fatorial, no reservatório de Foz do Areia, as três estações do lago tiveram a maior variância de seus dados sendo explicada por variáveis características relacionadas à eutrofização, em maior ou menor grau, dependendo da estação de monitoramento. A maior variância para o fator eutrofização (50,5% da variância total da amostra) foi verificada na estação de FA\_3R, na região do barramento. No entanto, na estação do braço do rio Areia, FA\_4R, foi registrada a menor variância do primeiro fator, entre as três estações (18,1% da variância total da amostra). É possível supor, que nesta última os efeitos da eutrofização não são tão intensos, e que no rio Iguaçu localize-se a principal fonte de aportes de poluentes ao lago, visto que no braço do rio Areia, o fator eutrofização, explicou menor percentual da variância.

Nas estações da UHE Segredo, verificou-se que as características da água são fortemente influenciadas pelas águas de montante, advindas do reservatório de Foz do Areia. Esta situação é observada tanto nas estações de montante de Segredo (variações de oxigênio ligadas à estratificação do reservatório de Foz do Areia), quanto nas do reservatório (com eventuais sintomas de eutrofização). Também se ressalta semelhança entre os fatores retidos, descritores da qualidade das águas das estações iniciais do reservatório de Foz do Areia e Segredo. No entanto, a melhor qualidade de água da UHE Segredo está possivelmente relacionada ao menor tempo de residência da água e à retenção de poluentes no reservatório de montante.

No caso da UHE Caxias, observa-se uma significativa mudança na composição dos fatores descritivos da qualidade da água, em relação à UHE Segredo e UHE Foz do Areia. A análise fatorial não indicou a eutrofização como fator relevante na caracterização da qualidade das águas de Caxias. O observado nos fatores descritivos de montante e de reservatório foi a influência da poluição difusa de entorno, em detrimento do advindo do rio Iguaçu, a partir dos reservatórios de montante. Desta forma, registra-se que o uso do solo no entorno parece interferir de forma mais efetiva na qualidade da água local.

Ainda assim, na estação de reservatório de Caxias, nas proximidades do barramento, variáveis relacionadas à produtividade primária foram registradas, mas não no primeiro fator retido. No reservatório de Caxias, florações ocorrem, mas raramente. No reservatório de Foz do Areia, nas estações onde a densidade do fitoplâncton e a

concentração de clorofila foram medidas, estas variáveis foram sempre descritoras do primeiro fator, definindo sua relevância na explicação da variância dos dados. Ressalta-se também, que na estação CA\_3R o ensaio de densidade de fitoplâncton e de clorofila-a também foi realizado como parte do monitoramento, e no entanto estas variáveis não se destacaram como relevantes em nenhum dos fatores retidos, corroborando a teoria de que a qualidade da água no reservatório de Caxias é menos impactada no tocante à eutrofização.

De forma geral, ressalta-se a necessidade de diagnóstico integrado entre as características do meio físico e as de qualidade de água. É correto afirmar que não somente o uso e a ocupação do solo alteram a qualidade do recurso hídrico, sendo este também influenciado pelo tipo de solo, geologia, regime de vazões, entre outros. No entanto, o uso do solo, rural e urbano, é um dos fatores que pode se alterar ao longo do tempo, sendo responsabilidade do homem o seu manejo na tentativa de não influenciar de forma tão severa a qualidade da água.

O presente estudo traz uma contribuição ao estabelecimento de uma metodologia de tratamento de séries históricas de dados de qualidade de água advindas de monitoramentos sistemáticos e/ou compulsórios, relacionados a empreendimentos de geração de energia hidráulica. Este trabalho também contribui com o entendimento da dinâmica de reservatórios hidrelétricos, bem como do rio represado a montante e a jusante destes, no intuito de auxiliar a tomada de decisões no gerenciamento do recurso hídrico e na alocação de recursos destinados à conservação da natureza, na busca de um desenvolvimento sustentável.

## 6 RECOMENDAÇÕES

No intuito de validar a metodologia aqui aplicada, recomenda-se a aplicação da mesma para o conjunto dos cinco reservatórios de grande porte da cadeia do rio Iguaçu, bem como sua aplicação em reservatórios isolados (não em cascata) e em reservatórios de menor porte (com relação à área da lâmina de água).

Deve-se considerar também que, para o entendimento da dinâmica destes ecossistemas limnéticos, com base em extensas matrizes de dados, lançou-se mão de ferramentas de simplificação de resultados. Como em qualquer processo de resumo, a simplificação suprime informações visando uma abordagem ampla do problema.

Desta forma, também se recomenda que a avaliação do meio físico não se restrinja ao uso do solo no entorno dos reservatórios, mas inclua também dados de geologia, declividade, aptidão agrícola e potencial de erosão do solo. Guardadas as devidas proporções, a avaliação do uso do solo da bacia de contribuição também deve ser considerada como parte integrante desta ferramenta de gestão.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12614**: Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método de incubação (20°C, cinco dias). Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS (PARANÁ). **UHE Foz do Areia** [2012]. 1 fotografia, color. Disponível em: < [http://www.aen.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/33934/UH\\_Bento\\_Munhoz\\_Foz\\_do\\_Areia.jpg](http://www.aen.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/33934/UH_Bento_Munhoz_Foz_do_Areia.jpg) >. Acesso em 17 de janeiro de 2012.

\_\_\_\_\_. **UHE José Richa**. 2005. 1 fotografia, color. Disponível em: < <http://www.historico.aen.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=13744&evento=2676> >. Acesso em 17 de janeiro de 2012.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; JÚLIO-JÚNIOR, H. F. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In: THOMAZ, S. M. e BINI, M. (Ed.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 261-280.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO-JÚNIOR, H. F.; BORGHETTI, J. R. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. **Revista Unimar**, v. 14, p. 89-107, 1992.

ÁGUAS PARANÁ - INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. Apresentação: Instituto das Águas do Paraná (2013). Disponível em: < [www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=25](http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=25) >. Acesso em: 27 de setembro de 2013.

ALAM, M. J. B.; AHMED, A. A. M.; ALI, E.; AHMED, A. A. M. Evaluation of surface water quality of Surma river using factor analysis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL ASPECTS OF BANGLADESH, 1., 2010, Kitakyushu. **Proceedings ...** Kitakyushu: BENJapan, 2010 p. 186-188

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.

AL-RAWI, S. M.; SHIHAB, A. S. Application of factor analysis as a tool for water quality management of tigris river within Mosul city. **Raf. Jour. Sci.**, v. 16, n. 1, p. 56-64, 2005.

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. D. L. S.; MONTEIRO, S. D. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 115-124, 2012.

AMARAL, A. L. P. **Microrganismos indicadores de qualidade de água**. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Microbiologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Aproveitamento do potencial hidráulico para a geração de energia**. Brasília: SUM - Superintendência de Usos Múltiplos, 2005. e-book. Disponível em: < <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20Gera%C3%A7aoEnergia.pdf> > Acesso em 18 de agosto de 2011.

\_\_\_\_\_. **História do uso da água no Brasil: do descobrimento ao século XX**. Brasília: ANA, 2007. 248 p. e-book. Disponível em: < <http://historiadaagua.ana.gov.br/> > Acesso em 12 de agosto de 2011.

\_\_\_\_\_. **Indicadores de qualidade**: Índice de qualidade das águas. Portal da qualidade de água, 2009. Disponível em: < <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx> > Acesso em 12 de outubro de 2010.

ANDRADE, E. M. D.; ARAÚJO, L. D. F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 683-690, 2007.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Altas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002. 153 p. e-book. Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro\\_atlas.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf) > Acesso em 08 de agosto de 2010.

\_\_\_\_\_. **Altas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008. 236p. e-book. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf> > Acesso em 30 de outubro de 2010.

\_\_\_\_\_. Concessionárias (2013). Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/contrato/contrato.cfm?idramo=1> > Acesso em: 02 de janeiro de 2013.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 67, de 22 de fevereiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, v. 139, n. 39-E, p. 117, 23 fev. 2001a. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 88, de 22 de março de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, v. 139, n. 59-E, p. 172, 26 mar. 2001b. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 89, de 22 de março de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, v. 139, n. 112-E, p. 61, 11 jun. 2001c. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 396, de 04 de dezembro de 1998. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, v. 136, n. 234-E, 07 dez. 1998. Seção 1.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA; ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução conjunta nº 3, de 10 de agosto de 2010. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, v. 124, n. 201, p. 124, 20 out. 2010. Seção 1.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20ª Ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 1998. 937 p.

\_\_\_\_\_. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21ª Ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 2005. 1200 p.

ARFI, R. The effects of climate and hydrology on the trophic status of Sélingué Reservoir, Mali, West Africa. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 8, n. 3-4, p. 247-257, 2003.

ASSUNÇÃO, F. **Estratégias para tratamento de variáveis com dados faltantes durante o desenvolvimento de modelos preditivos**. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Matemática e Estatística, Universidad de São Paulo, São Paulo, 2012.

ATOBATELE, O. E.; UGWUMBA, O. A. Seasonal variation in physicochemistry of a small tropical reservoir (Aiba Reservoir, Iwo, Osum, Nigeria). **African Journal of Biochemistry**, v. 7, n. 12, p. 1962-1971, 2008.

AVAKYAN, A. B.; IAKOVLEVA, V. B. Status of global reservoirs: The position in the late twentieth century. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 3, n. 1, p. 45-52, 1998.

AZEVEDO, S. M. F. O.; CARMICHAEL, W. W.; JOCHIMSEN, E. M.; RINEHART, K. L.; LAU, S.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru - Brazil. **Toxicology**, v. 181-182, p. 441-116, 2002.

AZEVEDO-NETTO, J. M. D. Novos conceitos sobre a eutrofização. **Revista DAE**, v. 48, n. 151, p. 22-28, 1988.

BARBOSA, F. A. R.; PADISÀK, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; BORICS, G.; ROCHA, O. The Cascading Reservoir Continuum Concept (CRCC) and its application to the river Tiete-Basin, São Paulo State, Brazil. In: TUNDISI, J. G. e STRASKRABA, M. (Ed.). **Theoretical Reservoir Ecology and its Application**. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers, 1999. p. 425-437.

BARP, A. R. B.; LOUZADA, A. F. Reflexão sobre conflitos relativos aos usos múltiplos da água no reservatório de Tucuruí: subsídios à gestão dos recursos hídricos. In: ENCONTRO DA

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 4., 2008, Brasília. **Anais ...** Brasília: Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade, 2008.

BARROS, A.; CAPPI, N.; GENTIL, R. H. P.; GOMES, F. O. D. C.; SOUZA, J. C. C. D. Análise de bactérias coliformes totais e termotolerantes nas águas do córrego João Dias. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOCONÔMICOS DO PANTANAL, 5., 2010, Corumbá. **Anais ...** Corumbá: SIMPAN, 2010. p. 1-4.

BAUMGARTNER, G.; BAUMGARTNER, D.; SEBASTIEN, N. Y.; SILVA, P. R. L. D.; FRANA, V. A.; OLIVEIRA, L. C. D.; DEBONA, T.; TRONCO, A. S.; SILVA-JÚNIOR, C. A. T. D. **Estudos ictiológicos e monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios de Salto Santiago e Salto Osório - rio Iguazu, PR.** Cascavel: Tractebel, 2007. e-book. Disponível em: < <http://www.tractebelenergia.com.br/wps/wcm/connect/687543f0-6ee3-4acf-a711-df0862a5273b/6.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=687543f0-6ee3-4acf-a711-df0862a5273> >. Acesso em: 24 de maio de 2013.

BEZERRA, F. A.; CORRAR, L. J. Utilização da análise fatorial na identificação dos principais indicadores para avaliação de desempenho financeiro: Uma aplicação nas empresas de seguros. **R. Cont. Fin**, n. 42, p. 50-62, 2006.

BONNET, B. R. P. **Relações entre qualidade da água e uso do solo em bacias hidrográficas no cerrado brasileiro: Aspectos físicos e sociais e proposição de diretrizes.** 104 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Pós Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

BOTTINO, F. **Estudo experimental e matemático de qualidade de água com base em ec hidrografia fluvial de pequenas bacias: estudo de caso do rio Canha, Baixo Ribeira do Iguape, SP.** 188 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

BOYACIOGLU, H.; BOYACIOGLU, H.; GUNDUZ, O. Application of factor analysis in the assessment of surface water quality in Buyuk Menderes river basin. **European Water**, v. 9/10, p. 43-39, 2005.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

\_\_\_\_\_. Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 24782, 29 de dez. 1989. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Lei nº 8.001, de 13 de março de 1991. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 5166, 14 mar. 1991. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 470, 9 jan. 1997b. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 1, 18 jul. 2000. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 14738, 20 jul. 1934. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 72.293, de 24 de maio de 1973. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 5060, 25 de mai. 1973. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 84.209, de 14 de novembro de 1979. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 17042, 16 nov. 1979. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 84.680, de 2 de maio de 1980. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 7809, 5 mai. 1980. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Resolução CNRH nº 37, de 26 de março de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 jun. 2004. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 2548-2549, 17 fev. 1986. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 06, de 16 de setembro de 1987. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 17499, 22 out. 1987. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 247, p. 30841-30843, 22 dez. 1997a. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 357, de XX de XX de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Setor Elétrico: Geração. Portal do Governo Federal (2013). Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/setor-eletrico/geracao/print> >. Acesso em: 27 de janeiro de 2013.

BRASSAC-ARRUDA, N. M.; FRANÇA-SIECIECHOWICZ, M. S.; PIRES, G. D. R. M.; SILVEIRA, L. U. D.; LUDWIG, T. A. V. **Relatório anual do automonitoramento bimestral da qualidade das águas superficiais do rio Iguaçu, na região da Usina Hidrelétrica Governador Bento Munhoz da Rocha Netto (UHE Foz do Areia)**. Curitiba:LACTEC, 2011. 56 p. Relatório Técnico.

\_\_\_\_\_. **Relatório anual do automonitoramento trimestral da qualidade das águas superficiais do rio Iguaçu, na região da Usina Hidrelétrica Salto Caxias**. Curitiba:LACTEC, 2012. 43 p. Relatório Técnico.

BRASSAC-ARRUDA, N. M.; FRANÇA-SIECIECHOWICZ, M. S.; PIRES, G. D. R. M.; SILVEIRA, L. U. D.; MIRANDA, T. L. G. D.; MÜLLER, I. I.; FEDALTO, G. Qualidade de água de pequenas centrais hidrelétricas: estudo de caso PCH Melissa, Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais ...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013. p 1-12.

BROWNE, M. W. An Overview of analytic rotation in exploratory factor analysis. **Multivariate Behavioral Research**, v. 36, n. 1, p. 111-150, 2001.

BU, H.; TAN, X.; LI, S.; ZHANG, Q. Water quality assessment of the Jinshui River (China) using multivariate statistical techniques. **Environ. Earth Sci.**, v. 60, p. 1631-1639, 2010.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. D. Diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CALIJURI, M. C.; DEBERDT, G. L. B.; MINOTI, R. T. A produtividade primária pelo fitoplâncton na Represa de Salto Grande (Americana, SP). In: HENRY, R. (Ed.). **Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu (SP): FUNDIBIO/FAPESP, 1999.

CARDOSO, E. T. S. **Avaliação do grau de trofia e da qualidade da água de um braço do reservatório de Itaipu-Brasil**. 147 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Pós Graduação em Energia, Universidade Federal do ABC, Santo André, 2011.

CARVALHO, C. Região da Amazônia ganhará 15 novas usinas hidrelétricas. Rio de Janeiro, 4 nov. 2012. Reportagem publicada em O Globo.

CARVALHO, S.; CAMPOS, W. **Estatística básica simplificada**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 608 p.

CARVALHO, Y. M. C.; MORAES, J. F. L.; MENEZES, L. B.; MARTINS, S. S. A legislação brasileira de recursos hídricos com instrumentalização à gestão compartilhada. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v.1, n.1, p. 112-134, 2008.

CATTELL, R. B. *The Scientific Use of Factor Analysis in Behavioral and Life Sciences*. New York: Plenum, 1978. 618p.

\_\_\_\_\_. The scree test for the number of factors. **Multivariate Behavioral Research**, v. 1, n. 2, p. 245-276, 1966.

CEMIG. Macrófitas aquáticas (2013). Disponível em: < [http://www.cemig.com.br/pt-br/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/sustentabilidade/nossos\\_programas/ambientais/Biodiversidade/Paginas/Macrofitas\\_Aquaticas.aspx](http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/Biodiversidade/Paginas/Macrofitas_Aquaticas.aspx) >. Acesso em: 10 de maio de 2013.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Histórico da legislação hídrica no Brasil (2012). Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas->

Superficiais/38-Historico-da-Legisla%C3%A7%C3%A3o-H%C3%ADrica-no-Brasil >. Acesso em: 13 de dezembro de 2012.

\_\_\_\_\_. **Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - Apêndice A: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem.** São Paulo: CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2009. 44p. Relatório Técnico.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments - A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring.** Genebra: UNESCO/WHO/UNEP, 1996. e-book. Disponível em < [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality/watqualassess.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/watqualassess.pdf?ua=1) > Acesso em 15 de maio de 2010.

CHEN, M; SCHLIEP, M.; WILLOWS, R. D.; CAI, Z.-L.; NEILAN, B. A.; SCHEER, H. A red-shifted chlorophyll. **Science**, v. 329, n. 5997, p. 1318-1319. 2010.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management.** Genebra: UNESCO/WHO/UNEP, 1999. 416p. e-book. Disponível em < [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality/toxicyanbact/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/toxicyanbact/en/) > Acesso em 15 de maio de 2010.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. Usina Bento Munhoz da Rocha Netto. Curitiba, PR (2008a). Disponível em: < <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F044b34faa7cc1143032570bd0059aa29%2Fe307f2c9b2edc56303257412004fdb91> >. Acesso em: 10 de novembro de 2011.

\_\_\_\_\_. Usina José Richa (2008c). Disponível em: < <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F044b34faa7cc1143032570bd0059aa29%2F9bdc37f6b8c44b810325741200587db7> >. Acesso em: 10 de novembro de 2011.

\_\_\_\_\_. Usina Ney Braga (2008b). Disponível em: < <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F044b34faa7cc1143032570bd0059aa29%2F7e60b7740cdc206003257412005e4734> >. Acesso em: 10 de novembro de 2011.

\_\_\_\_\_. **Uso e ocupação do solo do entorno do reservatório da UHE Caxias.** Curitiba, 2006. Plano de informações georreferenciadas 1:10.000.

COUTO, J. L. V. D. Medição da transparência da água como disco de Secchi (2010). Disponível em: < [www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/secc.htm](http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/secc.htm) >. Acesso em: 23 de setembro de 2010.

DAVIS, J. R.; KOOP, K. Eutrophication in Australian rivers, reservoirs and estuaries - A southern hemisphere perspective on the science and its implications. **Hydrobiologia**, v. 559, n. 1, p. 23-76, 2006.

DINAR, A.; SEIDL, P.; OLEM, H.; JORDEN, V.; DUDA, A.; JOHNSON, R. **Restoring and protecting the world's lakes and reservoirs**. Washington (US): The International Bank for Reconstruction and Development, 1995. 85 p.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. D. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 115-125, 2005.

DORNELLES, T. F. **Análise da alteração do uso do solo em bacias hidrográficas**. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), 2003.

DWAF - DEPARTMENT OF WATER AFFAIRS AND FORESTRY (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA). **National eutrophication monitoring programme: Implementation manual**. Pretoria: Government Printers, 2002. 201p. e-book. Disponível em < <http://www.dwaf.gov.za/iwqs/eutrophication/NEMP/EutrophicationMonitoringProgramme.pdf> >. Acesso em 18 de janeiro de 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Parâmetros ambientais e qualidade da água na piscicultura**. Belém: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2011: Ano base 2010**. Rio de Janeiro: EPE, 2011a. 266p.

\_\_\_\_\_. **Balanco energético nacional 2012 - Ano base 2011: Resultados preliminares**. Rio de Janeiro: EPE, 2012. 51 p.

\_\_\_\_\_. **Plano decenal de expansão de energia 2020**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011b. 288 p.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

FARIAS, A. M. L. Conteúdos digitais em matemática e estatística: O boxplot (2013). Disponível em: < [www.uff.br/cdme/conheceboxplot/conheceboxplot-html/boxplot.pdf](http://www.uff.br/cdme/conheceboxplot/conheceboxplot-html/boxplot.pdf) >. Acesso em: 11 de janeiro de 2013.

FELISBERTO, S. A.; RODRIGUES, L. Periphytic community of reservoirs cascade in the Paranapanema river, Brazil. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 27, n. 3, p. 215-223, 2005.



FERRÃO-FILHO, A. D. S.; SOARES, M. C.; ROCHA, M. I. D. A.; MAGALHÃES, V. D. F.; AZEVEDO, S. M. F. D. O. E. Florações de cianobactérias tóxicas no reservatório do Funil: dinâmica sazonal e consequências para o zooplâncton. **Oecol. Bras.**, v. 13, n. 2, p. 346-365, 2009.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. D. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião Pública**, v. 16, n. 1, p. 160-185, 2010.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI-FILHO, E. Oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova Interativa** (2005). Disponível em: < <http://qnint.s bq.org.br/qni/visualizarTema.php?idTema=20> >. Acesso em: 04 de março de 2013.

FONSECA, G. A. B. D. **Contribuição antrópica na poluição de reservatórios hidrelétricos: O caso da Usina Hidrelétrica de São Simão - GO/MG**. 116 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético.) - Instituto Alberto Luiz de Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

FRANÇA, M. S. **Análise estatística multivariada dos dados de monitoramento da qualidade de água da Bacia do Alto Iguaçu: uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos**. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, 2009.

FRANÇA, M. S.; FERNANDES, C. V. S.; KAVISKI, E.; KNAPIK, H. G.; PORTO, M. F. D. A. Análise Multivariada dos dados de monitoramento de qualidade de água: Estudo de caso da Bacia do Alto Iguaçu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais ...** Campo Grande: ABRH, 2009. p. 1-19.

FRANÇA-SIECIECHOWICZ, M. S.; BRASSAC, N. M.; MIRANDA, T. L. G. D.; PIRES, G. D. R. M.; MÜLLER, I. I.; PEREIRA, P. S. O uso da análise fatorial para identificação da influência da pluviosidade na avaliação da qualidade da água: estudo de caso da UHE Cavernoso (Pr). In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 10., 2010, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza: ABRH, 2010. p. 1-8.

FRANÇA-SIECIECHOWICZ, M. S.; BRASSAC-ARRUDA, N. M.; PIRES, G. D. R. M.; SILVEIRA, L. U.; LUDWIG, T. A. **Avaliação de cargas de nutrientes e matéria orgânica afluentes ao reservatório da usina Gov. Bento Munhoz da Rocha Netto (UHE Foz do Areia)**. Curitiba: LACTEC, 2013a. 92 p. Relatório Técnico.

FRANÇA-SIECIECHOWICZ, M. S.; BRASSAC-ARRUDA, N. M.; PIRES, G. D. R. M.; LUDWIG, T. A. V. **Relatório anual do automonitoramento trimestral da qualidade das águas superficiais do rio Iguaçu, na região da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias (PR) - Ciclo 2012-2013**. Curitiba: LACTEC, 2013b. 39 p. Relatório Técnico.

\_\_\_\_\_. **Relatório anual do automonitoramento bimestral da qualidade das águas superficiais do rio Iguaçu, na região da Usina Hidrelétrica Gov. Bento Munhoz da Rocha Netto (Foz do Areia) - Ciclo 2011-2012**. Curitiba: LACTEC, 2013c. 57 p. Relatório Técnico.

\_\_\_\_\_. **Relatório anual do automonitoramento trimestral da qualidade das águas superficiais do rio Iguaçu, na região da Usina Hidrelétrica Gov. Ney Aminthas de Barros Braga (Segredo) - Ciclo 2011-2012.** Curitiba: LACTEC, 2012. 40 p. Relatório Técnico.

FRANÇA-SIECIECHOWICZ, M. S.; BRASSAC-ARRUDA, N. M.; PIRES, G. D. R. M.; SILVEIRA, L. U. D.; MIRANDA, T. L. G. D.; MÜLLER, I. I. Avaliação da qualidade da água do reservatório da UHE Pitangui (PR) através de técnicas estatísticas multivariadas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2011, Maceió. **Anais ...** Maceió: ABRH, 2011. p. 1-14.

FREIRE, A. P. **Correlação do uso do solo e da qualidade da água utilizando ferramentas de geoprocessamento e técnicas de análise estatística multivariada.** 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

FRITZSONS, E.; HINDI, E. C.; MANTOVANI, L. E.; RIZZI, N. E. Aa alterações da qualidade de água do rio Capivari com o deflúvio: Um instrumento de diagnóstico de qualidade ambiental. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 8, n. 4, p. 239-248, 2003.

GEUS, J. A. M. D.; LIMA, I. A. D. **Análise de coliformes totais e fecais: um compatitibo entre técnicas oficiais VRBA e Petrifilm EC aplicados em uma indústria de carnes.** IN: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2., 2006. Ponta Grossa. **Anais ...** Ponta Grossa, 2006. p. 1-6.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento.** São Paulo: Edusp, 2011. 400 p.

GONTIJO, C.; AGUIRRE, A. Elementos para uma tipologia do uso do solo agrícola no Brasil: uma aplicação de análise fatorial. **Revista Brasileira de Economia**, v. 42, n. 1, p. 13-49, 1998.

GONZALEZ, N. A.; SWAIN, N. R.; OBREGON, O.; WILLIAMS, G. P.; NELSON, E. J.; EGGETT, D. L. Water Quality Assessment of Small Water Supply Reservoir Using Statistical and Analytical Methods. In: HIDROLOGY DAYS, 32., 2012. Colorado. **Proceedings ...** Colorado: Colorado State University, 2013. p.1-12.

GOODWIN, P.; JORDE, K.; MEIER, C.; PARRA, O. Minimizing environmental impacts of hydropower development: transferring lessons from past projects to proposed strategy for Chile. **Journal of Hydroinformatics**, v. 8, n. 4, p. 253-270, 2006.

GUIMARÃES, R. Z. **Avaliação da qualidade de água no processo de recuperação de áreas de plantio de Pinus taeda em APP na bacia do rio Campinas - Joinville, SC.** 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

HAASE, J.; STRINGUINI, M. H.; SILVA, M. L. B. C.; RODRIGUES, M. L. K.; KOCH, S. M. V. Qualidade das águas superficiais do litoral norte e médio do Rio Grande do Sul. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville.  
**Anais** ... Joinville: ABES, 2003. p. 1-17.

HAIR, J. F.; TATHAM, R. L.; ANDERSON, R. E.; BLACK, W. **Análise Multivariada de Dados**. São Paulo: Artmed Editora S.A., 1998. 593 p.

\_\_\_\_\_. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HUSZAR, V. L. M.; GIANI, A. Amostragem da comunidade fitoplanctônica em águas continentais: reconhecimento de padrões espaciais e temporais. In: BICUDO, C. E. M. B., D. C. (Ed.). **Amostragem em limnologia**. São Carlos: RiMa, 2004. p. 133-147.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Monitoramento da Qualidade das Águas de Reservatórios do Estado do Paraná no período de 2005 a 2008**. Curitiba: IAP, 2009. 120p. Relatório Técnico.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 234, de 21 de dezembro de 2006. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. Curitiba, PR, 26 dez. 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010 - @Cidades. @Cidades IBGE (2010). Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=412030> >. Acesso em: 03 de julho de 2013.

IBM. **IBM SPSS Statistics 22**. [S.l.]: IBM Corporation, 2013.

IMBERGER, J.; HAMBLIN, P. F. Dynamics of lakes, reservoir and cooling ponds. **Ann. Rev. Fluid Mech.**, v. 14, p. 153-187, 1982.

IPARDES - INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Programa Paraná rural: cartas temáticas de declividade, drenagem e uso potencial do solo do Estado do Paraná**. Curitiba: IPARDES, 1995.

ITAIPU BINACIONAL. Energia Hidráulica (2010). Disponível em: < <http://www.itaipu.gov.br/energia/energia-hidraulica> >. Acesso em: 22 de agosto de 2012.

ITCG - INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. Mapa Clima - Estado do Paraná. Curitiba, 2008. Disponível em: < <http://www.tcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47> >. Acesso em: 06 de agosto de 2012.

JEFFREY, S. W.; HUMPHREY, G. F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1, and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. **Biochem. Physiol. Pflanz.**, v. 167, p. 191-194, 1975.

JORGENSEN, S. E.; VOLLENWEIDER, R. A. **Guidelines of lake management**. Kusatsu: ILEC, 1989. 199 p.

JORNAL MEU PARANÁ. **UHE Segredo**: UHE Ney Aminthas de Barros Braga [2012]. 1 fotografia, color. Disponível em: < <http://jornalmeuparana.com.br/site/?p=27863> >. Acesso em: 17 de janeiro de 2013.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psichometrika**, v. 23, p. 187-200, 1958.

KAWARA, O.; YURA, E.; FUJII, S.; MATSUMOTO, T. A study on the role of hydraulic retention time in eutrophication of the Asahi River Dam reservoir. **Water Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 245-252, 1998.

KHAN, F. A.; ANSARI, A. A. Eutrophication: An ecological vision. **The Botanical Review**, v. 71, n. 4, p. 449-482, 2005.

KNUPP, E. A. N. **Uso de métodos estatísticos para dados de qualidade de águas: estudo de caso, Rio das Velhas**. 224 f. Tese (Doutorado em Química) -Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

KONING, N.; ROOS, J. C. The continued influence of organic pollution on the water quality of the turbid Modder River. **Water SA**, v. 25, n. 3, p. 285-292, 1999.

KOOTSTRA, G. J. Exploratory factor analysis. Disponível em: < [www.let.rug.nl/~nerbonne/teach/rema-stats-meth-seminar/Factor-Analysis-Kootstra-04.pdf](http://www.let.rug.nl/~nerbonne/teach/rema-stats-meth-seminar/Factor-Analysis-Kootstra-04.pdf) >. Acesso em: 25 de setembro de 2009.

LACTEC - INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO. **Plano ambiental de conservação e uso do entorno do reservatório da UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Netto - Atualização**. Curitiba: LACTEC, 2009a. Relatório Técnico.

\_\_\_\_\_. **Plano ambiental de conservação e uso do entorno do reservatório da UHE Governador Ney Aminthas de Barros Braga - Atualização**. Curitiba: LACTEC, 2009b. Relatório Técnico.

\_\_\_\_\_. **Plano ambiental de conservação e uso do entorno de reservatório artificial - PACUERA - Usina Hidrelétrica de Mauá (Versão Resumida)**. Curitiba: LACTEC, 2010. Relatório Técnico.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos de água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. 235 f. Tese (Doutorado em Ciências - Ecossistemas Terrestres e Aquático) - Instituto de Biociências, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2004.

LANNA, A. E. **Gestão das Águas**. Porto Alegre: IPH/UFRGS. 1999.

LARKUM, A. W. D.; KÜHL, M. Chlorophyll *d*: the puzzle resolved. **Trends in Plant Science**, v. 10, n. 8, p. 355-357, 2005.

LEMOS, M. D.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. D. S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 155-164, 2010.

LEWIS, W. M. Basis for the protection and management of tropical lakes. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 5, n. 1, p. 35-48, 2000.

LIMA, A. E. D.; BELTRÃO, D. D.; ARAÚJO, M. L. D.; OLIVEIRA, R. F. S. D.; NETO, A. D. V. C.; MARCELINO, S. C.; COSTA, B. D. F. D.; SANTOS, T. C. P. D.; SEVERI, W. Influência da cascata de reservatórios do submédio e baixo rio São Francisco sobre a concentração de sólidos suspensos totais e suas frações orgânica e inorgânica na água. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10., 2010, Recife. **Anais ... Recife: UFRPE**, 2010.

LINHARES, C. D. A. **Influência do desflorestamento na dinâmica da resposta hidrológica na Bacia do Rio Ji-Paraná/RO**. 217 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

LIRA, S. A. **Análise de correlação: Abordagem teórica e de construção de coeficientes com aplicações**. 209 f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) - Pós-Graduação em Métodos Numéricos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LOPES, R. M.; CARVALHO, L. F. M. D.; CABRAL, J. B. P. Variação da temperatura do ar na Bacia Hidrográfica Barra dos Coqueiros no município de Caçu - GO. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 5, p. 1191-1202, 2012.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophylls and phaeopigments: spectrophotometric equations. **Limnol. Oceanogr.**, v. 12, p. 343-346, 1967.

LUO, H.; LIU, D.; JI, D.; HUANG, Y.; HUANG, Y. Influence factors analysis to chlorophyll *a* of spring algal bloom in Xiangxi Bay of Three Gorges Reservoir. **J. Water Resource and Protection**, v. 3, p. 188-194, 2009.

MAIMUNA, W.; VICTOR, O. O. Prediction of some water quality indices in river Yobe - Nigeria, through annual projections. **Frontiers in Science**, v. 2, n. 4, p. 58-61, 2012.

MALHEIROS, C. H.; HARDOIM, E. L.; LIMA, Z. M. D.; AMORIM, R. S. S. Qualidade de água de uma represa em área agrícola (Campo Verde, MT, Brasil). **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 2, p. 245-262, 2012.

MARIN, M. C. F. C.; SCUISSATO, C.; FERNANDES, C. S.; PORTO, M. F. A. Proposta preliminar de reenquadramento dos corpos de água em classes e avaliação do seu risco de não atendimento: estudo de caso da bacia do Alto Iguacu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., São Paulo. **Anais ...** São Paulo: ABRH, 2007. p. 1-18.

MATHWORKS. **Matlab - 7.0**. [S.l.]: MathWorks Inc., 2004.

MAZLUM, N.; ÖZER, A.; MAZLUM, S. Interpretation of water quality data by principal components analysis. **Tr. J. of Engeneering and Enviromental Sciences**, v. 23, p. 19-26, 1999.

MERENDA, E. A. **Reservatório de Segredo e Áreas de Entorno: aspectos legais e modificações no uso do solo**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) -Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MICROSOFT. **Microsoft Office Excel 2007**. [S.l.]: Microsoft Inc., 2007.

MINGOTTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297 p.

MINISTRY OF ECOLOGY AND NATURAL RESOURCES OF UKRAINE. **National report on the state of environment in Ukraine 1999**. Kyiv: Rayesvsky Scientific Publishers, 2000. 184 p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caderno setorial de recursos hídricos: geração de energia hidrelétrica**. Brasília: MMA, 2006b. 112p.

\_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Recursos Hídricos - Síntese Executiva**. Brasília: MMA, 2006a. 135 p.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2007. 208 p.

\_\_\_\_\_. Projeto da usina hidrelétrica de Belo Monte - Fatos e dados (2011). Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/belomonte /BELO\\_MONTE\\_-Fatos\\_e\\_Dados.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/belomonte /BELO_MONTE_-Fatos_e_Dados.pdf)>. Acesso em: 21 de setembro de 2013.

MOORE, A. E.; COTTERILL, F. P. D.; MAIN, M. P. L.; WILLIAMS, H. B. The Zambezi River. In: GUPTA, A. (Ed.). **Large Rivers: Geomorphology and Management**. Chicherter: John Wiley & Sons, 2007. p. 311-332.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 388 p.

MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A Qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama - Distrito Federal. **Química Nova**, v. 33, n. 2, p. 97-103, 2010.

NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. D. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

NALIATO, D. A. D. O.; NOGUEIRA, M. G.; PERBICHE-NEVES, G. Discharge pulses of hydroelectric dams and their effects in the downstream limnological conditions: a case study in a large tropical river (SE Brazil). **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 14, n. 4, p. 301-314, 2009.

NASCIMENTO, P. R. F.; PEREIRA, S. M. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomassa de *Egeria densa* nos reservatórios da hidroelétrica de Paulo Afonso-Bahia. **Planta Daninha**, v. 26, p. 481-486, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Earth Materials and Health: Research Priorities for Earth Science and Public Health**. Washington: The National Academies Press, 2007. 188p.

NISHIMURA, P. Y. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica em dois da Represa Billings (São Paulo, SP) com diferentes graus de trofia**. 148p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NIXON, S. W. Coastal marine eutrophication: a definition social causes, and future concerns. **Ophellia**, v. 41, p. 199-219, 1995.

NOGUEIRA, P. F.; CABRAL, J. B. P.; OLIVEIRA, S. F. Análise da concentração de sólidos em suspensão, turbidez e TDS nos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (GO). **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 485-494, 2012.

NORONHA, C. V. D.; LOBATO, W.; SABINO, C. D. V. S. **Qualidade de água dos reservatórios fio de água de Jaguára, Igarapava e Volta Grande e afluentes, Bacia Hidrográfica do rio Grande, MG/SP**. Lima (Peru) 2013. 1-19 p.

PADIAL, P. R.; POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Heterogeneidade espacial e temporal da qualidade da água do reservatório Rio das Pedras (Complexo Billings, São Paulo). **Revista Ambiente & Água**, v. 4, n. 3, p. 35-53, 2009.

PALLANT, J. **SPSS Survival Manual: A Step by Step Guide to Data Analysis using SPSS for Windows**. Mc-Graw-Hill, 2007.

PARANÁ. Decreto Estadual nº 2.314, de 17 de junho de 2000. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, n. 5786, 18 jul. 2000a.

\_\_\_\_\_. Decreto Estadual nº 2.315, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, n. 5786, 18 jul. 2000b.

\_\_\_\_\_. Decreto Estadual nº 2.317, de 17 de junho de 2000. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR n. 5786, 18 jul. 2000c.

\_\_\_\_\_. Decreto Estadual nº 4.646, de 31 de agosto de 2001. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, n. 6062, 31 ago. 2001.

\_\_\_\_\_. Decreto Estadual nº 9.129, de 27 de dezembro de 2010. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, n. 8371, 27 dez. 2010a.

\_\_\_\_\_. Decreto Estadual nº 9.130, de 27 de dezembro de 2010. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, n. 8371, 27 dez. 2010b.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.726, de 26 de novembro de 1999. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, n. 5628, 29 nov. 1999.

\_\_\_\_\_. Portaria SUREHMA nº 20, de 12 de maio de 1992. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, 28 mai. 1992.

PEREIRA, P. S.; VEIGA, B. V.; BRASSAC, N. M.; DZIEDZIC, M. Assessing the effects of nutrient dynamics in the eutrophication process of the Foz do Areia reservoir. In: BILIBIO, C.; HENSEL, O. e SELBACH, J. (Ed.). **Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brazil. Vol.3: Environment: Climate, Health, Biology, Science, Research, Modeling, Water Quality, Hydrology, Simulation**. Jaguarão: Fundação Universidade Federal do Pampa, UNIKASSEL, PGCult-UFMA, 2012. 183 p.

PEREIRA, P. S.; VEIGA, B. V.; DZIEDZIC, M. Avaliação da influência do fósforo e do nitrogênio no processo de eutrofização de grandes reservatórios. Estudo de caso: Usina Hidrelétrica Foz do Areia. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 1, p. 43-52, 2013.

PEREIRA-JUNIOR, J. B.; MESCOUTO, C. S. T.; PEREIRA, S. F. P. Determinação de parâmetros físicos e físico-químicos das águas do reservatório de Tucuruí (PA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 47., 2007, Natal. **Anais ...** Natal: SBQ, 2007.

PERPÉTUO, E. A. Parâmetros de caracterização da qualidade das águas e efluentes industriais (2011). Disponível em: < <http://www.cepema.usp.br/wp-content/uploads/2011/06/8-Par%C3%A2metros-de-caracteriza%C3%A7%C3%A3o-da-qualidade-das-aguas-e-efluentes-industriais.pdf> >. Acesso em 28 de agosto de 2013.

PHA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL. Monitoramento Qualitativo. São Paulo (2010). Disponível em: < [www.phd.poli.usp.br](http://www.phd.poli.usp.br) >. Acesso em: 14 de janeiro de 2013.



PIRES, A. Previsão da Matriz Energética Brasileira em 2010 (2009). Disponível em: < [http://www.duke-energy.com.br/newsletter/ins04\\_01\\_pt\\_print.htm](http://www.duke-energy.com.br/newsletter/ins04_01_pt_print.htm) >. Acesso em: 01 de junho de 2009.

PITOIS, S.; JACKSON, M. H.; WOOD, B. J. B. Sources of the eutrophication problems associated with toxic algae: an overview. **Journal of Environmental Health**, v. 64, n. 5, p. 25-31, 2001.

PLAMONDON, A. P.; RUIZ, R. A.; MORALES, C. F.; GONZALEZ, M. C. Influence of protection forest on soil and water conservation (Oxapampa, Peru). **Forest Ecology and Management**, v. 38, n. 3-4, p. 227-238, 1991.

POMPÊO, M. L. M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecol. Bras.**, v. 12, n. 3, p. 406-424, 2008.

POMPÊO, M. L. M.; SILVA, S. C. D.; MOSHINI-CARLOS, V. A deterioração da qualidade das águas continentais brasileiras: o processo de eutrofização. **Saneas**, v. 2, n. 21, p. 24-28, 2005.

POMPEU, C. T. **Direito das Águas no Brasil**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2006. 512 p.

PRATTE-SANTOS, R.; SIMÕES, L. N. Estudo das variáveis físico-químicas em níveis de estratificação espacial em um ambiente lêntico na Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, Espírito Santo. **Natureza on line**, v. 8, n. 2, p. 74-77, 2010.

QUIRÓS, R.; DRAGO, E. The environmental state of argentinean lakes: An overview. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 4, n. 1-2, p. 55-64, 1999.

RABELO, C. G.; FERREIRA, M. E.; ARAÚJO, J. V. G. D.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. D.; GOMES, M. P. Influência do uso do solo na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no Estado de Goiás, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 4, n. 2, p. 172-187, 2009.

RAST, W.; THORNTON, J. A. Trends in eutrophication research and control. **Hydrological Processes**, v. 10, n. 2, p. 295-313, 1996.

RIBEIRO FILHO, R.; PETRERE JUNIOR, M.; BENASSI, S.; PEREIRA, J. Itaipu reservoir limnology: eutrophication degree and the horizontal distribution of its limnological variables. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, p. 889-902, 2011.

RODGHER, S.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; ROCHA, O.; FRACÁCIO, R.; PEREIRA, R. H. G.; RODRIGUES, M. H. S. Limnological and ecotoxicological studies in the cascade of reservoir in the Tietê river (São Paulo, Brazil). **Braz. J. Biol.**, v. 65, n. 4, p. 697-710, 2005.

RODRIGUES, M. L. K.; RODRIGUES, M. T. R. Statistical factor analysis of heavy metal pollution in the Caí river basin sediments (Brasil). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CONTAMINATED SEDIMENTS, 2., 2003, Quebec. **Anais ...** Quebec: ASTM, 2003. p. 394-399.

SAFFRAN, K. A.; ANDERSON, A.-M. **An empirical analysis of water temperature and dissolved oxygen conditions in the Red Deer river**. Alberta: Environmental Monitoring and Evaluation Branch of Alberta Environment, 1997. 28 p. e-book. Disponível em < <http://environment.gov.ab.ca/info/library/5816.pdf> >. Acesso em: 31 de agosto de 2013.

SANTOS, I. D.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: CEHPAR, 2001. 372p.

SANTOS, O. C. D. O. **Análise do uso do solo e dos recursos hídricos na microbacia do Igarapé Apeú, nordeste do estado do Pará**. 270 f. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SANTOS-JÚNIOR, R. C. D.; MEDEIROS, P. R. P.; COSTA, F. J. C. B.; ANDRADE, E. D. L. Variação espacial da clorofila-a na água do reservatório da UHE Xingó. **Geo UERJ**, v. 1, p. 1231-1238, 2003.

SANTOS-ROMÁN, D. M.; WARNER, G. S.; SCATENA, F. Multivariate analysis of water quality and physical characteristics of selected watersheds in Puerto Rico. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 39, n. 4, p. 829-839, 2003.

SEAB - SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO ESTADO DO PARANÁ. **Agrometeorologia (2010/11)**. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2010. 11 p. Relatório Técnico.

SETZER, V. W. Dado, informação, conhecimento e competência. **Folha Educação**, São Paulo, n. 27, out./nov. 2004. p. 6-7.

SHRESTHA, S.; KAZAMA, F.; NAKAMURA, T. Use of principal component analysis, factor analysis and discriminant analysis to evaluate spatial and temporal variations in water quality of the Mekong river. **Journal of Hydroinformatics**, v. 10, n. 1, p. 43-56, 2008.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T. Impactos da precipitação e uso do solo na qualidade da água do Rio Purus. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais ...** Natal: INPE, 2009. p. 4867-4874.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SILVA, G. S. D.; MIOLA, S.; SILVA, G. S. D.; SOUSA, E. R. D. Avaliação da qualidade das águas do Rio São Francisco Falso, tributário do reservatório de Itaipu, Paraná. **Eclética Química**, v. 35, p. 117-122, 2010.

SILVA, J. R. L. D. **Dinâmica de cianobactérias e cianotoxinas em um braço do reservatório da Usina Hidroelétrica Luiz Eduardo Magalhães e suas implicações para o abastecimento público em Palmas (TO)**. 125 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SILVA, L. M. C. D. **Açudes e reservatórios: mecanismos técnicos, legais e institucionais para uma gestão sustentável**. 319 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável). Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

SILVA, M. B. D. **Estudo da influência da poluição difusa na qualidade da água de reservatórios de usinas hidroelétricas**. 53 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Elétrico) - Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SIMÕES, R. M. A. Notas sobre o clima do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 16, n. 1, p. 123-132, 1954.

SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. **Water Research**, v. 38, n. 18, p. 3980-3992, 2004.

SOARES, M. C. S.; MARINHO, M. M.; HUSZAR, V. L. M.; BRANCO, C. W. C.; AZEVEDO, S. M. F. O. The effects of water retention time and watershed features on the limnology of two tropical reservoirs in Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 13, n. 4, p. 257-269, 2008.

SOLER, J. M. P. Análise estatística univariada. In: BICUDO, C. E. D. M. e BICUDO, D. D. C. (Ed.). **Amostragem em limnologia**. São Carlos: Editora Rima, 2004. p. 45-71.

SPERLING, E. **Morfologia de lagos e represas**. Belo Horizonte: Segrac, 1999.

STATSOFT INC. **STATISTICA (data analysis software system), version 11**. [S.l.]: StatSoft Inc., 2012. p.

STRASKRABA, M. Limnological particularities of multiple reservoir series. **Arch Hydrobiol. Beih Ergebn. Limnol.**, v. 33, n. 677-678, 1990.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. **Gerenciamento da qualidade de água de represas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

TERRA, V. R.; PRATTE-SANTOS, R.; ALIPRANDI, R. B.; BARCELOS, F. F.; MARTINS, J. L. D.; AZEVEDO-JÚNIOR, R. R.; BARBIÉRI, R. S. Estudo limnológico visando avaliação da qualidade das águas do rio Jucu Braço Norte, ES. **Natureza on line**, v. 8, n. 1, p. 8-13, 2010.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento Integrado de Bacias Hidrográficas e Reservatórios Estudos de Caso e Perspectivas. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R. e JORCIM, A. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. São Carlos: Editora Rima, 2005. p. 1-24.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M.; ABE, D. S.; VANUCCI, D.; DUCRO, R. **Reservoirs: Functioning, Multiple Use and Management**. São Paulo: Natural Resources Institute (NRI), Madras Institute of Development Studies (MIDS), International Water and Sanitation Center (IRC), 2005. 7 p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2008. 631p. p.

UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Medição da transparência da água pelo Disco de Secchi (2013). Disponível em: < <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/secc.htm> >.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkomrnung ver quantitativen Phytoplankton Methodic. **Mitt. Int. Verein. Limnol.**, v. 9, p. 1-38, 1958.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. D. Contribuição da cidade de Botucatu - SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. **Eclética Química**, v. 22, p. 31-48, 1997.

VAROL, M.; GÖKOT, B.; BEKLEYEN, A.; ŞEN, B. Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris River basin, Turkey. **CATENA**, v. 92, p. 11-21, 2012.

VASILACHE, V.; GUTT, S.; RUSU, O. E.; VASILACHE, T.; SASU, G.; GUTT, G. Studies regarding the eutrophication of the Negreni Reservoir in Botosani County. **International Journal of Conservation Sciences**, v. 1, n. 1, p. 41-46, 2010.

VEIGA, B. V. **Fatores intervenientes na dinâmica do fósforo em ambientes lênticos - Investigação sobre o reservatório de Alagados no Estado do Paraná**. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, 2010.

VENEZIANI, P.; SANTOS, A. R. D.; CREPANI, E.; ANJOS, C. E. D.; OKIDA, R. Mapa de classes de erodibilidade de parte da região do rio Taquari baseado em imagens TM-Landsat. **Pesq. agropec. bras.**, v. 33, p. 1747-1754, 1998.

VERONEZ, B. P. **Análise da influência da precipitação pluviométrica e do uso do solo sobre a qualidade da água em microbacias hidrográficas no nordeste paraense, Amazônia Oriental**.

172 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

VICINI, L. **Análise Multivariada: da teoria à prática**. 215 f. Monografia (Especialização em Estatística e Modelagem Quantitativa). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

WACHHOLZ, F.; PEREIRA FILHO, W. ; PEREZ FILHO, A. **Compartimentação aquática espectral dos reservatórios em cascata no alto Jacuí - RS**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais ... Natal: INPE, 2009**. p. 4929-4935.

WILLIAMS, B.; BROWN, T.; ONSMAN, A. Exploratory factor analysis: A five-step guide for novices. **Australasian Journal of Paramedicine**, v. 8, n. 3, p. 1-13, 2010.

WUNDERLIN, D. A.; DÍAZ, M. A. D. P.; AMÉ, M. A. V.; SILVIA, F. P.; ANDREA, C. H.; BISTONI, M. A. D. L. Á. Pattern Recognition Techniques for the Evaluation of Spatial and Temporal Variations in Water Quality. A Case Study:: Suquía River Basin (Córdoba-Argentina). **Water Research**, v. 35, n. 12, p. 2881-2894, 2001.

YU, S.; SHANG, J.; ZHAO, J.; GUO, H. Factor analysis and dynamics of water quality of the Songhua River, Northeast China. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 144, p. 159-169, 2003.

ZENG, X.; RASMUSSEN, T. C. Multivariate Statistical Characterization of Water Quality in Lake Lanier, Georgia, USA. **Journal of Environmental Quality**, v. 34, p. 1980-1991, 2005.

ZHAO, J.; FU, G.; LEI, K.; LI, Y. Multivariate analysis of surface water quality in the Three Gorges area of China and implications for water management. **Journal of Environmental Sciences**, v. 23, n. 9, p. 1460-1471, 2011.

## **APÊNDICE A - Dados brutos de qualidade de água**

TABELA A 1 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO FA\_1M, A MONTANTE DO RESERVATÓRIO DE FÓZ DO AREIA, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Pluvio.	Estação do Ano
03/05/05	15,0	19,0	0,40	8,60	7,5	81	0,080	2,1	86	23	3,1	< 1,0	3,55	8,20	0,0	OUTONO
07/07/05	15,4	15,5	1,00	7,60	7,4	56	0,090	1,8	77	24	49.000,0	13000,0	3,59	9,90	0,0	INVERNO
06/10/05	17,9	17,7	0,40	6,20	6,6	44	0,120	1,8	106	30	3.300,0	790,0	6,07	16,00	35,4	PRIMAVERA
26/01/06	21,1	24,7	0,70	5,17	7,1	79	0,110	2,2	82	23	23.000,0	210,0	5,47	15,60	12,0	VERÃO
04/04/06	17,9	21,5	0,25	7,69	7,1	69	0,210	2,4	117	48	2.400,0	180,0	7,25	18,50	0,0	OUTONO
13/07/06	12,9	15,4	0,70	8,69	7,3	142	0,140	3,6	119	21	3.300,0	140,0	2,15	10,00	0,0	INVERNO
03/10/06	19,0	17,2	0,50	9,42	7,2	69	0,170	2,6	94	33	14.000,0	1500,0	8,60	25,50	0,2	PRIMAVERA
24/01/07	21,2	24,6	0,70	7,39	6,8	65	0,060	3,0	79	18	2.600,0	180,0	< 2,00	29,20	0,0	VERÃO
23/04/07	24,8	24,0	0,50	6,03	7,7	76	0,070	1,5	78	16	240,0	17,0	< 2,00	20,12	0,0	OUTONO
11/07/07	9,9	15,2	0,60	7,77	7,4	79	0,090	2,7	89	14	4.100,0	610,0	< 2,00	5,00	0,8	INVERNO
18/10/07	16,8	18,8	0,50	6,00	6,8	56	0,090	0,5	81	27	4.900,0	790,0	< 2,00	14,00	12,8	PRIMAVERA
15/01/08	23,2	25,0	0,50	5,70	6,8	60	0,110	2,9	80	22	> 240.000	5300,0	4,37	11,00	0,2	VERÃO
08/04/08	24,0	21,9	0,50	6,30	7,4	83	0,070	2,1	85	15	8.800,0	200,0	< 2,00	13,00	0,0	OUTONO
17/07/08	9,4	16,4	0,50	8,07	7,2	72	0,070	3,1	71	11	3.300,0	46,0	< 2,00	8,19	0,0	INVERNO
07/10/08	21,6	18,0	0,30	6,13	7,2	56	0,200	1,9	165	54	17.000,0	310,0	3,97	26,18	0,0	PRIMAVERA
20/01/09	20,3	24,7	0,35	6,60	7,1	64	0,130	1,3	112	22	5.400,0	350,0	< 2,00	18,18	16,4	VERÃO
23/04/09	16,0	20,2	0,50	5,60	7,3	99	0,060	1,9	107	21	1.100,0	1100,0	< 2,00	14,96	17,2	OUTONO
15/06/09	16,9	14,4	0,40	6,50	7,6	121	0,110	2,2	99	16	1.600,0	56,0	2,52	25,25	3,6	OUTONO
24/08/09	14,3*	15,4	0,20	6,70	7,1	59	0,090	1,1	103	31	170,0	< 1,0	< 2,00	14,10	0,2	INVERNO
19/10/09	18,4	17,6	0,40	5,10	6,9	43	0,090	3,0	102	39	7.300,0	230,0	< 1,00	13,19	3,2	PRIMAVERA
14/12/09	22,3	22,8	0,25	5,37	7,4	60	0,060	3,9	75	20	8.200,0	160,0	< 1,00	17,89	0,0	PRIMAVERA
23/02/10	26,5	25,1	0,40	4,74	7,0	57	0,050	4,1	97	61	120.000,0	47,0	1,85	18,23	15,2	VERÃO
27/04/10	18,5	18,1	0,20	5,20	6,5	34	0,050	2,7	120	59	39.000,0	1100,0	1,00	14,54	52,2	OUTONO
29/06/10	16,1	15,5	0,35	7,90	7,1	63	0,090	2,3	127	37	22.000,0	500,0	< 1,00	11,16	0,0	INVERNO
24/08/10	23,0	18,3	0,45	6,70	7,4	65	0,180	4,2	152	36	19.000,0	310,0	1,49	11,16	0,0	INVERNO
19/10/10	22,3	20,7	0,40	4,90	6,9	73	0,130	2,8	125	51	720,0	10,0	< 1,00	3,03	0,0	PRIMAVERA
07/12/10	21,4	20,6	0,25	6,10	6,9	62	0,110	1,7	167	101	39.000,0	2000,0	< 1,00	15,08	12,6	PRIMAVERA
22/02/11	24,0	23,7	0,40	4,30	6,6	45	0,060	1,4	75	20	7.300,0	680,0	1,2	9,04	18,8	VERÃO
28/04/11	15,8	20,0	0,40	6,20	7,3	73	0,080	3,0	126	27	4.900,0	330,0	< 1,00	3,02	1,0	OUTONO
28/06/11	7,4*	13,1	0,30	7,40	7,2	67	0,100	1,5	91	31	6.900,0	760,0	< 1,00	10,00	0,0	OUTONO
25/08/11	7,7	13,1	0,25	7,30	6,8	48	0,080	2,0	116	36	8.700,0	1100,0	1,70	9,02	3,4	INVERNO
25/10/11	18,4	20,2	0,50	6,50	6,1	54	0,050	1,4	69	19	1.600,0	200,0	< 1,00	7,03	14,6	PRIMAVERA
12/12/11	23,4	24,6	0,25	6,60	7,1	81	0,150	3,3	195	1,7	1.300,0	28,0	< 1,00	7,00	3,2	PRIMAVERA
28/02/12	23,8	23,8	0,35	4,90	7,3	62	0,080	4,7	128	26	13.000,0	17,0	1,69	11,94	41,8	VERÃO
25/04/12	18,0	20,7	0,30	5,70	6,4	105	0,089	2,2	105	10	1.011,0	76,0	1,19	11,05	12,4	OUTONO
20/06/12	14,6	15,4	0,40	6,60	6,4	43	0,080	1,4	73	11	12.000,0	1400,0	2,39	14,07	1,6	OUTONO
20/08/12	20,7	19,3	0,60	6,30	6,5	61	0,078	1,4	71	9	6.400,0	200,0	1,29	13,60	0,0	INVERNO
23/10/12	20,3	22,2	0,80	4,80	6,9	89	0,071	6,4	91	10	13.000,0	1700,0	1,09	9,03	35,4	PRIMAVERA
02/12/12	24,7	26,1	0,40	5,10	7,1	86	0,800	4,1	169	9	160,0	28,0	< 1,00	11,98	5,4	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 2 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO FA\_2R, NO TERÇO INICIAL DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	T ambiente	T água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.	Cianobac.	Pluvio.	Estação do Ano
04/05/05	16,8	22,2	1,60	6,00	7,2	76	0,040	1,0	63	6	390,0	<1,0	3,12	7,42	2,64	2.977	2.212	0,0	OUTONO
06/07/05	6,9	18,5	1,85	6,90	7,5	61	0,020	1,2	52	6	32,0	<1,0	2,81	7,74	8,25	5.735	1.200	1,0	INVERNO
05/10/05	17,7	17,9	0,80	7,10	6,7	39	0,040	1,5	48	9	250,0	11,0	4,30	11,00	3,68	1.544	62	82,0	PRIMAVERA
25/01/06	20,7	26,0	1,15	6,60	8,9	69	0,030	1,1	57	11	390,0	2,0	2,80	6,24	22,72	30.524	30.166	16,8	VERÃO
04/04/06	26,0	24,8	1,65	5,40	6,9	76	0,030	1,2	64	8	<1,0	<1,0	8,12	18,00	12,93	13.045	11.156	0,0	OUTONO
11/07/06	18,9	18,0	2,40	6,90	7,2	77	0,020	1,3	57	3	3,0	<1,0	3,95	12,50	7,64	6.848	3.775	0,0	INVERNO
04/10/06	26,0	19,8	0,65	7,00	7,1	82	0,060	2,6	68	17	2.900,0	4,1	<2,00	8,50	5,14	5.776	4.560	1,0	PRIMAVERA
24/01/07	33,0	26,0	0,75	8,60	9,3	59	0,070	3,1	66	21	99,0	<1,0	4,43	24,70	148,67	271.594	269.536	0,0	VERÃO
23/04/07	24,0	24,2	1,25	8,30	8,5	60	0,020	1,1	57	4	460,0	1,0	<2,00	13,10	24,30	50.613	42.938	32,8	OUTONO
11/07/07	9,0	15,1	1,40	7,60	7,4	48	0,020	1,1	53	7	490,0	<1,0	<2,00	10,00	3,58	537	0	11,6	INVERNO
16/10/07	18,3	20,0	1,25	6,90	7,2	90	0,060	1,6	75	9	340,0	14,0	<2,00	9,00	5,19	3.910	2.669	37,2	PRIMAVERA
15/01/08	26,5	26,3	0,65	7,40	7,6	54	0,050	1,3	62	15	980,0	<1,0	<2,00	4,00	13,90	39.144	35.798	0,2	VERÃO
10/04/08	18,2	23,0	1,40	7,10	7,7	69	0,040	1,5	59	8	17,0	<1,8	4,08	17,00	19,67	8.698	6.696	3,2	OUTONO
17/07/08	12,2	16,5	1,75	8,60	7,4	63	0,020	1,6	53	5	<1,8	<1,8	<2,00	10,24	6,03	5.458	215	0,0	INVERNO
09/10/08	17,2	19,8	0,95	7,04	7,1	65	0,050	1,6	61	10	170,0	26,0	<2,00	9,06	1,53	1.289	279	0,0	PRIMAVERA
21/01/09	18,6	25,4	0,75	9,40	9,7	60	0,030	1,5	60	6	7,8	<1,8	2,99	8,19	87,16	42.798	42.555	11,2	VERÃO
21/04/09	19,1	24,0	0,90	4,20	7,3	64	0,040	1,6	61	10	2,0	<1,0	<2,00	13,00	3,33	3.010	1.610	24,6	OUTONO
18/06/09	10,0	18,7	2,00	5,90	7,7	82	0,030	1,3	61	5	33,0	4,5	<2,00	11,05	1,30	778	176	0,0	OUTONO
27/08/09	16,3	16,7	1,25	7,40	7,0	61	0,040	1,1	57	11	7,8	2,0	5,91	25,12	6,04	9.867	6.560	0,0	INVERNO
22/10/09	21,7	20,9	0,60	5,20	7,0	41	0,040	2,1	62	23	2.400,0	22,0	1,09	14,21	2,34	3.037	595	31,8	PRIMAVERA
17/12/09	21,8	26,0	0,80	7,10	8,1	55	0,050	2,6	59	14	23,0	2,0	<1,00	16,84	10,77	9.211	1.408	37,6	PRIMAVERA
25/02/10	23,7	26,7	0,90	6,30	7,1	51	0,020	1,8	50	6	49,0	<1,8	<1,00	14,18	15,44	24.350	14.352	5,6	VERÃO
29/04/10	17,6	21,8	1,60	5,50	7,0	53	0,010	1,3	46	9	79,0	11,0	<1,00	5,02	1,22	1.616	774	0,0	OUTONO
28/06/10	21,0	17,2	1,10	7,20	6,8	44	0,030	1,3	49	11	190,0	16,0	1,00	9,13	6,36	5.686	66	0,0	INVERNO
25/08/10	19,8	17,7	1,30	8,80	7,7	50	0,030	1,3	47	13	10,0	<1,0	<1,00	6,09	7,76	9.690	0	0,0	INVERNO
20/10/10	20,2	21,6	0,90	9,00	8,5	89	0,040	2,1	89	15	79,0	2,0	1,49	13,14	22,11	12.901	2.441	0,0	PRIMAVERA
08/12/10	27,1	24,6	0,45	5,70	7,1	73	0,050	1,6	84	41	550,0	12,0	1,81	3,02	2,55	2.637	1.915	13,4	PRIMAVERA
23/02/11	23,5	27,4	1,20	8,20	8,7	47	0,030	1,6	48	7	560,0	31,0	1,59	11,05	15,97	76.981	75.035	25,0	VERÃO
27/04/11	20,5	22,8	2,00	6,30	7,2	49	0,020	0,5	51	5	650,0	2,0	<1,00	13,09	3,51	4.642	2.152	0,0	OUTONO
29/06/11	9,4	17,7	1,80	6,70	7,2	63	0,020	1,0	57	5	49,0	15,0	<1,00	10,10	1,10	1.140	89	8,6	OUTONO
25/08/11	14,5	16,0	0,70	6,40	6,3	58	0,040	1,0	55	16	260,0	20,0	1,00	10,05	0,92	467	101	0,0	INVERNO
26/10/11	23,4	21,5	0,80	7,20	7,2	59	0,020	2,8	49	12	1.700,0	2,0	<1,00	8,04	4,47	3.187	766	11,4	PRIMAVERA
13/12/11	20,8	24,8	0,95	7,40	7,4	67	0,030	2,0	42	5	9,6	<1,0	1,32	10,94	7,0	62.668	50.075	15,2	PRIMAVERA
27/02/12	24,1	26,6	1,25	7,30	7,9	70	0,050	2,8	58	4	19,0	<1,8	1,89	3,98	12,4	42.726	36.732	17,0	VERÃO
26/04/12	16,7	22,5	1,05	6,30	7,0	71	0,046	2,2	55	4	219,0	1,0	<1,00	6,03	7,3	11.567	10.910	81,2	OUTONO
21/06/12	15,2	17,8	1,45	7,10	7,1	63	0,024	1,4	56	3	49,0	4,5	<1,00	11,56	2,6	2.142	29	0,8	INVERNO
22/08/12	17,3	18,3	1,20	7,40	7,2	61	0,028	1,1	39	6	63,0	2,0	1,2	7,07	5,2	7.597	124	0,0	INVERNO
25/10/12	19,0	22,0	0,90	9,00	7,9	79	0,048	2,0	74	9	170,0	2,0	1,38	9,55	56,7	86.785	86.362	1,0	PRIMAVERA
02/12/12	22,8	25,7	0,50	7,00	7,6	79	0,071	3,8	88	9	3.400,0	1,0	<1,00	14,47	2,6	2.991	597	5,8	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Clorofila-a (µg.L<sup>-1</sup>); Fitoplânc.: Densidade do Fitoplâncton total (células.mL<sup>-1</sup>); Cianobac.: Densidade de Cianobactérias (células.mL<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.



TABELA A 3 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO FA\_3R, NAS PROXIMIDADES DA BARRAGEM DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	T ambiente	T água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.	Cianobac.	Pluvio.	Estação do Ano
05/05/05	22,3	18,0	2,85	5,20	7,2	62	0,020	1,0	51	4	49,0	2,0	2,01	4,95	3,49	2.233	754	0,0	OUTONO
05/07/05	18,8	13,1	1,80	7,30	7,2	59	0,020	1,3	47	4	11,0	< 1,0	2,00	4,59	5,64	5.278	783	93,4	INVERNO
04/10/05	22,9*	22,2*	0,90*	8,64*	7,0	41	0,050	1,6	52	12	1.400,0	< 1,0	3,05	6,00	13,76	5.171	2.517	78,0	PRIMAVERA
24/01/06	26,1	22,0	1,80	6,50	7,5	54	0,010	0,8	40	5	13,0	< 1,0	5,01	12,48	4,71	8.326	6.820	14,6	VERÃO
06/04/06	24,3	18,8	2,00	6,40	7,4	67	0,020	3,4	55	6	< 1,8	< 1,8	5,85	13,50	10,92	21.052	19.942	0,0	OUTONO
10/07/06	17,9	18,0	2,30	6,20	7,1	66	0,010	1,1	52	3	25,0	< 1,0	3,42	8,50	4,82	3.975	762	3,8	INVERNO
05/10/06	21,1	25,5	0,30	15,20	9,9	83	0,230	10,0	137	95	< 1,8	< 1,8	154,56	330,00	430,34	1.432.347	1.431.246	11,0	PRIMAVERA
25/01/07	26,0	22,0	0,20	11,23	10,1	82	0,160	7,5	119	67	520,0	< 1,0	9,36	69,20	469,00	843.940	843.940	0,0	VERÃO
23/04/07	24,9	22,5	1,10	7,90	9,1	59	0,040	2,0	60	8	4,1	< 1,0	< 2,00	12,09	62,42	163.146	160.302	0,4	OUTONO
12/07/07	16,0	10,1	1,75	7,10	7,2	46	0,020	2,1	47	7	94,0	< 1,8	< 2,00	8,50	2,45	3.408	2.528	8,6	INVERNO
17/10/07	20,1	18,0	1,50	7,50	7,8	75	0,030	1,3	56	7	490,0	11,0	< 2,00	11,00	18,82	39.870	38.834	19,2	PRIMAVERA
17/01/08	26,2	23,0	1,60	7,50	8,7	52	0,030	1,0	47	5	< 1,8	< 1,8	< 2,00	10,00	15,53	66.726	65.022	0,0	VERÃO
09/04/08	18,0	22,0	1,85	9,00	7,8	58	0,020	2,1	48	4	220,0	< 1,0	< 2,00	10,00	8,45	17.780	17.054	0,0	OUTONO
16/07/08	17,0	16,8	2,70	8,60	7,4	53	0,020	1,7	50	5	6,3	< 1,0	< 2,00	8,19	7,90	6.592	1.443	0,0	INVERNO
09/10/08	19,9	18,6	0,90	5,45	8,8	59	0,070	1,4	60	11	7,8	< 1,8	< 2,00	10,07	25,54	98.938	97.214	0,0	PRIMAVERA
21/01/09	26,4	24,3	2,40	7,50	8,2	49	0,020	1,0	42	3	< 1,8	< 1,8	< 2,00	4,04	5,51	31.508	29.238	0,6	VERÃO
21/04/09	24,1	18,9	1,30	4,50	7,1	62	0,020	1,0	48	5	1,0	< 1,0	< 2,00	6,00	3,80	2.745	1.956	10,0	OUTONO
17/06/09	18,8	14,3	2,85	4,40	7,2	68	0,020	1,1	56	3	1,0	< 1,0	< 2,00	5,02	2,31	2.375	524	24,2	OUTONO
26/08/09	18,0	18,6	1,40	8,00	7,8	71	0,020	1,0	51	4	< 1,0	< 1,0	< 2,00	5,07	9,28	14.751	8.545	0,0	INVERNO
21/10/09	22,5	23,3	0,40	6,00	7,0	39	0,050	2,1	66	32	2,0	< 1,0	1,39	8,12	4,88	9.651	3.972	42,2	PRIMAVERA
16/12/09	29,6	24,3	0,40	11,70	9,8	57	0,120	3,3	84	73	2.400,0	< 1,0	6,14	22,10	277,33	173.198	172.439	14,0	PRIMAVERA
24/02/10	27,6	24,8	0,90	6,70	7,2	48	0,050	< 0,5	50	5	160,0	1,0	< 1,00	12,15	14,21	23.630	19.364	7,4	VERÃO
28/04/10	22,0	18,6	1,40	6,10	6,9	51	0,010	1,5	51	9	27.000,0	1,0	< 1,00	1,50	1,26	1.779	1.241	4,8	OUTONO
01/07/10	17,3	16,7	1,10	7,00	6,7	36	0,050	0,9	41	9	< 1,8	< 1,8	< 1,00	7,10	5,80	4.801	567	0,0	INVERNO
26/08/10	18,3	19,8	1,60	7,40	7,7	44	0,020	1,7	45	8	4,5	< 1,8	< 1,00	3,04	4,68	2.928	211	0,0	INVERNO
20/10/10	22,0	22,2	1,35	9,00	8,7	75	0,030	1,8	65	9	4,5	< 1,8	1,09	12,13	9,99	7.854	3.941	0,0	PRIMAVERA
08/12/10	23,8	26,9	0,80	6,30	7,2	71	0,010	1,3	64	24	130,0	< 1,0	< 1,00	3,02	4,26	3.736	2.564	12,0	PRIMAVERA
23/02/11	25,8	26,9	2,00	9,00	7,8	49	0,010	2,3	44	4	6.900,0	20,0	< 1,00	9,04	8,54	48.219	45.451	39,8	VERÃO
27/04/11	23,0	18,5	3,00	6,50	7,5	46	0,010	0,5	49	4	3,1	1,0	< 1,00	14,10	4,62	19.103	13.401	0,0	OUTONO
29/06/11	17,5	10,2	2,50	7,20	7,0	62	0,040	1,7	54	5	< 1,00	< 1,0	< 1,00	8,08	1,19	1.487	517	7,6	OUTONO
25/08/11	6,7	13,5	0,60	15,20	6,8	44	0,040	1,3	52	19	99,0	4,1	1,10	12,06	0,82	569	0	0,0	INVERNO
26/10/11	20,9	21,0	1,30	6,50	7,1	55	0,030	2,0	39	8	5,2	< 1,0	< 1,00	7,03	1,79	1.216	0	25,8	PRIMAVERA
13/12/11	24,8	19,1	1,50	6,40	7,5	55	0,030	1,6	33	3	< 1,00	< 1,0	< 1,00	6,96	5,24	161.453	158.433	22,2	PRIMAVERA
27/02/12	27,2	24,0	2,50	3,50	7,7	73	0,010	2,0	44	2	4,0	< 1,8	1,39	8,95	5,95	35.250	31.042	12,8	VERÃO
26/04/12	22,6	17,3	1,20	5,60	7,1	62	0,029	1,7	49	4	689,0	1,0	< 1,00	11,56	5,60	6.456	5.230	121,4	OUTONO
20/06/12	18,1	17,2	1,60	7,00	7,2	55	0,018	1,8	55	3	140,0	< 1,0	< 1,00	7,03	4,17	5.095	1.197	0,0	OUTONO
21/08/12	17,4	19,6	1,40	7,20	7,5	47	0,046	1,0	50	4	6,1	< 1,8	1,99	9,58	6,68	10.898	9.096	0,0	INVERNO
25/10/12	21,2	21,7	1,10	9,30	8,4	66	0,026	1,9	84	5	49,0	22,0	< 1,00	11,55	25,70	21.618	20.507	5,6	PRIMAVERA
02/12/12	26,3	24,2	0,30	11,70	9,8	74	0,461	7,6	153	35	2.900,0	< 1,8	6,04	105,79	125,90	316.843	316.599	0,6	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Clorofila-a (µg.L<sup>-1</sup>); Fitoplânc.: Densidade do Fitoplâncton total (células.mL<sup>-1</sup>); Cianobac.: Densidade de Cianobactérias (células.mL<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 4 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO FA\_4R, BRAÇO DO RIO AREIA, NO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	T ambiente	T água	Secchi	OD	pH	Conductiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.	Cianobac.	Pluvio.	Estação do Ano
09/04/08	23,0	16,1	3,50	8,35	7,2	52	0,010	1,4	42	3	14,0	<1,0	<2,00	12,00	4,19	21.552	20.417	0,0	OUTONO
16/07/08	18,6	16,9	2,70	8,01	7,3	46	0,020	1,2	44	4	<1,0	<1,0	<2,00	11,26	7,20	3.909	1.288	0,0	INVERNO
09/10/08	14,8	19,0	1,15	3,91	7,5	51	0,020	0,9	48	5	1,8	1,8	<2,00	8,06	3,46	4.595	3.220	0,0	PRIMAVERA
21/01/09	21,7	26,0	2,50	7,50	8,3	43	0,010	0,6	42	2	7,8	<1,8	<2,00	2,02	5,35	35.634	35.230	0,0	VERÃO
21/04/09	18,1	24,0	1,90	4,10	7,1	67	0,010	0,6	43	2	1,0	<1,0	<2,00	9,00	7,19	9.150	6.981	13,6	OUTONO
17/06/09	11,1	18,8	3,30	4,60	7,1	58	0,010	0,8	46	3	1,0	1,0	<2,00	13,06	2,80	2.479	1.502	18,2	OUTONO
26/08/09	18,2	17,1	3,45	6,90	7,5	53	0,010	0,7	37	2	<1,0	<1,0	<2,00	6,09	2,59	3.466	774	0,0	INVERNO
21/10/09	23,3	23,9	0,80	7,80	7,6	33	0,030	2,0	41	16	<1,0	<1,0	1,10	11,16	5,62	15.749	10.541	20,4	PRIMAVERA
16/12/09	27,3	27,0	2,30	7,00	9,0	51	0,030	1,8	45	5	1.100,0	<1,0	1,30	15,79	10,48	8.790	4.735	22,0	PRIMAVERA
24/02/10	27,3	28,3	1,10	7,50	7,5	46	0,040	<0,5	44	5	160,0	<1,0	1,20	8,10	7,66	27.647	25.354	0,0	VERÃO
28/04/10	18,8	22,1	2,30	5,00	6,8	42	0,010	1,6	40	5	410,0	11,0	<1,00	2,00	1,52	2.864	2.505	0,4	OUTONO
01/07/10	13,1	17,1	1,45	7,00	6,9	33	0,020	1,2	40	7	<1,8	<1,8	<1,00	4,06	4,30	2.170	472	0,0	INVERNO
25/08/10	20,9	17,7	2,30	7,80	7,6	39	0,010	1,8	39	6	<1	<1,0	1,10	4,03	5,16	5.106	1.206	0,0	INVERNO
20/10/10	22,3	21,3	1,80	8,90	8,3	64	0,020	1,9	64	8	4,5	<1,8	1,40	13,14	5,95	7.304	2.134	0,0	PRIMAVERA
08/12/10	26,7	24,3	0,50	6,20	7,0	69	0,030	1,3	69	29	2.400,0	5,1	2,01	9,05	4,43	3.957	2.608	7,4	PRIMAVERA
23/02/11	26,5	26,6	2,00	7,50	7,9	48	0,010	1,9	42	3	4.600,0	30,0	1,19	5,02	7,82	73.046	69.783	17,8	VERÃO
27/04/11	21,2	23,3	2,75	7,00	9,0	63	0,030	1,0	48	3	5,2	<1,0	<1,00	6,04	4,44	16.191	11.220	0,0	OUTONO
30/06/11	11,7	17,4	1,95	6,90	6,5	45	0,010	1,0	40	6	230,0	17,0	<1,00	4,04	2,33	2.699	392	33,2	OUTONO
25/08/11	14,0	15,7	1,50	7,00	7,1	39	0,020	0,9	35	7	62,0	11,0	<1,00	5,02	1,47	1.859	340	0,6	INVERNO
26/10/11	19,1	21,1	1,25	6,60	7,3	52	0,010	1,9	42	8	1.400,0	3,0	<1,00	5,02	2,85	1.956	133	14,6	PRIMAVERA
13/12/11	21,1	26,0	1,60	7,30	7,3	54	0,030	2,7	35	2	150,0	<1,0	<1,00	6,96	4,22	11.281	2.749	17,4	PRIMAVERA
27/02/12	22,6	26,8	2,10	4,00	7,8	73	0,010	1,6	45	2	4,5	<1,8	<1,00	4,97	3,14	12.705	12.705	14,2	VERÃO
26/04/12	16,9	22,6	2,65	5,10	7,0	48	0,022	2,2	35	2	1.011,0	4,0	1,00	9,04	1,02	6.153	5.408	125,6	OUTONO
20/06/12	16,3	18,1	2,35	7,40	7,2	42	0,010	1,7	41	2	40,0	<1,0	<1,00	8,04	3,71	4.042	1.312	6,2	OUTONO
22/08/12	20,4	20,0	2,10	8,00	7,3	44	0,017	1,0	39	3	<1,8	<1,8	1,20	5,54	3,52	4.675	806	0,0	INVERNO
25/10/12	17,6	21,3	1,30	8,00	8,1	54	0,017	1,7	49	4	22,0	11,0	1,48	13,57	21,10	32.239	30.379	5,0	PRIMAVERA
02/12/12	24,3	26,2	0,80	8,90	9,5	61	0,017	2,4	58	5	550,0	<1,8	1,59	14,47	27,58	102.477	101.778	32,6	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Conductiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Clorofila-a (µg.L<sup>-1</sup>); Fitoplânc.: Densidade do Fitoplâncton total (células.mL<sup>-1</sup>); Cianobac.: Densidade de Cianobactérias (células.mL<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 5 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO FA\_5J, A JUSANTE O RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Pluvio.	Estação do Ano
05/05/05	17,4	22,8	1,80	5,00	7,0	60	0,020	1,2	51	4	790,0	7,8	2,74	5,44	0,0	OUTONO
05/07/05	17,2	16,9	1,80	5,80	6,8	54	0,040	1,3	57	15	200,0	2,0	< 1,00	3,92	93,4	INVERNO
04/10/05	19,0*	18,9*	0,89*	5,96*	6,5	42	0,040	1,7	51	13	110,0	1,0	4,95	10,00	78,0	PRIMAVERA
24/01/06	22,7	21,2	1,10*	4,14	6,6	45	0,020	0,5	42	6	260,0	< 1,0	7,49	16,64	14,6	VERÃO
06/04/06	19,7	23,5	1,00	3,42	6,7	62	0,020	2,7	49	4	9,2	< 1,8	5,60	13,50	0,0	OUTONO
10/07/06	17,1	18,5	0,90	7,73	7,1	71	0,010	1,3	54	3	35,0	1,0	2,98	7,50	3,8	INVERNO
05/10/06	21,0	17,4	0,60	6,50	7,3	81	0,010	2,6	57	2	7,8	< 1,8	< 2,00	8,00	11,0	PRIMAVERA
25/01/07	23,8	23,1	1,20	5,00	6,3	68	0,050	2,6	60	7	260,0	2,0	4,11	12,40	0,0	VERÃO
23/04/07	21,9	23,5	0,50	3,12	6,9	58	0,030	1,3	56	8	160,0	3,1	< 2,00	6,56	0,4	OUTONO
12/07/07	10,0	15,0	1,00	6,30	6,8	59	0,020	0,6	51	9	230,0	2,0	< 2,00	8,00	8,6	INVERNO
17/10/07	14,6	16,2	0,50	7,10	6,8	62	0,030	0,8	50	5	610,0	< 1,0	< 2,00	10,00	19,2	PRIMAVERA
17/01/08	20,9	22,8	0,80	3,70	6,8	51	0,030	1,3	53	8	6,8	< 1,8	< 2,00	16,00	0,0	VERÃO
09/04/08	21,6	23,3	1,30	4,84	7,1	63	0,030	1,7	56	7	150,0	< 1,0	< 2,00	7,00	0,0	OUTONO
16/07/08	14,7	15,6	1,40	7,82	7,1	58	0,030	2,3	53	8	120,0	< 1,0	< 2,00	12,29	0,0	INVERNO
09/10/08	13,0	17,4	0,80	6,15	7,0	60	0,030	1,1	53	6	170,0	4,0	< 2,00	18,13	0,0	PRIMAVERA
22/01/09	18,2	21,4	1,00	5,10	6,7	45	0,020	0,6	47	4	27,0	6,8	< 2,00	2,02	0,6	VERÃO
21/04/09	18,9	23,3	1,20	5,81	6,9	58	0,030	0,9	48	5	1,0	< 1,0	< 2,00	10,00	10,0	OUTONO
17/06/09	16,3	19,3	2,25	4,50	7,1	66	0,020	1,0	54	3	< 1,0	< 1,0	< 2,00	12,06	24,2	OUTONO
26/08/09	18,0	15,5	1,00	7,07	6,9	63	0,030	1,9	58	13	2,0	< 1,0	< 2,00	3,04	0,0	INVERNO
21/10/09	18,8	18,1	0,65	5,40	6,8	40	0,040	1,5	62	30	240,0	9,7	1,10	11,16	42,2	PRIMAVERA
16/12/09	22,6	20,7	0,85	3,70	6,7	47	0,030	1,5	48	14	2122,0*	12,7*	< 1,00	10,53	14,0	PRIMAVERA
24/02/10	22,3	23,9	1,10	3,99	6,7	44	0,290	0,8	47	10	520,0	4,1	< 1,00	9,11	7,4	VERÃO
28/04/10	15,0	20,8	0,50	7,00	7,1	51	0,020	1,8	51	10	490,0	6,2	< 1,00	1,50	4,8	OUTONO
01/07/10	17,0	16,2	1,25	6,00	6,7	43	0,020	1,9	48	9	49,0	11,0	< 1,00	3,04	0,0	INVERNO
26/08/10	19,5	14,8	1,00	6,10	6,9	51	0,020	2,6	50	13	< 1,8	< 1,8	< 1,00	2,03	0,0	INVERNO
20/10/10	22,6	18,2	1,10	6,70	7,2	64	0,030	2,4	71	11	17.000,0	70,0	< 1,00	8,09	0,0	PRIMAVERA
08/12/10	20,3	20,9	0,90	5,40	6,9	67	0,010	1,1	56	19	920,0	4,1	< 1,00	6,03	12,0	PRIMAVERA
23/02/11	21,8	23,1	0,70	4,40	7,0	45	0,030	2,0	50	14	1.900,0	74,0	< 1,00	15,07	39,8	VERÃO
27/04/11	16,3	20,9	1,60	4,40	7,0	48	0,030	1,1	49	9	4.600,0	200,0	< 1,00	10,07	0,0	OUTONO
29/06/11	16,9	9,6	2,00	6,00	6,4	62	0,020	1,7	51	5	65,0	< 1,0	< 1,00	11,11	7,6	OUTONO
25/08/11	11,8	14,7	0,60	7,80	7,0	44	0,030	1,4	52	19	130,0	25,0	< 1,00	7,03	0,0	INVERNO
26/10/11	16,0	16,7	0,85	5,80	6,8	41	0,010	1,5	43	13	690,0	2,0	1,11	8,04	25,8	PRIMAVERA
13/12/11	18,8	19,9	1,05	6,20	6,8	52	0,020	1,3	47	5	< 1,0	< 1,0	< 1,00	8,95	22,2	PRIMAVERA
27/02/12	22,4	23,6	1,80	3,70	8,1	93	0,010	2,2	68	4	9,4	< 1,8	< 1,00	4,97	12,8	VERÃO
26/04/12	16,1	22,3	0,70	4,60	7,0	65	0,032	1,7	53	7	1.011,0	219,0	< 1,00	10,05	121,4	OUTONO
20/06/12	15,6	16,6	0,85	8,60	7,3	63	0,430	1,7	59	7	320,0	2,0	< 1,00	7,54	0,0	OUTONO
21/08/12	15,9	15,2	1,20	5,50	6,8	50	0,023	1,1	55	6	13,0	< 1,8	< 1,00	12,60	0,0	INVERNO
24/10/12	18,3	18,2	1,50	6,80	6,5	52	0,023	2,5	48	5	1.300,0	33,0	1,19	6,03	43,8	PRIMAVERA
02/12/12	23,8	23,8	1,00	5,80	7,3	62	0,028	3,9	57	4	2.300,0	6,3	< 1,00	13,97	0,6	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 6 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO SE\_1M, A MONTANTE DO RESERVATÓRIO DE SEGREDO, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Conduktiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Pluvio.	Estação do Ano
16/03/05	18,9	23,3	2,40	4,80	7,0	56	0,020	1,2	48	4	610,0	3,1	2,60	5,40	0,0	VERÃO
15/06/05	17,9	17,5	0,80	5,83	6,7	54	0,040	1,8	58	17	730,0	24,0	1,26	3,6	91,8	OUTONO
15/09/05	16,2	16,3	0,75	8,70	7,3	53	0,040	1,1	60	15	13.000,0	2200,0	6,51	13,92	52,2	INVERNO
13/12/05	22,1	19,7	1,60	4,51	6,5	40	0,040	1,2	45	10	1.600,0	1,0	4,71	10,00	0,0	PRIMAVERA
02/03/06	21,6	23,4	2,00	3,65	6,8	55	0,020	1,7	49	3	240,0	1,8	5,14	11,00	23,2	VERÃO
01/06/06	18,4	19,9	1,30	5,48	6,9	67	0,020	1,1	51	4	< 1,8	< 1,8	< 2,00	11,00	0,0	OUTONO
21/09/06	17,4	17,5	1,50	5,87	7,0	79	0,010	2,6	52	3	130,0	< 1,8	< 2,00	6,00	14,4	INVERNO
30/11/06	21,6	20,2	1,00	5,50	7,7	70	0,040	3,6	65	7	7.900,0	< 1,8	2,44	17,48	0,2	PRIMAVERA
07/03/07	21,6	23,7	0,50	3,28	6,7	59	0,050	1,5	59	9	790,0	4,5	3,58	18,44	6,4	VERÃO
20/06/07	15,0	15,8	1,00	3,40	6,9	44	0,030	2,9	57	11	160,0	1,0	< 2,00	19,00	0,0	OUTONO
04/10/07	17,3	16,4	0,10	6,87	6,8	59	0,030	1,3	47	6	15,0	< 1,8	< 2,00	10,5	0,0	PRIMAVERA
13/12/07	20,6	20,8	0,50	4,50	6,9	51	0,040	1,7	61	13	1.100,0	11,0	7,32	13,05	0,8	PRIMAVERA
15/04/08	19,2	22,7	0,50	5,54	7,0	61	0,040	1,4	70	11	1.400,0	20,0	< 2,00	17,00	13,0	OUTONO
03/07/08	15,1	15,8	0,50	6,86	7,4	60	0,030	2,0	54	7	17,0	< 1,8	< 2,00	7,14	4,8	INVERNO
25/09/08	17,0	17,0	0,50	7,37	7,2	57	0,030	1,3	55	7	1,8	< 1,8	3,57	9,11	0,0	PRIMAVERA
10/12/08	19,9	19,5	1,25	8,20	6,7	45	0,030	1,3	65	8	150,0	< 1,0	< 2,00	21,10	6,8	PRIMAVERA
31/03/09	19,6	23,4	0,50	3,17	7,0	60	0,030	0,8	60	4	< 1	< 1,0	< 2,00	5,00	1,0	OUTONO
23/06/09	15,5	18,0	0,50	5,75	7,2	64	0,020	0,8	48	4	9.100,0	4,1	< 2,00	12,50	15,8	INVERNO
08/09/09	18,4	15,8	0,50	8,10	7,2	61	0,030	2,0	56	11	3766*	373*	2,47*	8,94*	121,8	INVERNO
07/12/09	22,4	20,6	0,50	6,60	7,1	45	0,030	2,4	49	14	1.600,0	10,0	< 1,00	10,20	1,8	PRIMAVERA
17/03/10	22,5	23,5	0,50	3,36	7,1	53	0,040	2,2	53	9	280,0	< 1,00	< 1,00	10,05	0,0	VERÃO
23/06/10	10,4	16,0	0,50	5,60	6,8	45	0,020	1,3	47	10	93,0	< 1,00	< 1,00	5,04	2,2	INVERNO
28/09/10	21,1	16,7	1,00	7,30	7,1	50	0,020	0,9	53	11	21.000,0	< 1,00	< 1,00	12,06	0,0	PRIMAVERA
14/12/10	16,9	21,1	0,75	5,00	6,7	60	0,080	0,9	71	23	5.500,0	41,0	1,03	16,08	16,6	PRIMAVERA
30/03/11	19,1	22,0	1,45	4,40	6,4	42	0,040	2,0	42	5	160,0	3,1	< 1,00	9,07	48,8	OUTONO
09/06/11	12,8	18,6	1,50	5,80	6,9	55	0,020	1,9	51	6	7,8	2,0	< 1,00	15,70	9,2	OUTONO
13/09/11	18,2	15,4	0,70	8,00	6,8	35	0,040	1,2	55	17	260,0	30,0	1,31	9,04	0,0	INVERNO
05/12/11	25,1	19,4	1,00	5,10	6,9	52	0,080	1,9	46	7	460,0	1,0	< 1,00	8,00	0,0	PRIMAVERA
06/03/12	21,7	23,5	1,05	4,50	6,9	59	0,030	2,4	40	5	< 1,8	< 1,8	< 1,00	2,97	0,0	VERÃO
20/06/12	15,6	16,6	0,85	8,60	6,0	46	0,037	1,9	64	8	1.700,0	30,0	1,00	10,55	0,2	OUTONO
19/09/12	19,0	16,7	1,50	6,60	6,0	47	0,022	1,4	47	4	1.700,0	< 1,8	< 1,00	11,56	31,0	PRIMAVERA
03/12/12	19,0	21,3	0,50	7,00	7,7	65	0,060	3,3	63	4	2.200,0	41,0	< 1,00	3,99	0,6	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Conduktiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 7 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO SE\_2R, TERÇO INICIAL DO RESERVATÓRIO DE SEGREDO, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	T ambiente	T água	Secchi	OD	pH	Conductiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.	Cianobac.	Pluvio.	Estação do Ano
15/03/05	20,5	23,9	1,75	5,70	7,2	59	0,020	1,0	45	3	240.000,0	<1,0	1,97	3,65	3,45	1.943	1.147	1,2	VERÃO
15/06/05	12,9	15,6	1,40	6,80	7,2	52	0,020	1,7	44	7	13,0	<1,0	1,80	3,60	8,69	7.476	5.873	121,8	OUTONO
13/09/05	11,9	16,1	0,80	8,60	7,2	50	0,030	2,0	50	9	920,0	27,0	6,99	13,92	2,19	7.111	5.079	95,8	INVERNO
12/12/05	20,0	20,2	1,00	6,90	6,7	34	0,030	0,8	46	8	730,0	2,0	2,93	8,00	6,43	4.469	1.504	0,0	PRIMAVERA
02/03/06	22,3	24,0	2,55	5,30	7,0	43	0,010	1,4	42	3	170,0	1,8	6,05	15,00	3,08	3.701	1.472	25,2	VERÃO
31/05/06	16,0	19,2	2,60	5,40	7,1	63	0,030	2,0	55	4	110,0	<1,0	<2,00	5,50	0,88	2.892	1.841	0,0	OUTONO
19/09/06	17,6*	16,8*	1,5*	6,84*	7,4	69	<0,010	1,6	46	3	1,0	<1,0	<2,00	2,00	3,37	3.667	694	0,0	INVERNO
29/11/06	22,8	24,9	1,15	7,90	8,4	39	0,020	2,7	47	6	200,0	1,0	<2,00	11,31	15,48	16.121	15.159	21,4	PRIMAVERA
07/03/07	22,0	25,0	1,25	7,40	7,1	56	0,030	1,6	52	5	1.300,0	2,0	2,96	30,04	15,18	34.876	22.951	1,0	VERÃO
18/06/07	17,0	17,2	1,35	6,20	7,2	51	0,030	2,0	49	9	78,0	3,1	<2,00	8,00	2,05	1.327	174	0,0	OUTONO
01/10/07	23,5	17,3	2,30	6,40	7,0	52	0,010	1,5	44	5	1.300,0	1,0	<2,00	9,00	1,76	1.100	220	0,0	PRIMAVERA
11/12/07	20,8	25,2	0,75	8,10	7,4	35	0,020	0,9	47	12	870,0	2,0	<2,00	11,04	3,84	3.037	2.288	60,0	PRIMAVERA
17/04/08	16,7	20,8	1,30	5,40	7,1	58	0,030	1,0	50	6	240,0	27,0	<2,00	15,00	3,15	3.100	1.082	50,4	OUTONO
02/07/08	12,3	16,2	1,65	6,00	7,3	56	0,030	2,1	51	7	56,0	6,3	<2,00	8,16	2,78	868	445	0,0	INVERNO
24/09/08	15,9	17,0	1,70	6,40	7,4	59	0,020	1,7	58	6	730,0	4,1	<2,00	7,08	4,24	1.175	404	1,0	PRIMAVERA
11/12/08	23,8	22,7	1,45	4,25	7,3	38	0,020	0,8	48	3	4,5	<1,8	<2,00	7,03	7,71	10.536	4.253	2,4	PRIMAVERA
01/04/09	28,0	25,3	2,00	5,60	7,3	60	0,030	0,8	59	3	280,0	2,0	<2,00	8,00	11,44	25.209	20.045	0,2	OUTONO
22/06/09	19,5	18,4	3,15	5,90	7,5	59	0,020	0,8	49	2	<1,0	<1,0	<2,00	10,00	2,14	2.390	723	0,0	INVERNO
10/09/09	17,6	16,7	0,55	7,50	7,3	41	0,040	1,3	62	23	7.900,0	3300,0	1,09	3,51	0,79	312	120	6,6	INVERNO
07/12/09	23,7	22,2	1,00	7,00	7,0	44	0,020	1,4	53	13	1.900,0	10,0	<1,00	11,22	4,07	6.335	5.922	1,2	PRIMAVERA
16/03/10	23,2	25,5	1,40	5,70	7,1	47	0,030	0,9	56	8	410,0	3,1	<1,00	9,04	7,23	6.661	4.039	0,0	VERÃO
22/06/10	16,4	16,6	1,00	5,90	7,0	42	0,020	0,8	46	11	9,7	<1,00	<1,00	2,52	0,64	1.220	680	30,0	INVERNO
29/09/10	22,8	18,2	1,40	7,30	7,1	47	0,010	1,3	42	7	40,0	<1,00	<1,00	15,07	2,75	1.700	86	0,0	PRIMAVERA
14/12/10	13,1	21,0	0,90	6,80	6,8	51	0,070	1,2	58	16	3.100,0	240,0	<1,00	10,50	1,42	1.594	1.154	11,2	PRIMAVERA
29/03/11	23,3	21,5	1,60	5,50	7,2	43	0,040	1,4	47	7	8,6	1,0	1,20	16,13	5,62	15.135	13.518	53,4	OUTONO
07/06/11	15,4	19,1	1,50	6,00	7,0	59	0,010	1,3	54	7	510,0	10,0	<1,00	5,04	1,04	1.122	224	39,8	OUTONO
13/09/11	22,2	16,3	0,70	8,90	7,0	35	0,030	1,2	54	17	120,0	14,0	<1,00	8,04	0,52	325	22	0,0	INVERNO
05/12/11	25,8	20,1	1,05	6,30	6,9	51	0,060	1,6	46	7	200,0	<1,00	<1,00	7,00	1,03	550	20	0,0	PRIMAVERA
06/03/12	25,4	24,3	1,55	5,70	7,0	57	0,020	2,0	48	4	1,8	<1,8	1,00	5,94	3,11	3.979	2.942	0,0	VERÃO
19/06/12	18,0	17,3	0,75	9,90	7,2	55	0,032	1,4	57	7	14.000,0	100,0	<1,00	12,06	2,16	954	539	17,0	OUTONO
19/09/12	18,5	18,4	1,60	6,30	6,4	43	0,030	1,8	45	4	1.300,0	7,8	<1,00	6,53	3,53	3.143	0	25,2	PRIMAVERA
03/12/12	21,3	23,7	1,25	8,20	7,7	57	0,026	3,1	53	3	31,0	20,0	<1,00	4,99	8,43	20.352	19.468	6,6	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Conductiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Clorofila-a (µg.L<sup>-1</sup>); Fitoplânc.: Densidade do Fitoplâncton total (células.mL<sup>-1</sup>); Cianobac.: Densidade de Cianobactérias (células.mL<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 8 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO SE\_3R, NAS PROXIMIDADES DA BARRAGEM DO RESERVATÓRIO DE SEGREDO, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	T ambiente	T água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.	Cianobac.	Pluvio.	Estação do Ano
15/03/05	25,5	25,0	3,45	6,80	7,5	47	0,010	0,9	40	2	420,0	1,0	1,09	2,08	3,85	890	694	0,8	VERÃO
13/06/05	20,1	20,7	3,60	7,60	7,3	51	0,010	0,9	41	3	13,0	1,0	<1,0	1,00	5,64	9.307	6.752	23,2	OUTONO
14/09/05	12,8	16,7	1,40	7,80	7,0	44	0,020	1,8	47	8	100*	6*	1,5*	8,7*	2,66	5.352	4.115	0,0	Inverno
12/12/05	24,3	24,2	2,40	6,70	7,4	31	0,020	0,8	37	4	1.400,0	1,0	4,98	10,00	5,72	3.986	2.554	0,0	PRIMAVERA
01/03/06	24,8	25,0	3,05	6,50	7,7	39	0,010	0,9	36	2	180,0	1,0	3,79	8,00	10,92	6.853	4.236	9,4	VERÃO
01/06/06	16,1	19,6	3,15	6,40	7,1	52	0,010	0,8	46	3	47,0	2,0	<2,00	13,50	4,56	3.817	2.597	0,0	OUTONO
19/09/06	19,3	19,2	3,60	7,60	7,3	55	0,010	1,5	42	2	<1,0	<1,0	<2,00	5,50	2,38	3.101	425	0,0	Inverno
27/11/06	23,8	24,0	3,00	8,40	9,5	56	<0,010	2,5	41	2	580,0	1,0	<2,00	7,20	4,87	10.348	5.338	1,4	PRIMAVERA
05/03/07	26,5	26,6	3,20	6,70	7,8	51	0,010	1,1	46	2	140,0	<1,8	<2,00	13,84	3,55	41.000	34.400	1,2	VERÃO
18/06/07	20,5	18,5	1,50	7,60	7,3	51	0,030	2,3	48	7	1,0	<1,0	<2,00	7,00	5,27	7.665	447	0,0	OUTONO
01/10/07	19,0	18,9	2,95	7,10	7,3	41	0,010	1,1	36	4	1.200,0	3,0	<2,00	11,00	2,78	1.946	909	0,6	PRIMAVERA
10/12/07	25,7	26,0	2,50	7,60	7,1	37	0,010	0,6	40	3	870,0	4,1	<2,00	6,02	3,10	5.838	3.878	1,8	PRIMAVERA
16/04/08	22,5	23,0	2,45	5,70	7,3	51	0,020	1,7	42	3	250,0	5,2	<2,00	7,00	4,79	9.336	6.965	0,4	OUTONO
03/07/08	17,9	17,0	1,00	7,40	7,3	53	0,020	1,5	47	6	33,0	2,0	<2,00	16,13	6,23	2.158	272	5,0	Inverno
22/09/08	13,0	17,8	1,80	5,06	7,5	48	0,020	0,9	43	4	7,4	<1,0	2,58	6,07	6,53	3.624	0	0,0	PRIMAVERA
08/12/08	25,9	24,6	1,50	11,35	8,5	38	0,030	1,7	38	6	280,0	2,0	<2,00	10,05	6,12	7.060	5.965	0,0	PRIMAVERA
31/03/09	24,9	26,8	3,15	6,30	8,6	53	0,010	1,0	54	1	<1,0	<1,0	<2,00	6,00	14,46	31.302	20.184	10,4	OUTONO
23/06/09	16,4	19,2	4,30	6,00	7,4	52	0,010	0,9	43	2	<1,0	<1,0	<2,00	11,00	5,16	6.515	2.514	31,4	Inverno
09/09/09	18,4	19,0	1,50	8,58	7,7	57	0,010	1,4	46	6	340,0	23,0	<1,00	5,51	3,95	5.622	3.911	86,4	Inverno
08/12/09	25,1	25,6	1,10	7,72	7,9	35	0,020	1,1	44	9	980,0	<1,0	1,38	13,68	6,36	13.615	10.918	25,8	PRIMAVERA
15/03/10	24,4	25,5	2,30	6,60	7,4	44	0,040	1,2	48	6	360,0	4,1	1,00	9,04	8,49	9.302	5.829	61,8	VERÃO
24/06/10	23,4	18,4	0,75	6,30	6,7	39	0,030	0,9	44	10	<1,8	<1,00	<1,00	6,04	2,32	2.100	189	0,0	Inverno
27/09/10	26,3	18,3	1,80	7,00	7,0	44	0,020	1,3	44	6	76,0	<1,00	<1,00	3,01	2,97	1.684	0	4,2	PRIMAVERA
15/12/10	18,2	22,1	1,60	7,70	7,0	54	0,050	1,1	47	8	730,0	2,0	<1,00	3,02	4,90	6.229	5.509	0,0	PRIMAVERA
30/03/11	23,3	24,6	1,80	7,30	7,3	51	0,030	1,9	44	9	140,0	<1,00	<1,00	6,05	6,93	16.253	11.083	35,2	OUTONO
08/06/11	13,8	19,3	2,30	6,60	7,0	52	0,010	1,9	50	5	150,0	<1,00	1,21	9,04	1,24	1.696	478	34,2	OUTONO
12/09/11	21,2	16,5	0,70	8,40	6,9	30	0,030	1,4	49	16	1.600,0	290,0	<1,00	8,02	0,32	224	27	0,0	Inverno
08/12/11	24,2	25,2	1,40	7,50	7,6	44	0,050	2,1	41	5	11,0	2,0	<1,00	6,94	2,50	2.504	338	0,8	PRIMAVERA
06/03/12	24,7	26,7	1,80	8,60	7,9	46	0,010	2,8	37	2	15,0	<1,8	1,79	4,95	4,04	17.422	15.293	0,0	VERÃO
18/06/12	18,2	18,3	1,40	7,60	7,1	48	0,023	2,8	45	3	190,0	<1,0	<1,00	8,04	5,85	2.450	712	54,0	OUTONO
17/09/12	24,8	23,3	1,60	7,80	6,6	45	0,029	0,9	42	4	23,0	<1,8	<1,00	10,08	2,61	1.554	3	0,0	PRIMAVERA
03/12/12	26,2	26,1	1,05	8,40	9,6	53	0,016	3,6	53	7	20,0	10,0	2,39	12,47	24,04	54.332	54.310	0,0	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Clorofila-a (µg.L<sup>-1</sup>); Fitoplânc.: Densidade do Fitoplâncton total (células.mL<sup>-1</sup>); Cianobac.: Densidade de Cianobactérias (células.mL<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 9 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO SE 4J, A JUSANTE O RESERVATÓRIO DE SEGREDO, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Pluvio.	Estação do Ano
15/03/05	21,1	23,0	2,80	5,30	7,0	48	0,010	0,7	39	2	46,0	<1,0	3,25	7,81	0,8	VERÃO
13/06/05	19,8	19,9	1,50	5,33	6,8	47	0,010	1,2	44	4	<1,0	<1,0	2,67	6,02	23,2	OUTONO
13/09/05	12,3	16,0	0,80	6,45	6,8	47	0,020	1,6	52	10	1810,0*	11,0*	1,60*	9,80*	0,0	INVERNO
12/12/05	21,4	21,6	0,80	5,84	6,7	32	0,030	1,0	39	6	520,0	<1,0	3,45	9,00	0,0	PRIMAVERA
01/03/06	25,0	23,0	1,80	4,79	7,1	39	0,010	1,2	39	3	22,0	<1,0	2,84	6,00	9,4	VERÃO
01/06/06	16,9	20,4	1,20	7,32	7,0	52	0,010	0,9	48	3	460,0	4,5	3,97	15,00	0,0	OUTONO
19/09/06	21,2	18,3	0,80	6,40	7,0	58	<0,010	1,2	44	2	<1,0	<1,0	2,60	8,50	0,0	INVERNO
27/11/06	26,0	21,2	0,50	5,80	7,5	65	0,010	2,9	52	3	550,0	7,4	<2,00	6,17	1,4	PRIMAVERA
05/03/07	26,7	24,5	0,70	3,88	7,0	53	0,020	1,0	45	3	790,0	49,0	4,19	11,86	1,2	VERÃO
19/06/07	19,3	17,3	1,50	6,00	7,1	46	0,030	1,9	46	9	140,0	1,0	<2,00	7,00	0,0	OUTONO
01/10/07	18,7	17,7	1,50	6,94	7,0	47	0,020	1,1	41	5	2.400,0	4,1	<2,00	7	0,6	PRIMAVERA
10/12/07	25,7	20,9	1,20	5,80	6,9	48	0,010	1,2	45	6	1.300,0	9,8	<2,00	5,02	1,8	PRIMAVERA
24/04/08	18,6	22,5	1,50	5,99	7,1	51	0,010	1,5	42	3	170,0	1,8	<2,00	3,00	0,0	OUTONO
03/07/08	17,0	16,4	0,60	7,45	6,9	46	0,020	1,8	42	6	280,0	14,0	<2,00	13,10	5,0	INVERNO
22/09/08	18,6	18,7	0,50	5,12	7,2	54	0,020	1,2	46	4	<1,0	<1,0	2,38	11,13	0,0	PRIMAVERA
08/12/08	25,4	21,0	0,40	6,08	7,0	42	0,020	0,7	42	6	170,0	<1,0	<2,00	7,03	0,0	PRIMAVERA
31/03/09	24,8	24,5	1,50	3,71	7,0	55	0,060	0,7	50	1	200,0	<1,0	<2,00	4,00	10,4	OUTONO
23/06/09	17,9	18,7	1,00	5,43	7,2	51	0,010	0,5	40	2	<1,0	<1,0	<2,00	14,00	31,4	INVERNO
09/09/09	18,6	16,4	0,60	7,65	7,2	62	0,020	1,6	55	9	870,0	50,0	<1,00	6,01	86,4	INVERNO
08/12/09	23,2	21,3	0,60	5,90	7,0	37	0,030	1,9	48	14	580,0	1,0	<1,00	13,68	25,8	PRIMAVERA
15/03/10	25,0	24,1	0,40	4,30	7,0	42	0,020	1,9	46	7	1.700,0	94,0	<1,00	8,04	61,8	VERÃO
24/06/10	23,0	17,9	0,50	5,20	6,7	37	0,020	0,8	44	9	<1,8	<1,8	<1,00	4,03	0,0	INVERNO
27/09/10	26,3	16,7	1,00	6,30	7,0	49	0,020	0,9	48	8	44,0	<1,00	<1,00	3,01	4,2	PRIMAVERA
15/12/10	18,4	21,2	1,00	6,50	7,0	54	0,040	0,8	46	9	1.600,0	14,0	<1,00	5,03	0,0	PRIMAVERA
30/03/11	23,5	23,1	1,00	5,50	6,9	42	0,040	1,3	38	7	520,0	<1,00	<1,00	10,08	35,2	OUTONO
08/06/11	15,6	19,2	1,20	6,15	7,1	54	0,010	1,9	40	5	150,0	<1,00	1,4	7,03	34,2	OUTONO
12/09/11	22,0	15,5	0,70	7,20	7,0	42	0,040	1,7	53	15	<1,00	<1,00	<1,00	13,03	0,0	INVERNO
08/12/11	24,2	20,8	0,50	5,20	6,9	42	0,050	1,8	45	6	49,0	<1,80	<1,00	4,96	0,8	PRIMAVERA
06/03/12	27,0	24,1	0,80	4,60	7,2	53	0,010	2,5	41	3	790,0	11,0	1,59	3,96	0,0	VERÃO
16/06/12	17,8	17,9	1,00	7,20	6,8	50	0,026	1,1	51	5	1.200,0	2,0	<1,00	10,55	0,0	OUTONO
17/09/12	29,6	19,4	1,00	6,70	6,5	45	0,027	0,8	42	5	45,0	<1,8	<1,00	11,59	0,0	PRIMAVERA
03/12/12	28,2	21,4	0,50	6,77	7,2	53	0,017	3,0	45	2	1.000,0	10,0	<1,00	10,98	0,0	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 10 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_1M, A MONTANTE DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Pluvio.	Estação do Ano
01/03/05	22,9	24,0	2,80	5,70	6,9	47	0,010	0,8	43	3	260,0	< 1,0	< 1,0	1,40	0,0	VERÃO
02/06/05	22,8	21,8	1,95	7,27	7,1	46	0,010	0,9	39	5	330,0	33,0	6,06	16,32	0,0	OUTONO
22/08/05	22,0	18,3	1,85	7,70	6,7	42	< 0,010	1,3	29	3	< 1,0	< 1,0	2,99	7,28	0,0	INVERNO
22/11/05	26,6	21,4	0,90	8,74	7,0	37	0,020	1,3	43	8	730,0	2,0	6,79	16,00	0,0	PRIMAVERA
09/02/06	24,6	24,0	1,60	6,22	6,8	36	0,020	1,5	38	4	3.300,0	23,0	4,40	10,00	19,8	VERÃO
16/05/06	17,5	21,7	2,00	6,17	7,1	74	0,010	0,9	44	2	1,0	< 1,0	4,57	9,50	0,0	OUTONO
24/08/06	23,3	19,5	2,00	7,74	7,3	48	0,010	0,8	36	1	490,0	1,8	< 2,00	4,50	0,0	INVERNO
13/11/06	25,5	23,0	1,20	7,45	7,5	50	< 0,01	0,6	38	2	230,0	4,0	< 2,00	1,49	0,0	PRIMAVERA
22/02/07	24,0	25,7	2,15	5,68	6,9	60	< 0,010	1,3	46	2	5059*	63*	2,00*	8,00*	10,0	VERÃO
22/05/07	19,5	21,5	1,00	8,55	7,5	48	0,030	1,5	51	9	1.200,0	44,0	< 2,00	9,07	71,8	OUTONO
28/08/07	13,5	17,2	1,45	8,10	7,2	44	0,020	1,5	41	4	19,0	< 1,0	< 2,00	7,00	7,2	INVERNO
29/11/07	23,0	22,5	3,45	6,50	6,8	46	0,020	1,3	41	3	230,0	2,0	< 2,00	7,00	0,0	PRIMAVERA
26/03/08	26,3	25,1	1,50	5,15	7,1	52	< 0,010	0,9	41	2	98,0	< 1,0	< 2,00	9,00	0,0	VERÃO
29/05/08	16,8	21,2	2,50	9,00	7,3	47	0,010	0,9	42	3	2.200,0	4,5	< 2,00	2,00	13,8	OUTONO
26/08/08	18,7*	19,1	1,00	8,26	7,3	47	0,010	1,2	45	4	28,0	< 1,0	< 2,00	7,17	0,0	INVERNO
24/11/08	26,5	23,4	1,00	9,10	7,2	45	0,020	0,6	69	3	22,0	< 1,0	< 2,00	6,03	0,0	PRIMAVERA
19/03/09	22,0	24,9	2,65	5,20	7,1	42	0,010	0,8	36	2	6,8	1,8	< 2,00	6,00	0,0	VERÃO
27/05/09	18,7	22,3	2,95	6,50	7,0	45	< 0,010	1,2	35	2	25,0	< 1,0	3,98	5,97	25,8	OUTONO
04/08/09	21,9	17,9	2,70	6,70	7,4	45	0,030	1,0	44	4	< 1,0	< 1,0	< 2,00	3,04	0,0	INVERNO
18/11/09	27,8	21,6	1,30	7,60	7,1	40	0,040	1,8	44	12	200,0	6,3	< 1,00	7,09	0,0	PRIMAVERA
03/03/10	21,6	24,9	2,00	6,60	7,3	43	< 0,02	0,8	37	5	690,0	< 1,0	< 1,00	10,07	0,0	VERÃO
10/05/10	18,5	21,2	0,95	9,60	7,4	44	0,030	0,9	43	11	270,0	1,0	< 1,00	9,04	0,0	OUTONO
18/08/10	14,8	17,3	1,80	8,10	6,9	42	0,020	4,8	39	7	25,0	< 1,8	< 1,00	12,18	0,0	INVERNO
17/11/10	26,8	20,2	2,50	7,50	6,7	49	0,010	2,0	39	5	23,0	< 1,0	< 1,00	< 2,00	0,0	PRIMAVERA
16/02/11	26,7	23,3	1,30	8,00	7,3	47	0,030	1,3	47	8	26.000,0	410,0	< 1,00	15,70	0,0	VERÃO
09/05/11	23,6	22,9	2,50	6,40	7,3	42	0,010	1,2	39	4	70,0	< 1,8	< 1,00	3,01	0,0	OUTONO
18/08/11	17,5	17,6	1,45	10,60	7,6	90	< 0,010	1,2	57	6	1.300,0	330,0	< 1,00	8,02	101,6	INVERNO
28/11/11	26,2	21,1	1,00	6,80	6,8	36	0,020	2,9	47	6	9,5	< 1,0	< 1,00	9,04	0,0	PRIMAVERA
07/02/12	26,2	23,7	1,70	6,20	6,5	38	0,010	1,9	39	2	< 1,8	< 1,8	< 1,00	2,98	0,0	VERÃO
07/05/12	22,4	22,6	1,50	6,50	6,4	52	< 0,010	1,4	39	2	79,0	12,0	1,10	6,03	0,0	OUTONO
28/08/12	17,6	18,4	1,40	7,60	7,3	44	0,016	0,6	55	3	17,0	< 1,8	< 1,00	6,02	4,2	INVERNO
20/11/12	21,8	22,3	0,90	6,70	7,1	45	0,014	3,9	36	2	770,0	< 1,0	< 1,00	12,93	0,0	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.



TABELA A 11 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_2, NO TERÇO INICIAL DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Pluvio.	Estação do Ano
01/03/05	24,2	26,2	1,05	7,60	8,1	44	0,010	0,8	41	4	690,0	2,0	2,13	5,14	0,0	VERÃO
02/06/05	23,0	22,1	1,75	7,51	7,2	45	0,010	0,8	41	8	130,0	< 1,8	2,93	5,44	0,0	OUTONO
22/08/05	22,5	18,0	2,55	7,81	7,2	39	0,010	1,0	29	4	24,0	< 1,0	2,46	5,20	0,0	INVERNO
22/11/05	26,5	26,6	1,05	7,60	7,2	37	0,020	1,4	36	6	2,0	< 1,0	9,74	22,00	0,0	PRIMAVERA
09/02/06	25,4	27,6	1,90	6,95	7,4	44	0,020	1,1	69	5	8,3	< 1,8	4,49	12,00	19,8	VERÃO
16/05/06	17,6	22,4	2,80	6,34	8,2	60	0,010	1,3	44	2	< 1,0	< 1,0	3,85	10,50	0,0	OUTONO
24/08/06	23,5	22,0	2,30	7,44	7,7	51	0,030	1,4	35	4	35.000,0	3.300,0	< 2,00	7,00	0,0	INVERNO
13/11/06	25,1	24,5	2,25	7,98	8,0	50	0,030	0,9	36	3	460,0	1,8	< 2,00	5,04	0,0	PRIMAVERA
22/02/07	24,7	26,7	1,55	6,02	6,9	55	< 0,010	0,7	42	3	10653,0*	359,0*	2,00*	9,00*	10,0	VERÃO
22/05/07	20,4	21,2	0,40	7,91	7,7	47	0,050	1,5	61	23	5.800,0	800,0	< 2,00	8,57	71,8	OUTONO
28/08/07	13,0	17,5	2,15	8,20	7,2	42	0,010	1,1	42	4	340,0	1,0	< 2,00	9,00	25,8	INVERNO
29/11/07	24,0	24,5	1,65	7,20	7,2	42	0,020	1,0	42	5	79,0	13,0	< 2,00	5,00	0,0	PRIMAVERA
26/03/08	27,8	28,5	2,95	5,86	7,5	52	0,010	0,9	41	2	< 1,0	< 1,0	< 2,00	10,00	0,0	VERÃO
29/05/08	17,0	21,2	2,35	8,70	7,2	47	0,010	0,6	43	3	330,0	6,8	< 2,00	3,00	13,8	OUTONO
26/08/08	25,1	20,6	2,50	8,42	7,4	44	0,020	1,5	44	6	520,0	11,0	< 2,00	8,19	0,0	INVERNO
27/11/08	24,3	23,1	1,79*	12,20	7,2	43	0,020	1,6	38	3	110,0	2,0	< 2,00	14,07	0,0	PRIMAVERA
19/03/09	23,9	26,1	2,25	5,50	7,0	46	0,010	< 0,5	42	2	< 1,8	< 1,8	< 2,00	12,00	0,0	VERÃO
27/05/09	18,9	22,4	3,15	5,50	7,0	44	< 0,010	1,3	38	2	1,0	< 1,0	< 2,00	7,03	7,2	OUTONO
04/08/09	20,8	17,1	0,15	8,20	7,3	38	0,020	2,5	101	139	28.000,0	4.000,0	< 2,00	7,10	0,0	INVERNO
18/11/09	28,0	28,0	1,00	6,40	7,2	42	0,030	1,5	47	16	170,0	< 1,0	< 1,00	8,10	0,0	PRIMAVERA
03/03/10	22,5	25,7	1,00	6,70	7,4	44	< 0,020	1,9	37	6	870,0	4,1	1,00	10,58	0,0	VERÃO
10/05/10	19,4	21,9	0,60	8,70	7,3	44	0,040	1,9	49	18	5.300,0	100,0	< 1,00	6,03	0,0	OUTONO
18/08/10	15,0	17,4	1,60	8,00	7,0	40	0,010	1,4	38	7	31,0	4,0	1,60	3,04	0,0	INVERNO
17/11/10	23,1	22,5	3,00	7,20	7,1	48	0,020	1,1	45	5	920,0	< 1,0	1,19	7,08	0,0	PRIMAVERA
16/02/11	23,2	23,8	0,60	6,70	7,4	44	0,060	1,4	57	23	73.000,0	2.500,0	< 1,00	8,04	0,0	VERÃO
09/05/11	23,3	23,8	3,10	6,50	7,2	41	0,020	1,5	42	4	33,0	2,0	< 1,00	4,20	0,0	OUTONO
18/08/11	17,5	17,9	1,20	9,70	8,3	57	0,010	1,3	45	7	4.900,0	490,0	< 1,00	9,02	101,6	INVERNO
28/11/11	27,2	24,5	1,55	6,70	7,4	40	< 0,010	1,6	42	6	< 1,0	< 1,0	< 1,00	7,03	0,0	PRIMAVERA
07/02/12	23,6	27,8	1,80	7,20	7,6	43	0,020	2,2	42	2	< 1,80	< 1,80	< 1,00	< 2,00	0,0	VERÃO
07/05/12	22,2	24,0	2,10	8,30	7,3	51	0,010	1,8	42	2	33,0	2,0	1,90	5,02	0,0	OUTONO
28/08/12	15,6	19,0	1,60	7,80	7,3	44	0,015	0,8	37	3	22,0	4,0	< 1,00	3,51	4,2	INVERNO
20/11/12	20,5	24,1	2,00	6,60	7,2	45	0,020	3,1	34	2	110,0	< 1,0	< 1,00	13,93	0,0	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 12 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_3R, NO TERÇO MÉDIO DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	T ambiente	T água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.	Cianobac.	Pluvio.	Estação do Ano
01/03/05	23,0	26,8	2,80	7,90	7,7	43	0,010	1,1	34	2	2.400,0	<1,0	1,85	3,74	2,29	20.127	17.451	0,0	VERÃO
02/06/05	19,0	21,9	2,50	6,10	7,2	45	0,010	1,5	38	5	33,0	2,0	3,15	10,88	1,72	6.190	5.830	0,0	OUTONO
23/08/05	18,3	19,8	3,10	8,00	7,3	39	0,010	2,0	31	7	3,1	<1,0	3,62	8,32	3,65	7.657	2.973	1,8	INVERNO
22/11/05	24,5	25,0	1,30	9,00	7,6	37	0,020	1,4	39	7	5.600,0	<1,0	9,26	19,00	3,83	3.466	1.945	0,0	PRIMAVERA
08/02/06	29,5	28,3	3,30	7,90	7,6	40	0,010	1,2	37	3	<1,0	<1,0	4,65	10,00	3,56	14.480	10.641	19,8	VERÃO
17/05/06	14,1	21,1	3,20	6,00	7,0	41	0,010	1,3	35	3	<1,0	<1,0	2,77	6,00	0,79	2.320	1.966	0,0	OUTONO
23/08/06	10,8	19,1	4,60	7,30	7,7	45	0,010	1,4	36	1	140,0	1,0	<2,00	7,00	1,95	4.506	3.646	0,0	INVERNO
13/11/06	26,0	24,0	3,65	7,50	7,7	49	0,020	2,0	38	2	330,0	2,0	<2,00	6,93	4,47	24.468	20.264	0,0	PRIMAVERA
22/02/07	25,0	27,0	3,65	7,10	7,1	56	0,030	1,0	42	2	1005,0*	26,8*	2,00*	7,00*	4,56	98.057	94.395	10,0	VERÃO
23/05/07	16,0	20,7	0,50	9,00	7,6	45	0,040	1,2	59	22	7.300,0	960,0	<2,00	8,57	1,01	1.358	1.216	7,2	OUTONO
29/08/07	13,2	17,8	2,90	8,30	7,2	46	0,020	1,4	44	4	610,0	<1,0	<2,00	8,50	3,00	1.710	0	0,2	INVERNO
27/11/07	30,1	27,6	1,60	8,20	8,2	40	0,020	2,4	41	7	32,0	<1,0	<2,00	2,00	3,00	30.588	29.991	0,0	PRIMAVERA
27/03/08	22,0	26,0	4,15	6,30	7,7	53	<0,010	1,5	42	1	21,0	<1,8	<2,00	13,00	2,20	41.970	36.990	0,0	VERÃO
28/05/08	21,0	21,9	3,70	8,90	7,6	47	0,010	0,9	40	2	<1,0	<1,0	<2,00	5,00	3,54	2.538	1.558	7,4	OUTONO
27/08/08	24,2	22,5	1,80	7,68	7,5	46	0,020	1,2	44	6	1.600,0	<1,0	<2,00	14,34	3,54	1.335	178	0,0	INVERNO
25/11/08	36,3	25,1	2,20	12,04	7,7	45	0,020	1,7	42	3	19,0	<1,0	<2,00	3,01	2,70	2.056	1.753	0,0	PRIMAVERA
18/03/09	24,4	28,0	3,60	6,00	7,5	54	<0,010	0,5	36	1	<1,0	<1,0	<2,00	5,00	2,29	29.171	23.319	0,0	VERÃO
26/05/09	20,6	23,4	5,00	4,70	7,0	43	<0,010	0,5	36	2	<1,0	<1,0	<2,00	10,15	1,47	1.583	943	70,2	OUTONO
05/08/09	19,1	18,0	2,30	7,70	7,6	42	0,010	4,6	39	5	4,1	<1,0	<2,00	4,06	1,69	3.784	1.512	0,0	INVERNO
18/11/09	25,8	26,2	1,70	7,80	7,5	43	0,020	2,2	40	9	20,0	<1,0	<1,00	7,59	5,83	8.167	2.210	0,0	PRIMAVERA
02/03/10	23,3	26,3	1,20	7,30	7,4	44	<0,02	1,7	37	5	5,1	<1,0	1,50	3,02	2,68	4.555	806	0,0	VERÃO
11/05/10	15,1	21,3	0,95	8,90	7,2	44	0,030	1,6	39	12	2.000,0	37,0	<1,00	12,06	1,22	909	665	0,0	OUTONO
17/08/10	14,5	17,3	1,85	7,80	7,4	38	0,020	2,7	36	7	140,0	<1,0	1,60	3,04	0,73	2.127	59	0,0	INVERNO
18/11/10	20,9	23,8	3,25	7,50	7,5	52	0,010	1,3	43	5	1.600,0	<1,8	<1,00	5,05	2,46	2.656	112	1,4	PRIMAVERA
15/02/11	21,4	24,6	0,90	8,20	7,2	52	0,030	1,0	48	11	4.600,0	180,0	<1,00	9,04	1,02	1.717	1.289	0,0	VERÃO
10/05/11	22,6	23,9	3,05	7,20	7,4	41	0,030	1,0	45	4	4.600,0	<1,0	<1,00	6,04	5,79	7.445	165	0,0	OUTONO
17/08/11	19,7	18,2	1,50	10,20	7,3	47	<0,010	1,1	45	7	3,1	<1,0	<1,00	5,01	2,31	3.633	277	0,0	INVERNO
29/11/11	25,2	25,6	1,50	8,30	6,8	40	<0,010	2,3	44	5	<1,0	<1,0	1,01	5,02	4,03	4.995	3.088	0,0	PRIMAVERA
08/02/12	23,0	30,2	3,05	7,80	7,6	44	0,010	1,7	32	1	4,0	<1,80	<1,00	3,98	3,12	40.249	33.422	0,0	VERÃO
08/05/12	21,6	23,4	2,00	6,60	7,1	50	0,011	1,4	37	2	450,0	20,0	1,20	9,04	1,03	1.531	153	0,0	OUTONO
29/08/12	13,8	19,4	2,00	8,08	7,3	48	0,016	1,1	47	3	2.800,0	<1,8	<1,00	6,52	1,79	1.200	0	3,4	INVERNO
20/11/12	27,0	26,0	2,00	8,20	7,9	46	0,025	3,0	39	2	130,0	<1	<1,00	10,94	5,36	3.455	1.367	0,0	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Clorofila-a (µg.L<sup>-1</sup>); Fitoplanc.: Densidade do Fitoplâncton total (células.mL<sup>-1</sup>); Cianobac.: Densidade de Cianobactérias (células.mL<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 13 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_4R, NO TERÇO MÉDIO DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Pluvio.	Estação do Ano
02/03/05	23,5	22,5	2,60	7,50	7,8	42	0,010	0,8	36	2	160,0	3,0	2,90	6,07	0,0	VERÃO
01/06/05	19,1	22,2	2,90	6,37	7,1	46	<0,010	<0,5	39	4	6,3	<1	4,64	11,44	0,0	OUTONO
24/08/05	18,2	19,4	2,80	8,62	7,3	43	0,020	1,8	38	6	1,0	<1	5,99	16,64	9,0	INVERNO
24/11/05	26,4	26,6	1,35	7,71	8,7	38	0,020	1,4	38	6	72,0	<1,8	3,97	8,32	0,0	PRIMAVERA
08/02/06	29,9	29,5	2,80	7,36	7,5	38	0,010	0,9	37	3	360,0	<1	5,40	15,00	9,2	VERÃO
18/05/06	15,6	22,1	3,30	6,33	6,9	42	0,010	1,4	36	2	130,0	<1,8	4,76	12,00	0,0	OUTONO
22/08/06	19,9	20,5	5,20	7,84	7,0	47	<0,010	1,1	37	1	44,0	<1	6,73	21,00	0,0	INVERNO
13/11/06	24,8	25,1	3,40	6,80	8,1	49	0,010	1,1	37	2	4,5	<1,8	<2,00	5,65	0,0	PRIMAVERA
22/02/07	29,5	28,3	2,75	7,30	7,0	54	<0,010	0,9	43	3	2243*	7,2*	2,00*	10,00*	0,4	VERÃO
24/05/07	11,5	20,9	0,55	7,42	7,5	44	0,030	0,9	49	18	3.300,0	280,0	<2,00	6,05	0,0	OUTONO
29/08/07	18,0	18,8	2,60	7,90	7,5	47	0,010	1,2	43	4	6.100,0	<1	<2,00	6,00	0,0	INVERNO
28/11/07	26,2	27,5	3,00	7,90	8,5	44	0,020	0,8	36	4	<1	<1	<2,00	6,00	0,0	PRIMAVERA
27/03/08	25,0	26,2	4,20	6,20	7,4	50	<0,010	1,2	37	2	170,0	<1,8	<2,00	15,00	0,0	VERÃO
29/05/08	15,3	21,2	3,00	10,10	7,3	47	0,010	0,6	44	3	3.500,0	1,8	<2,00	2,00	30,6	OUTONO
28/08/08	30,5	23,4	2,45	6,51	7,5	47	0,020	1,7	42	4	230,0	2,0	<2,00	4,10	0,4	INVERNO
24/11/08	27,6	27,9	1,50	8,70	7,4	44	0,030	1,0	53	3	150,0	<1	<2,00	4,08	0,0	PRIMAVERA
18/03/09	25,0	29,6	2,00	6,68	8,0	51	0,010	<0,5	37	2	<1	<1	<2,00	5,00	0,0	VERÃO
26/05/09	21,2	23,5	5,00	5,10	7,0	43	0,010	1,8	37	1	<1	<1	<2,00	14,21	54,8	OUTONO
04/08/09	13,3	17,8	3,00	7,90	7,5	46	0,010	1,8	42	3	22,0	1,0	<2,00	5,07	0,0	INVERNO
17/11/09	26,6	25,6	0,70	7,30	7,4	42	0,030	1,6	54	18	9.200,0	640,0	<1,00	4,03	0,0	PRIMAVERA
02/03/10	26,1	27,7	1,80	7,00	7,4	43	<0,020	0,7	46	10	2.000,0	1,0	<1,00	3,02	0,0	VERÃO
11/05/10	18,1	22,4	1,50	8,60	7,3	45	0,020	1,4	43	8	490,0	5,2	<1,00	8,04	1,0	OUTONO
17/08/10	20,4	19,5	1,90	8,50	7,4	41	0,010	1,3	41	10	210,0	<1	1,10	2,03	0,0	INVERNO
18/11/10	27,5	25,4	3,25	7,50	7,3	51	<0,010	2,4	39	4	3.500,0	2,0	<1,00	3,03	0,0	PRIMAVERA
15/02/11	24,7	26,5	1,60	6,50	7,3	48	0,020	0,8	47	8	13.000,0	41,0	1,09	18,09	0,0	VERÃO
10/05/11	26,0	24,1	2,70	7,20	7,3	42	0,020	1,0	40	4	2.700,0	10,0	<1,00	7,05	0,0	OUTONO
15/08/11	23,4	20,5	2,00	11,00	7,7	51	<0,010	1,5	40	5	30,0	2,0	<1,00	<2,00	0,0	INVERNO
29/11/11	27,5	28,7	1,50	7,00	7,3	40	<0,010	1,8	41	4	220,0	2,0	<1,00	4,02	0,0	PRIMAVERA
08/02/12	29,2	31,6	2,55	6,60	8,5	42	0,010	3,0	30	2	9,0	<1,80	<1,00	4,97	0,0	VERÃO
09/05/12	18,2	22,5	1,80	6,20	7,0	47	0,022	1,7	38	4	3.100,0	<1	<1,00	3,98	0,0	OUTONO
29/08/12	15,5	19,7	2,00	8,20	7,4	43	0,017	1,3	40	2	2.300,0	<1,8	<1,00	11,03	0,0	INVERNO
22/11/12	24,7	27,2	2,50	7,80	7,6	46	0,020	3,9	42	2	5.200,0	<1	1,50	11,05	2,4	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 14 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_5R, NAS PROXIMIDADES DA BARRAGEM DO RESERVATÓRIO DE CAXIAS, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	T ambiente	T água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.	Cianobac.	Pluvio.	Estação do Ano
02/03/05	28,8	28,0	3,00	6,90	7,9	42	0,010	0,7	36	2	480,0	<1,0	2,10	4,67	4,08	20.105	17.800	0,0	VERÃO
01/06/05	19,1	22,0	2,60	6,20	7,1	43	0,010	0,6	36	4	11,0	<1,0	2,68	5,20	1,81	4.664	2.919	0,0	OUTONO
24/08/05	17,8	19,1	3,00	8,10	7,4	42	<0,010	1,1	38	6	690,0	<1,0	4,19	14,56	3,15	57.761	54.778	9,0	INVERNO
24/11/05	24,1	26,1	1,39	8,50	8,3	36	0,020	1,5	36	7	240,0	<1,8	8,31	20,80	9,36	16.061	15.334	0,0	PRIMAVERA
08/02/06	25,0	28,8	3,35	7,40	7,7	39	<0,010	1,0	37	2	210,0	<1,0	5,39	11,00	4,04	32.375	27.582	9,2	VERÃO
18/05/06	15,3	21,5	4,50	5,90	6,9	42	0,010	1,9	36	2	240,0	<1,8	5,14	13,00	1,04	5.472	4.742	0,0	OUTONO
22/08/06	17,9	19,8	3,90	7,50	7,2	48	<0,010	0,9	38	1	23,0	<1,0	2,21	11,50	0,96	3.515	2.873	0,0	INVERNO
13/11/06	25,0	25,0	4,85	6,70	8,2	48	0,010	1,4	39	2	17,0	1,8	<2,00	5,14	3,71	69.489	65.984	0,0	PRIMAVERA
22/02/07	30,0	28,0	2,40	7,40	7,6	54	0,010	1,1	40	3	758*	3,2*	2,00*	9,00*	10,03	150.900	135.996	0,4	VERÃO
24/05/07	14,0	20,9	0,70	7,90	7,5	46	0,030	1,3	46	13	3.500,0	64,0	<2,00	7,06	0,90	3.985	3.642	0,0	OUTONO
29/08/07	20,0	17,7	3,20	7,60	7,2	47	0,010	1,4	41	4	230,0	<1,0	<2,00	4,00	3,05	2.076	0	0,0	INVERNO
28/11/07	28,0	26,7	3,55	8,40	8,4	46	0,010	1,0	39	3	52,0	<1,0	<2,00	4,00	3,88	103.315	100.754	0,0	PRIMAVERA
27/03/08	28,8	26,1	4,90	6,80	7,5	52	0,010	1,1	40	1	14,0	<1,8	<2,00	14,00	2,78	75.437	73.366	0,0	VERÃO
28/05/08	26,0	22,2	3,65	9,20	7,4	48	<0,010	1,1	40	2	<1,0	<1,0	<2,00	3,00	2,28	9.980	7.541	29,0	OUTONO
28/08/08	25,7	23,8	3,10	7,48	7,5	46	0,010	1,2	40	3	2.400,0	<1,8	<2,00	5,12	2,29	1.467	413	0,4	INVERNO
26/11/08	29,0	25,2	2,60	11,65	7,5	44	0,020	1,9	42	3	23,0	<1,0	<2,00	12,06	3,10	11.047	9.977	0,0	PRIMAVERA
18/03/09	30,6	28,5	3,00	7,90	8,5	51	0,010	0,6	37	1	<1,0	<1,0	<2,00	6,00	6,57	67.127	52.964	0,0	VERÃO
26/05/09	20,6	23,5	5,00	5,00	7,0	43	<0,010	0,6	35	1	<1,0	<1,0	<2,00	7,11	2,50	6.181	3.997	54,8	OUTONO
05/08/09	25,0	18,6	3,00	7,40	7,5	44	<0,010	3,8	38	5	<1,0	<1,0	<2,00	5,07	3,04	8.151	220	0,0	INVERNO
17/11/09	28,0	26,0	2,00	7,70	7,5	43	0,020	1,8	41	7	200,0	<1,0	1,20	12,09	3,24	2.958	63	0,0	PRIMAVERA
02/03/10	24,1	27,5	2,45	7,40	7,5	43	<0,02	0,8	37	4	1.700,0	<1,0	<1,00	4,03	2,78	9.117	2.973	0,0	VERÃO
11/05/10	17,1	21,9	1,20	8,20	7,2	45	0,020	0,8	47	8	84,0	<1,0	<1,00	10,05	1,20	628	390	1,0	OUTONO
17/08/10	19,0	18,0	1,85	7,90	8,2	52	0,020	2,2	45	7	<1,0	<1,0	1,19	4,06	0,77	2.709	969	0,0	INVERNO
18/11/10	23,5	24,4	3,95	7,20	7,4	51	0,010	1,5	36	3	2.400,0	4,5	<1,00	11,12	2,79	1.664	0	0,0	PRIMAVERA
15/02/11	24,8	26,8	1,60	7,30	7,3	47	0,020	1,3	46	6	2.900,0	10,0	<1,00	21,10	4,11	8.399	6.422	0,0	VERÃO
10/05/11	24,5	24,4	2,50	8,10	7,7	41	0,020	1,2	42	4	4.100,0	1,0	1,21	6,04	8,77	20.792	1.360	0,0	OUTONO
15/08/11	23,1	20,5	2,15	9,00	7,7	48	<0,010	1,1	42	6	5,2	<1,0	<1,00	2,98	3,52	8.228	0	0,0	INVERNO
29/11/11	27,8	26,1	2,40	6,90	7,6	40	0,020	1,3	39	4	<1,0	<1,0	<1,00	5,02	1,71	2.976	1.931	0,0	PRIMAVERA
08/02/12	26,6	30,4	3,20	7,80	8,7	42	0,010	2,7	35	1	<1,80	<1,8	<1,00	3,98	3,23	68.962	1.400	0,0	VERÃO
09/05/12	24,4	23,3	3,70	6,90	7,1	46	0,010	1,2	37	1	550,0	<1,0	<1,00	5,97	2,27	3.291	1.011	0,0	OUTONO
29/08/12	19,1	20,0	2,00	7,60	7,4	48	0,014	1,0	36	2	1.300,0	<1,8	<1,00	9,53	2,22	1.425	0	2,4	INVERNO
22/11/12	30,4	27,9	2,30	8,10	8,3	47	0,019	4,4	41	2	17.000,0	<1,0	<1,00	10,55	4,53	29.214	12.413	0,0	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Clorofila-a (µg.L<sup>-1</sup>); Fitoplânc.: Densidade do Fitoplâncton total (células.mL<sup>-1</sup>); Cianobac.: Densidade de Cianobactérias (células.mL<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

TABELA A 15 - TABELA DE DADOS BRUTOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_6J, A JUSANTE O RESERVATÓRIO DE CAXIAS, DE 2005 A 2012.

Data da coleta	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Totais	Coli. Termot.	DBO	DQO	Pluvio.	Estação do Ano
02/03/05	27,6	25,1	2,00	5,70	7,0	42	<0,010	1,0	31	1	430,0	3,1	<1,00	1,40	0,0	VERÃO
01/06/05	20,4	21,6	1,00	5,76	6,9	46	0,010	1,3	40	7	40,0	<1,0	2,97	7,56	0,0	OUTONO
24/08/05	19,9	18,3	1,50	6,35	7,1	43	<0,010	1,4	40	5	120,0	<1,0	5,68	15,60	9,0	INVERNO
24/11/05	25,6	22,1	1,10	8,70	7,2	37	0,020	1,4	48	9	3.300,0	7,8	7,45	16,64	0,0	PRIMAVERA
08/02/06	28,9	24,9	1,50	6,60	6,8	38	<0,010	1,2	37	3	79,0	<1,0	1,85	4,50	9,2	VERÃO
18/05/06	14,1	21,7	1,20	6,22	8,6	59	0,010	1,2	45	2	170,0	4,0	4,58	13,00	0,0	OUTONO
22/08/06	13,1	21,4	0,50	9,90	7,8	45	<0,010	1,0	36	1	27,0	<1,0	<2,00	5,00	0,0	INVERNO
13/11/06	24,5	23,5	1,00	6,50	7,4	50	0,010	0,9	37	2	330,0	33,0	<2,00	1,54	0,0	PRIMAVERA
22/02/07	29,4	27,2	0,80	6,23	7,1	55	<0,010	1,1	43	2	784*	4,2*	1,00*	6,00*	0,4	VERÃO
24/05/07	14,6	20,9	0,60	6,87	7,4	46	0,020	1,2	50	14	4.900,0	540,0	<2,00	6,05	0,0	OUTONO
29/08/07	21,5	18,0	0,50	7,60	7,2	46	0,010	0,8	42	4	3.900,0	2,0	<2,00	2,50	0,0	INVERNO
28/11/07	30,5	24,2	0,50	6,70	7,0	45	0,010	1,0	36	5	6.100,0	20,0	<2,00	3,00	0,0	PRIMAVERA
27/03/08	31,1	27,9	1,80	4,20	7,1	53	<0,010	1,4	38	1	140,0	<1,8	<2,00	14,00	0,0	VERÃO
28/05/08	22,7	21,4	1,00	8,10	7,1	47	0,010	0,9	38	4	5,2	<1,0	<2,00	3,00	29,0	OUTONO
28/08/08	28,2	26,8	0,50	6,00	7,3	46	0,020	1,6	47	4	49,0	2,0	<2,00	7,17	0,4	INVERNO
26/11/08	23,4	22,4	1,00	7,95	7,1	45	0,010	1,4	43	4	160,0	<1,0	2,37	18,09	0,0	PRIMAVERA
18/03/09	27,3	26,2	0,50	5,12	7,0	51	0,010	0,7	35	1	1,0	<1,0	<2,00	8,00	0,0	VERÃO
26/05/09	20,6	22,8	0,50	5,50	6,8	43	<0,010	1,0	36	2	13,0	1,0	<2,00	8,12	54,8	OUTONO
05/08/09	21,9	18,2	1,00	8,00	7,3	40	<0,010	1,2	40	5	18,0	2,0	<2,00	8,12	0,0	INVERNO
17/11/09	27,7	22,3	0,50	7,80	7,0	43	0,020	2,3	43	11	<1,0	<1,0	<1,00	9,07	0,0	PRIMAVERA
02/03/10	27,7	25,8	0,50	6,50	7,2	43	<0,02	1,2	35	4	730,0	<1,0	<1,00	5,04	0,0	VERÃO
11/05/10	19,0	21,6	0,30	8,10	7,2	46	0,020	1,7	44	8	300,0	4,1	<1,00	12,06	1,0	OUTONO
17/08/10	20,5	17,8	1,00	8,00	7,4	41	0,020	2,8	39	6	150,0	<1,0	<1,00	8,12	0,0	INVERNO
18/11/10	24,7	21,1	1,00	6,30	6,9	50	0,010	1,3	38	3	47,0	4,0	<1,00	6,07	0,0	PRIMAVERA
15/02/11	27,0	25,3	0,50	5,80	7,1	47	0,030	0,6	46	7	4.100,0	20,0	<1,00	7,03	0,0	VERÃO
10/05/11	25,2	24,0	1,00	7,00	7,2	42	0,030	1,3	45	3	1.700,0	140,0	<1,00	5,04	0,0	OUTONO
15/08/11	23,1	19,2	1,00	10,40	7,4	47	<0,010	1,5	41	6	19,0	1,0	<1,00	3,98	0,0	INVERNO
29/11/11	29,0	21,5	1,00	7,40	7,0	39	<0,010	2,2	42	5	310,0	1,0	<1,00	6,03	0,0	PRIMAVERA
08/02/12	30,4	24,2	1,50	5,30	6,9	40	0,010	1,0	37	2	10,0	<1,80	<1,00	<2,00	0,0	VERÃO
09/05/12	21,2	22,8	1,00	4,60	7,0	45	0,018	1,2	33	2	190,0	1,0	<1,00	7,96	0,0	OUTONO
29/08/12	19,6	18,9	0,70	9,30	7,2	48	0,016	0,7	44	2	170,0	<1,80	1,10	10,53	2,4	INVERNO
22/11/12	23,9	22,8	1,50	6,57	6,8	46	0,018	3,2	43	2	7.400,0	1,0	<1,00	8,54	0,0	PRIMAVERA

Temp. Ambiente: Temperatura Ambiente (°C); Temp. água: Temperatura da Água (°C); Secchi: Profundidade do Disco de Secchi (m); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>); pH: Potencial Hidrogeniônico; Condutiv.: Condutividade (µS.cm<sup>-1</sup>); P Total: Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>); N Total: Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>); ST: Sólidos Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>); Turbidez (NTU); Coli. Totais: Coliformes Totais (NMP.100mL<sup>-1</sup>); Coli. Termot.: Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>); DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>); Pluvio.: Pluviosidade Acumulada em 48h da data de coleta (mm); \* dados completados a partir da média da estação do ano/estação de coleta.

## **APÊNDICE B - Tabelas de correlação**

TABELA B 1 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO FA\_1M.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO
Temp. ambiente	-												
Temp. água	<b>0,82</b>	-											
Secchi	-0,02	0,03	-										
OD	<b>-0,60</b>	<b>-0,55</b>	0,15	-									
pH	-0,03	-0,05	0,12	0,29	-								
Condutiv.	-0,09	0,00	0,27	0,22	0,44	-							
P Total	0,22	0,23	-0,09	-0,06	0,10	0,17	-						
N Total	0,29	0,31	0,17	-0,22	0,21	0,25	0,22	-					
ST	0,23	0,11	-0,45	-0,08	0,15	0,12	0,50	0,26	-				
Turbidez	0,10	-0,09	-0,38	-0,10	-0,06	-0,35	-0,08	-0,08	0,37	-			
Coli. Termot.	-0,09	-0,15	<b>0,52</b>	0,12	0,05	-0,18	-0,07	-0,09	-0,18	0,03	-		
DBO	-0,01	-0,04	0,15	0,40	0,12	-0,03	0,07	-0,15	-0,14	0,07	0,20	-	
DQO	0,29	0,13	-0,05	0,07	0,13	-0,03	0,04	-0,13	-0,06	0,17	-0,10	0,43	-
Pluvio.	0,22	0,27	-0,07	<b>-0,53</b>	-0,31	-0,16	-0,14	0,29	0,06	0,16	-0,05	-0,22	-0,05

TABELA B 2 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO FA\_2R.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.
Temp. ambiente	-														
Temp. água	<b>0,69</b>	-													
Secchi	<b>-0,53</b>	-0,37	-												
OD	0,06	-0,03	-0,11	-											
pH	0,29	<b>0,54</b>	-0,13	<b>0,59</b>	-										
Condutiv.	0,00	0,09	0,11	0,00	0,09	-									
P Total	0,47	0,31	<b>-0,61</b>	0,06	0,13	0,38	-								
N Total	0,48	0,41	<b>-0,56</b>	0,16	0,23	0,23	<b>0,63</b>	-							
ST	0,27	0,24	-0,34	0,03	0,19	<b>0,65</b>	<b>0,65</b>	0,41	-						
Turbidez	0,47	0,14	<b>-0,60</b>	-0,14	-0,02	-0,03	0,45	0,23	0,46	-					
Coli. Termot.	-0,05	-0,14	-0,17	-0,15	-0,21	-0,29	0,05	-0,13	-0,05	0,25	-				
DBO	0,14	0,03	0,22	-0,05	0,07	0,16	0,09	-0,16	0,09	-0,03	-0,22	-			
DQO	0,18	0,05	0,02	0,06	0,13	-0,04	0,17	0,17	0,12	-0,02	-0,12	<b>0,51</b>	-		
Clorofila-a	0,41	0,37	-0,23	<b>0,51</b>	<b>0,72</b>	0,01	0,30	0,30	0,18	0,14	-0,21	0,26	0,36	-	
Fitoplânc.	<b>0,51</b>	0,43	-0,22	0,42	<b>0,61</b>	-0,05	0,34	0,35	0,07	0,15	-0,10	0,19	0,38	<b>0,88</b>	-
Pluvio.	0,07	0,26	-0,24	-0,17	0,05	-0,04	0,18	0,23	-0,01	-0,02	0,10	-0,20	-0,10	-0,09	-0,04

TABELA B 3 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO FA\_3R.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.
Temp. ambiente	-														
Temp. água	<b>0,70</b>	-													
Secchi	-0,38	-0,11	-												
OD	0,18	-0,19	<b>-0,54</b>	-											
pH	0,49	0,44	-0,44	<b>0,55</b>	-										
Condutiv.	0,17	0,21	-0,09	0,15	<b>0,52</b>	-									
P Total	0,28	0,22	<b>-0,53</b>	<b>0,56</b>	<b>0,65</b>	0,36	-								
N Total	0,31	0,20	-0,50	<b>0,64</b>	<b>0,71</b>	<b>0,54</b>	<b>0,80</b>	-							
ST	0,33	0,21	<b>-0,57</b>	<b>0,63</b>	<b>0,75</b>	<b>0,57</b>	<b>0,89</b>	<b>0,89</b>	-						
Turbidez	0,37	0,21	<b>-0,64</b>	<b>0,68</b>	<b>0,68</b>	0,36	<b>0,63</b>	<b>0,82</b>	<b>0,79</b>	-					
Coli. Termot.	0,19	0,02	-0,01	0,18	0,09	0,05	-0,08	-0,01	0,06	-0,11	-				
DBO	0,24	0,01	-0,28	<b>0,51</b>	0,42	0,37	0,41	<b>0,70</b>	<b>0,55</b>	<b>0,69</b>	-0,04	-			
DQO	0,29	0,08	-0,39	<b>0,61</b>	<b>0,56</b>	0,45	<b>0,65</b>	<b>0,85</b>	<b>0,75</b>	<b>0,76</b>	-0,04	<b>0,95</b>	-		
Clorofila-a	0,32	0,28	<b>-0,52</b>	<b>0,63</b>	<b>0,77</b>	0,48	<b>0,60</b>	<b>0,85</b>	<b>0,78</b>	<b>0,92</b>	-0,07	<b>0,64</b>	<b>0,74</b>	-	
Fitoplânc.	0,31	0,17	-0,45	<b>0,60</b>	<b>0,68</b>	<b>0,50</b>	<b>0,60</b>	<b>0,89</b>	<b>0,75</b>	<b>0,84</b>	-0,05	<b>0,86</b>	<b>0,93</b>	<b>0,90</b>	-
Pluvio.	0,01	0,15	-0,08	-0,21	-0,19	0,01	-0,09	-0,04	-0,11	-0,02	0,11	-0,01	-0,03	-0,08	-0,06

TABELA B 4 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO FA\_4R.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.
Temp. ambiente	-														
Temp. água	<b>0,71</b>	-													
Secchi	-0,23	-0,36	-												
OD	0,36	-0,07	-0,08	-											
pH	<b>0,53</b>	<b>0,50</b>	-0,08	0,38	-										
Condutiv.	0,26	0,37	0,00	-0,30	0,32	-									
P Total	0,42	0,41	-0,45	0,18	0,23	0,00	-								
N Total	0,29	0,27	-0,24	0,28	0,25	0,03	0,09	-							
ST	0,38	0,26	-0,40	0,13	0,40	<b>0,61</b>	0,23	0,07	-						
Turbidez	0,28	0,07	<b>-0,59</b>	0,07	-0,14	0,08	0,39	0,07	<b>0,58</b>	-					
Coli. Termot.	-0,02	0,05	-0,11	0,03	-0,15	-0,15	-0,25	0,09	-0,09	0,02	-				
DBO	0,02	-0,12	0,22	-0,10	0,05	0,34	-0,17	-0,44	0,37	0,09	-0,24	-			
DQO	0,22	0,11	-0,06	0,23	0,41	0,33	0,31	0,27	0,47	0,11	-0,28	0,37	-		
Clorofila-a	0,33	0,34	-0,36	0,43	<b>0,67</b>	0,21	0,11	0,31	0,42	-0,03	0,04	0,17	<b>0,56</b>	-	
Fitoplânc.	0,46	0,49	-0,24	0,38	<b>0,62</b>	0,14	-0,03	0,30	0,26	-0,13	0,33	0,09	0,22	<b>0,76</b>	-
Pluvio.	0,01	0,35	-0,17	-0,13	0,10	0,16	-0,01	0,48	-0,02	0,02	0,23	-0,21	0,28	0,26	0,33



TABELA B 5 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO FA\_5J.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO
Temp. ambiente	-												
Temp. água	<b>0,82</b>	-											
Secchi	-0,02	0,03	-										
OD	<b>-0,60</b>	<b>-0,55</b>	0,15	-									
pH	-0,03	-0,05	0,12	0,29	-								
Condutiv.	-0,09	0,00	0,27	0,22	0,44	-							
P Total	0,22	0,23	-0,09	-0,06	0,10	0,17	-						
N Total	0,29	0,31	0,17	-0,22	0,21	0,25	0,22	-					
ST	0,23	0,11	-0,45	-0,08	0,15	0,12	0,50	0,26	-				
Turbidez	0,10	-0,09	-0,38	-0,10	-0,06	-0,35	-0,08	-0,08	0,37	-			
Coli. Termot.	-0,09	-0,15	<b>0,52</b>	0,12	0,05	-0,18	-0,07	-0,09	-0,18	0,03	-		
DBO	-0,01	-0,04	0,15	0,40	0,12	-0,03	0,07	-0,15	-0,14	0,07	0,20	-	
DQO	0,29	0,13	-0,05	0,07	0,13	-0,03	0,04	-0,13	-0,06	0,17	-0,10	0,43	-
Pluvio.	0,22	0,27	-0,07	<b>-0,53</b>	-0,31	-0,16	-0,14	0,29	0,06	0,16	-0,05	-0,22	-0,05

TABELA B 6 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO SE\_1M.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO
Temp. ambiente	-												
Temp. água	<b>0,57</b>	-											
Secchi	0,14	0,23	-										
OD	-0,30	<b>-0,67</b>	-0,21	-									
pH	0,05	0,05	-0,31	0,06	-								
Condutiv.	-0,01	0,20	-0,08	-0,10	<b>0,53</b>	-							
P Total	0,34	0,23	-0,30	-0,09	0,03	-0,08	-						
N Total	0,15	0,07	0,00	-0,09	0,36	0,24	0,10	-					
ST	-0,09	0,03	-0,35	0,21	0,20	0,21	0,38	0,06	-				
Turbidez	-0,07	-0,22	-0,36	0,19	-0,05	-0,36	0,47	-0,18	0,45	-			
Coli. Termot.	-0,15	-0,23	-0,09	0,38	0,21	-0,01	0,07	-0,15	0,15	0,27	-		
DBO	0,13	0,09	0,07	-0,09	0,13	0,01	-0,05	-0,18	0,13	0,08	0,47	-	
DQO	0,01	0,00	-0,02	0,00	-0,07	-0,10	0,11	-0,05	0,48	0,24	0,11	0,22	-
Pluvio.	-0,10	-0,23	-0,02	0,24	-0,06	0,05	-0,01	-0,01	0,04	0,25	0,36	0,07	-0,12

TABELA B 7 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO SE\_2R.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.
Temp. ambiente	-														
Temp. água	<b>0,64</b>	-													
Secchi	0,13	0,08	-												
OD	-0,15	-0,22	<b>-0,60</b>	-											
pH	0,07	0,21	0,04	0,21	-										
Condutiv.	-0,23	-0,11	0,45	-0,19	0,10	-									
P Total	-0,11	0,01	-0,37	0,10	-0,25	-0,09	-								
N Total	-0,16	-0,05	-0,03	0,30	0,40	0,23	-0,01	-							
ST	-0,15	0,00	-0,23	0,21	0,10	0,20	0,41	-0,02	-						
Turbidez	-0,23	-0,28	<b>-0,68</b>	0,41	-0,15	-0,50	0,42	-0,18	0,43	-					
Coli. Termot.	-0,12	-0,19	-0,30	0,15	0,06	-0,18	0,23	-0,06	0,44	<b>0,64</b>	-				
DBO	-0,20	0,02	0,19	0,02	0,05	-0,03	-0,19	0,07	-0,24	-0,21	-0,12	-			
DQO	0,18	0,33	-0,02	0,17	-0,01	-0,11	0,09	-0,03	-0,05	-0,07	-0,18	0,35	-		
Clorofila-a	0,35	<b>0,58</b>	-0,02	0,03	0,48	-0,06	-0,10	0,22	-0,01	-0,33	-0,18	0,09	0,39	-	
Fitoplânc.	0,38	<b>0,57</b>	0,01	0,04	0,33	0,07	0,02	0,21	0,12	-0,30	-0,14	0,13	<b>0,52</b>	<b>0,87</b>	-
Pluvio.	-0,44	-0,19	-0,21	0,16	0,03	-0,13	-0,05	0,05	-0,24	0,08	-0,07	0,35	0,06	0,05	0,02

TABELA B 8 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO SE\_3R.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.
Temp. ambiente	-														
Temp. água	<b>0,76</b>	-													
Secchi	-0,03	0,20	-												
OD	0,27	0,14	-0,37	-											
pH	0,38	<b>0,53</b>	0,10	0,35	-										
Condutiv.	-0,33	-0,09	0,31	-0,13	0,25	-									
P Total	0,09	0,00	<b>-0,58</b>	0,16	-0,25	-0,21	-								
N Total	0,05	0,07	-0,38	0,43	0,49	0,30	0,09	-							
ST	-0,22	-0,18	-0,28	-0,11	0,10	0,39	0,14	0,24	-						
Turbidez	-0,06	-0,35	<b>-0,75</b>	0,27	-0,24	-0,40	<b>0,55</b>	0,09	0,36	-					
Coli. Termot.	-0,03	-0,29	-0,30	0,19	-0,15	-0,40	0,15	-0,01	0,23	<b>0,64</b>	-				
DBO	0,09	0,21	0,27	-0,19	0,28	-0,24	-0,33	-0,12	-0,34	-0,35	-0,16	-			
DQO	-0,06	0,01	-0,14	0,02	0,16	-0,11	-0,09	0,06	0,17	0,07	0,00	0,30	-		
Clorofila-a	0,28	0,42	-0,02	0,01	<b>0,68</b>	0,21	-0,09	0,35	0,36	-0,12	-0,20	0,32	0,19	-	
Fitoplânc.	0,40	<b>0,56</b>	0,04	0,07	<b>0,67</b>	0,28	-0,20	0,39	0,41	-0,12	-0,12	0,15	0,25	<b>0,74</b>	-
Pluvio.	-0,18	-0,08	-0,01	0,01	-0,06	0,23	-0,03	0,05	0,23	0,03	-0,06	-0,33	-0,04	0,04	-0,06

TABELA B 9 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO SE\_4J.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO
Temp. ambiente	-												
Temp. água	<b>0,51</b>	-											
Secchi	-0,17	0,20	-										
OD	-0,41	<b>-0,72</b>	-0,12	-									
pH	0,01	0,15	-0,05	-0,10	-								
Condutiv.	-0,12	-0,04	0,00	0,12	<b>0,62</b>	-							
P Total	-0,03	-0,13	-0,07	0,09	0,01	0,25	-						
N Total	0,16	0,04	-0,36	0,10	<b>0,50</b>	0,23	-0,05	-					
ST	-0,12	-0,38	-0,35	0,28	0,18	0,39	-0,04	0,23	-				
Turbidez	-0,15	-0,47	-0,33	0,34	-0,24	-0,43	-0,20	0,10	0,41	-			
Coli. Termot.	0,12	0,23	-0,32	-0,20	0,12	0,13	-0,08	0,19	0,24	0,08	-		
DBO	-0,11	0,30	0,38	-0,25	0,06	0,06	0,14	-0,31	-0,28	<b>-0,51</b>	-0,05	-	
DQO	-0,20	-0,20	-0,22	0,31	-0,10	-0,12	0,01	-0,02	0,05	0,12	0,02	0,20	-
Pluvio.	-0,12	0,01	-0,14	-0,01	0,19	0,12	-0,09	0,10	0,15	0,18	<b>0,60</b>	-0,29	0,01

TABELA B 10 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_1M.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO
Temp. ambiente	-												
Temp. água	<b>0,56</b>	-											
Secchi	-0,09	0,13	-										
OD	-0,31	<b>-0,59</b>	-0,46	-									
pH	-0,31	-0,22	-0,22	0,49	-								
Condutiv.	-0,30	-0,13	0,04	0,22	0,29	-							
P Total	0,11	-0,13	-0,31	0,30	0,26	-0,31	-						
N Total	-0,11	-0,25	-0,20	0,01	-0,34	-0,20	0,14	-					
ST	0,00	-0,08	-0,36	0,47	0,37	0,32	0,28	-0,19	-				
Turbidez	0,05	-0,21	-0,41	<b>0,52</b>	0,26	-0,15	<b>0,79</b>	0,20	0,23	-			
Coli. Termot.	0,04	-0,05	-0,16	0,36	0,30	0,49	0,16	-0,05	0,33	0,27	-		
DBO	0,04	0,05	0,02	-0,03	-0,08	-0,04	-0,15	-0,23	-0,16	-0,06	-0,15	-	
DQO	0,00	0,03	-0,43	0,15	0,03	-0,03	0,29	0,31	0,03	0,41	0,34	0,44	-
Pluvio.	-0,32	-0,22	-0,11	0,45	0,38	<b>0,59</b>	0,03	-0,05	0,37	0,21	0,49	-0,03	0,03

TABELA B 11 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_2R.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO
Temp. ambiente	-												
Temp. água	<b>0,75</b>	-											
Secchi	0,00	0,05	-										
OD	-0,25	-0,47	-0,25	-									
pH	-0,03	-0,01	-0,12	0,17	-								
Condutiv.	-0,11	0,09	0,27	-0,08	<b>0,51</b>	-							
P Total	0,16	0,08	-0,49	0,06	0,11	-0,11	-						
N Total	-0,02	-0,05	-0,30	0,11	0,00	-0,24	0,27	-					
ST	-0,01	-0,15	-0,49	0,05	0,04	-0,14	0,31	0,27	-				
Turbidez	-0,06	-0,34	<b>-0,52</b>	0,11	-0,03	-0,28	0,21	0,40	<b>0,86</b>	-			
Coli. Termot.	-0,01	-0,28	-0,39	0,05	0,12	-0,03	0,43	0,28	<b>0,61</b>	<b>0,72</b>	-		
DBO	0,20	0,19	-0,02	-0,01	-0,01	-0,13	-0,12	-0,17	0,00	-0,04	-0,08	-	
DQO	0,28	0,30	-0,12	0,00	-0,06	-0,01	0,05	0,16	0,00	-0,04	-0,04	<b>0,64</b>	-
Pluvio.	-0,34	-0,32	-0,25	0,29	0,42	0,35	0,09	-0,07	0,18	0,00	0,03	-0,07	0,07

TABELA B 12 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_3R.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.
Temp. ambiente	-														
Temp. água	<b>0,75</b>	-													
Secchi	-0,07	0,09	-												
OD	0,28	-0,12	-0,53	-											
pH	0,39	0,28	0,01	0,29	-										
Condutiv.	0,03	0,17	0,24	-0,18	-0,07	-									
P Total	0,04	0,00	-0,52	0,30	0,07	0,08	-								
N Total	0,08	-0,18	-0,27	0,17	0,29	-0,37	-0,03	-							
ST	-0,06	-0,20	-0,46	0,35	-0,03	0,26	<b>0,61</b>	-0,15	-						
Turbidez	-0,20	-0,27	-0,71	0,34	-0,03	-0,20	<b>0,64</b>	0,07	<b>0,62</b>	-					
Coli. Termot.	-0,19	-0,13	-0,38	0,17	0,06	0,06	<b>0,57</b>	-0,12	<b>0,68</b>	<b>0,78</b>	-				
DBO	0,12	0,06	0,02	0,05	0,12	-0,40	-0,10	-0,07	-0,20	0,02	-0,04	-			
DQO	-0,07	-0,01	-0,06	-0,14	-0,11	0,01	0,18	-0,20	0,10	0,16	0,08	<b>0,56</b>	-		
Clorofila-a	<b>0,52</b>	0,42	0,10	0,14	0,25	-0,08	0,16	0,11	-0,04	-0,22	-0,27	0,08	0,08	-	
Fitoplânc.	0,29	<b>0,51</b>	0,35	-0,21	0,10	0,44	0,08	-0,11	-0,12	-0,30	-0,10	-0,02	-0,10	0,28	-
Pluvio.	0,02	0,06	0,44	-0,39	-0,26	-0,07	-0,12	-0,32	-0,09	-0,10	0,04	0,07	0,15	-0,12	0,00

TABELA B 13 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_4R.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO
Temp. ambiente	-												
Temp. água	<b>0,80</b>	-											
Secchi	-0,03	-0,13	-										
OD	-0,21	-0,36	-0,24	-									
pH	0,34	0,38	-0,22	0,12	-								
Condutiv.	0,01	-0,05	0,24	0,07	-0,19	-							
P Total	0,00	0,07	-0,62	0,05	0,04	-0,24	-						
N Total	0,17	0,31	-0,04	-0,15	0,25	0,19	-0,10	-					
ST	-0,07	-0,08	-0,57	0,25	-0,30	0,04	<b>0,67</b>	-0,25	-				
Turbidez	-0,15	-0,11	-0,68	0,11	-0,03	-0,22	<b>0,63</b>	-0,20	<b>0,66</b>	-			
Coli. Termot.	-0,03	0,01	-0,44	-0,04	-0,04	-0,15	<b>0,54</b>	-0,04	<b>0,58</b>	<b>0,78</b>	-		
DBO	-0,16	-0,18	0,44	-0,03	-0,12	-0,21	-0,20	-0,18	-0,31	-0,24	-0,16	-	
DQO	-0,09	-0,04	0,50	-0,30	-0,30	-0,03	-0,11	-0,12	-0,23	-0,25	-0,14	<b>0,64</b>	-
Pluvio.	-0,16	-0,09	0,44	-0,10	-0,23	-0,10	-0,19	-0,03	-0,09	-0,19	-0,08	0,07	0,17

TABELA B 14 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_5R.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO	Clorofila-a	Fitoplânc.
Temp. ambiente	-														
Temp. água	<b>0,74</b>	-													
Secchi	0,13	0,06	-												
OD	0,24	0,00	-0,43	-											
pH	<b>0,52</b>	<b>0,51</b>	-0,14	0,30	-										
Condutiv.	0,11	-0,16	0,14	0,03	0,02	-									
P Total	-0,15	0,02	-0,75	0,32	0,06	-0,21	-								
N Total	0,20	-0,01	-0,10	0,18	0,31	-0,02	0,16	-							
ST	-0,14	-0,23	-0,56	0,41	-0,05	0,29	<b>0,62</b>	0,09	-						
Turbidez	-0,44	-0,34	-0,76	0,24	-0,06	-0,14	<b>0,72</b>	0,04	<b>0,65</b>	-					
Coli. Termot.	-0,38	-0,13	-0,39	0,03	-0,07	0,06	<b>0,55</b>	-0,03	0,40	<b>0,64</b>	-				
DBO	-0,18	0,02	0,06	-0,03	0,04	-0,52	-0,10	-0,08	-0,34	0,06	-0,03	-			
DQO	-0,07	0,13	-0,15	0,05	-0,16	-0,17	0,24	0,04	0,09	0,16	0,03	0,49	-		
Clorofila-a	<b>0,52</b>	0,48	-0,16	0,17	0,42	-0,07	-0,01	-0,01	-0,11	-0,08	-0,18	0,30	0,23	-	
Fitoplânc.	0,47	0,47	0,23	0,02	0,48	0,32	-0,33	-0,05	-0,12	-0,27	-0,10	0,06	-0,02	<b>0,54</b>	-
Pluvio.	-0,11	-0,08	0,38	-0,25	-0,27	-0,10	-0,21	-0,22	-0,22	-0,22	-0,07	0,07	-0,09	-0,11	-0,10

TABELA B 15 - CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLS DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_6J.

	Temp. ambiente	Temp. água	Secchi	OD	pH	Condutiv.	P Total	N Total	ST	Turbidez	Coli. Termot.	DBO	DQO
Temp. ambiente	-												
Temp. água	<b>0,65</b>	-											
Secchi	0,23	0,09	-										
OD	-0,39	<b>-0,62</b>	-0,29	-									
pH	<b>-0,58</b>	-0,23	-0,12	0,30	-								
Condutiv.	-0,18	0,23	-0,10	-0,23	0,44	-							
P Total	0,00	0,12	-0,31	0,03	0,00	-0,20	-						
N Total	0,03	-0,19	0,18	0,15	-0,09	-0,24	0,22	-					
ST	-0,21	-0,18	-0,27	0,31	0,28	0,09	0,50	0,21	-				
Turbidez	-0,18	-0,32	-0,35	0,30	0,00	-0,29	0,42	0,24	<b>0,59</b>	-			
Coli. Termot.	-0,32	-0,07	-0,15	-0,01	0,13	0,00	0,30	-0,07	0,42	<b>0,55</b>	-		
DBO	-0,24	-0,19	0,18	0,06	0,30	-0,05	-0,14	-0,11	0,27	0,18	-0,02	-	
DQO	-0,22	-0,13	0,08	0,04	0,15	0,09	0,10	0,23	0,40	0,18	-0,10	<b>0,57</b>	-
Pluvio.	-0,13	-0,05	-0,09	-0,09	-0,23	-0,10	-0,20	-0,17	-0,21	-0,14	-0,08	0,07	-0,03

**APÊNDICE C - Gráficos Scatter plot (avaliação da distribuição normal multivariada)**

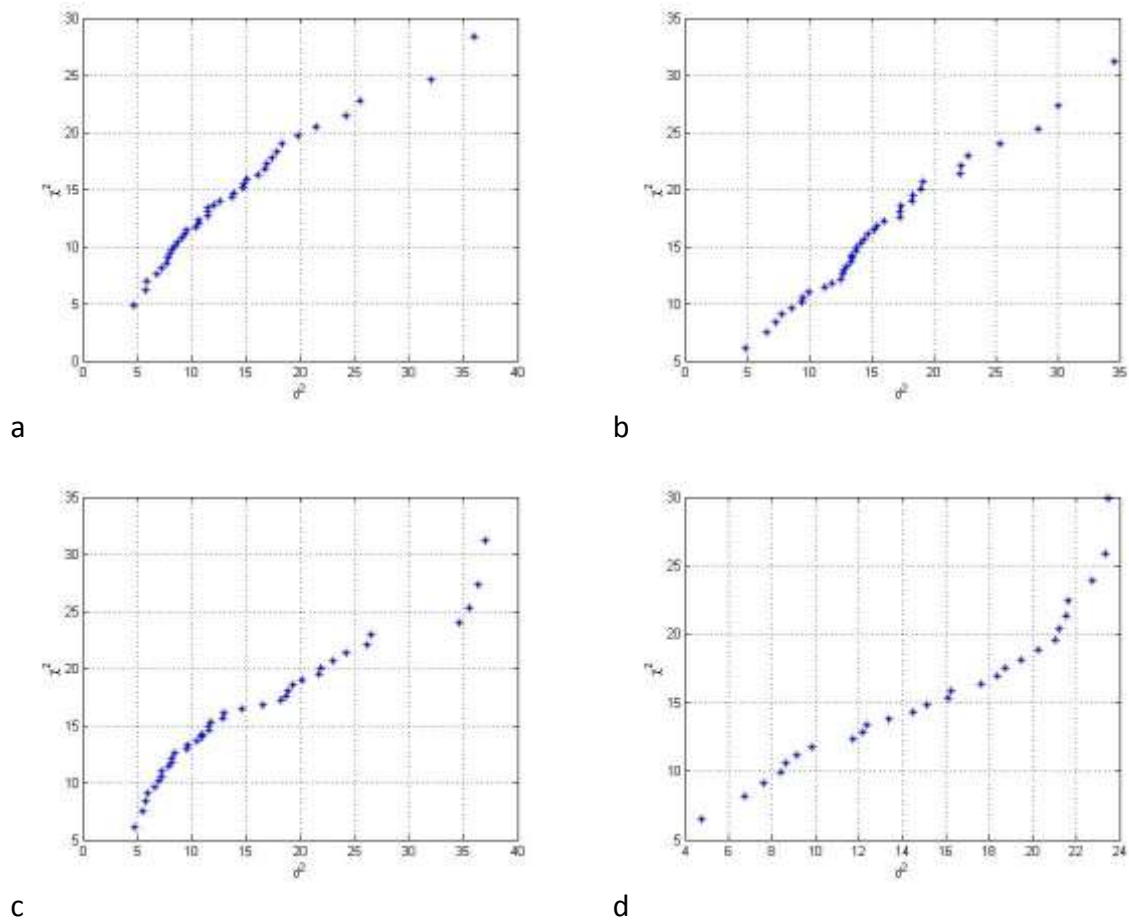
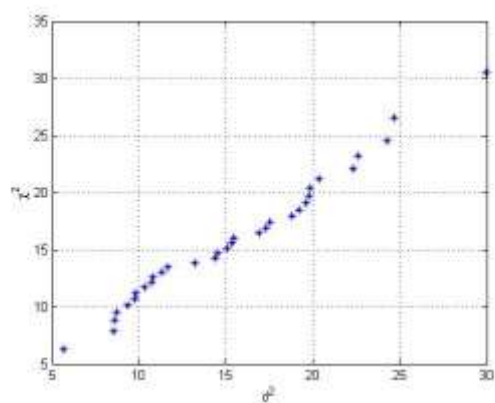
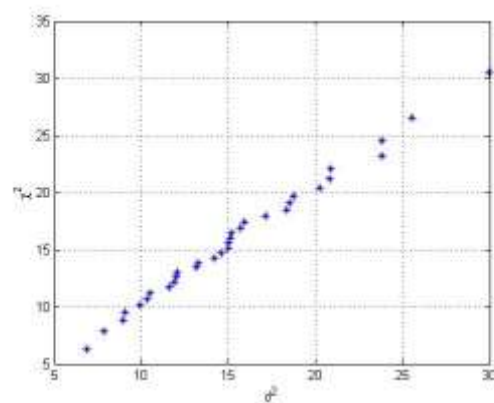


FIGURA C 1 - REPRESENTAÇÃO DA NORMALIDADE MULTIVARIADA DOS DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DAS ESTAÇÕES DE FOZ DO AREIA. A) FA\_1M; B) FA\_2R; C) FA\_3R; D) FA\_4R; E) FA\_5J/SE\_1M.

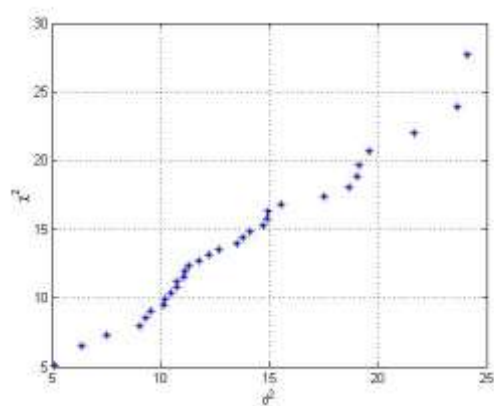




a



b



c

FIGURA C 2 - REPRESENTAÇÃO DA NORMALIDADE MULTIVARIADA DOS DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DAS ESTAÇÕES DE SEGREDO. A) SE\_2R; B) SE\_3R; C) SE\_4J

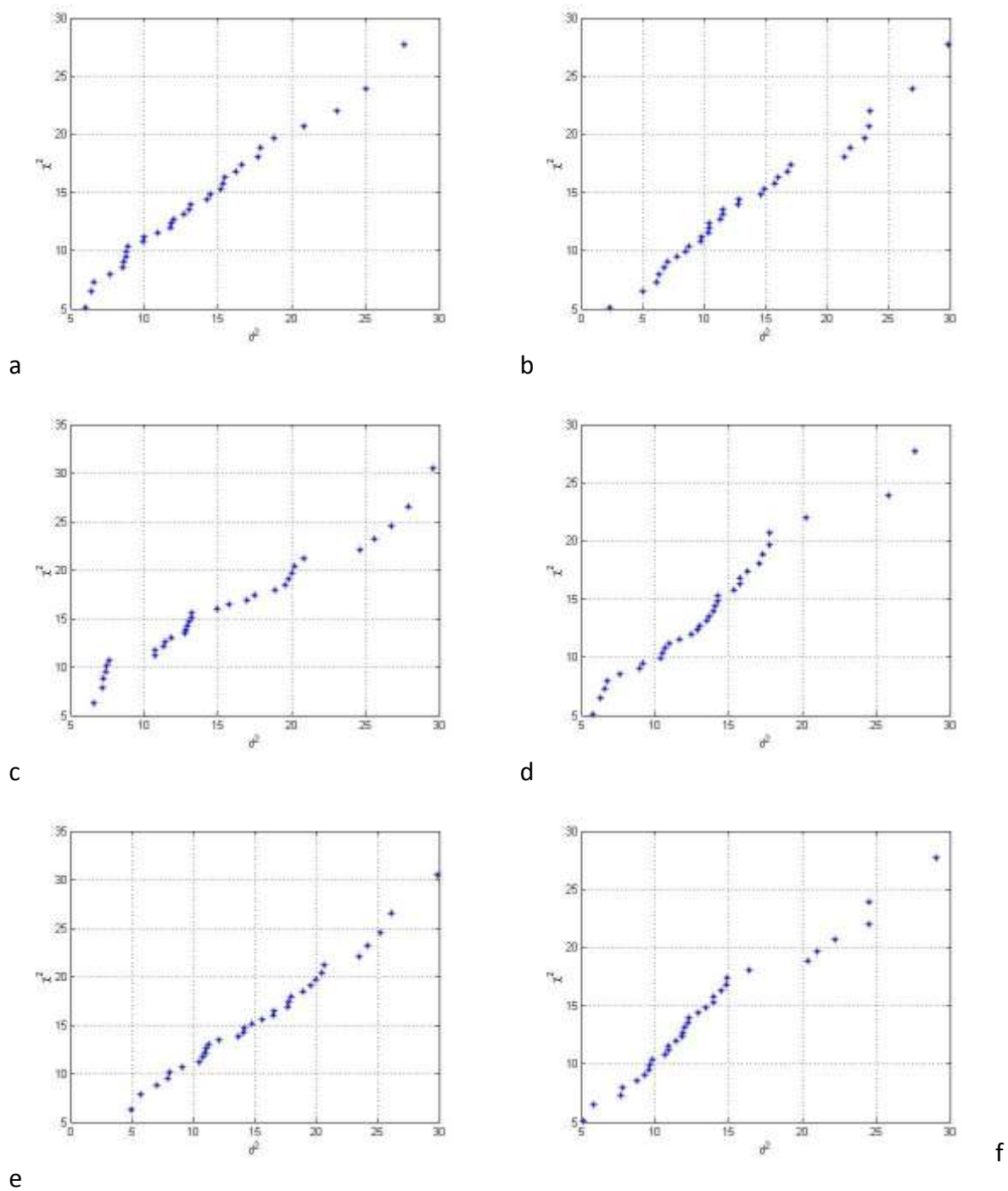


FIGURA C 3 - REPRESENTAÇÃO DA NORMALIDADE MULTIVARIADA DOS DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DAS ESTAÇÕES DE CAXIAS. A) CA\_1M; B) CA\_2R; C) CA\_3R; D)CA\_4R; E)CA\_5R; F)CA\_6J

## **APÊNDICE D - Matrizes anti-imagem e comunalidades**

TABELA D 1 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO FA\_1M

Variáveis	C. Termo	Cond.	DBO	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Coli Termotolerantes	0,393 <sup>a</sup>	0,366	-0,161	-0,617	0,183	-0,019	0,184	0,073	-0,170	0,002	-0,146	0,110	-0,005	-0,113
Condutividade	0,366	0,523 <sup>a</sup>	0,013	-0,398	-0,049	0,022	-0,029	0,003	-0,332	0,056	-0,290	-0,063	0,151	0,241
DBO	-0,161	0,013	0,477 <sup>a</sup>	0,032	-0,293	-0,235	0,071	-0,467	-0,051	-0,231	0,219	-0,094	-0,089	-0,144
Disco de Secchi	-0,617	-0,398	0,032	0,461 <sup>a</sup>	0,035	-0,068	-0,279	-0,179	0,088	-0,048	0,455	0,027	-0,177	0,119
DQO	0,183	-0,049	-0,293	0,035	0,427 <sup>a</sup>	-0,110	0,176	-0,153	-0,159	-0,130	0,218	0,191	-0,397	-0,163
Fósforo Total	-0,019	0,022	-0,235	-0,068	-0,110	0,432 <sup>a</sup>	-0,092	0,195	0,114	0,284	-0,548	-0,128	0,129	0,292
Nitrogênio Total	0,184	-0,029	0,071	-0,279	0,176	-0,092	0,621 <sup>a</sup>	-0,022	-0,274	-0,299	-0,158	-0,046	-0,093	0,003
OD	0,073	0,003	-0,467	-0,179	-0,153	0,195	-0,022	0,617 <sup>a</sup>	-0,043	0,468	-0,294	0,058	0,422	0,119
pH	-0,170	-0,332	-0,051	0,088	-0,159	0,114	-0,274	-0,043	0,596 <sup>a</sup>	0,309	-0,083	0,001	0,001	-0,011
Pluviosidade Acumulada	0,002	0,056	-0,231	-0,048	-0,130	0,284	-0,299	0,468	0,309	0,490 <sup>a</sup>	-0,210	-0,091	0,241	0,000
Sólidos Totais	-0,146	-0,290	0,219	0,455	0,218	-0,548	-0,158	-0,294	-0,083	-0,210	0,414 <sup>a</sup>	0,139	-0,318	-0,407
T água	0,110	-0,063	-0,094	0,027	0,191	-0,128	-0,046	0,058	0,001	-0,091	0,139	0,658 <sup>a</sup>	-0,713	0,164
T ambiente	-0,005	0,151	-0,089	-0,177	-0,397	0,129	-0,093	0,422	0,001	0,241	-0,318	-0,713	0,556 <sup>a</sup>	-0,054
Turbidez	-0,113	0,241	-0,144	0,119	-0,163	0,292	0,003	0,119	-0,011	0,000	-0,407	0,164	-0,054	0,543 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: C. Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 2 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO FA\_1M

Variáveis	Extração
Coli Termotolerantes	0,853
Condutividade	0,686
DBO	0,687
Disco de Secchi	0,849
DQO	0,751
Fósforo Total	0,489
Nitrogênio Total	0,585
OD	0,791
pH	0,554
Pluviosidade Acumulada	0,488
Sólidos Totais	0,860
T água	0,820
T ambiente	0,855
Turbidez	0,719

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

TABELA D 3 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO FA\_2R

Variáveis	Clorof-a	C. Termo	Cond.	DBO	Fito	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Clorofila-a	0,623 <sup>a</sup>	0,250	0,172	-0,316	-0,802	0,344	0,126	0,136	0,051	0,158	-0,472	0,114	-0,282	0,303	0,003	0,174
Coli Termotolerantes	0,250	0,581 <sup>a</sup>	0,254	0,095	-0,230	0,072	0,058	-0,116	0,200	0,092	-0,078	-0,044	-0,139	0,114	0,025	-0,037
Condutividade	0,172	0,254	0,453 <sup>a</sup>	-0,230	-0,151	-0,153	0,396	-0,163	-0,131	0,127	-0,085	0,207	-0,625	0,110	-0,008	0,320
DBO	-0,316	0,095	-0,230	0,384 <sup>a</sup>	0,267	-0,275	-0,512	-0,219	0,355	-0,045	0,121	-0,196	0,186	-0,074	-0,178	-0,143
Densidade Fito	-0,802	-0,230	-0,151	0,267	0,590 <sup>a</sup>	-0,408	-0,279	-0,327	-0,093	-0,227	0,195	-0,034	0,440	-0,270	-0,115	-0,260
Disco de Secchi	0,344	0,072	-0,153	-0,275	-0,408	0,601 <sup>a</sup>	0,087	0,421	0,207	0,360	-0,263	0,212	-0,169	0,342	-0,010	0,484
DQO	0,126	0,058	0,396	-0,512	-0,279	0,087	0,409 <sup>a</sup>	0,073	-0,231	0,236	-0,105	0,163	-0,366	0,250	-0,071	0,323
Fósforo total	0,136	-0,116	-0,163	-0,219	-0,327	0,421	0,073	0,763 <sup>a</sup>	-0,244	0,084	0,062	-0,157	-0,376	0,129	-0,041	0,116
Nitrogênio Total	0,051	0,200	-0,131	0,355	-0,093	0,207	-0,231	-0,244	0,814 <sup>a</sup>	-0,031	0,018	-0,118	-0,037	-0,015	-0,150	0,127
OD	0,158	0,092	0,127	-0,045	-0,227	0,360	0,236	0,084	-0,031	0,358 <sup>a</sup>	-0,654	0,164	-0,192	0,685	-0,355	0,486
pH	-0,472	-0,078	-0,085	0,121	0,195	-0,263	-0,105	0,062	0,018	-0,654	0,542 <sup>a</sup>	-0,123	0,020	-0,708	0,373	-0,266
Pluviosidade Acumulada	0,114	-0,044	0,207	-0,196	-0,034	0,212	0,163	-0,157	-0,118	0,164	-0,123	0,451 <sup>a</sup>	0,012	0,007	0,096	0,205
Sólidos totais	-0,282	-0,139	-0,625	0,186	0,440	-0,169	-0,366	-0,376	-0,037	-0,192	0,020	0,012	0,526 <sup>a</sup>	-0,253	0,127	-0,535
Temperatura da água	0,303	0,114	0,110	-0,074	-0,270	0,342	0,250	0,129	-0,015	0,685	-0,708	0,007	-0,253	0,431 <sup>a</sup>	-0,660	0,507
Temperatura Ambiente	0,003	0,025	-0,008	-0,178	-0,115	-0,010	-0,071	-0,041	-0,150	-0,355	0,373	0,096	0,127	-0,660	0,679 <sup>a</sup>	-0,433
Turbidez	0,174	-0,037	0,320	-0,143	-0,260	0,484	0,323	0,116	0,127	0,486	-0,266	0,205	-0,535	0,507	-0,433	0,417 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: Clorof-a (Clorofila-a), C.Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Fito (Densidade do Fitoplâncton), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 4 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO FA\_2R

Variáveis	Extração
Clorofila-a	0,874
Coli Termotolerantes	0,585
Condutividade	0,872
DBO	0,774
Densidade Fito	0,827
Disco de Secchi	0,802
DQO	0,757
Fósforo total	0,841
Nitrogênio Total	0,701
OD	0,824
pH	0,790
Pluviosidade Acumulada	0,802
Sólidos totais	0,848
Temperatura da água	0,894
Temperatura Ambiente	0,824
Turbidez	0,814

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

TABELA D 5 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO FA\_3R

Variáveis	Clorof-a	C.Termo	Cond.	DBO	Fito	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Clorofila-a	0,805 <sup>a</sup>	0,002	-0,089	0,118	-0,741	-0,255	0,101	0,109	-0,001	-0,238	-0,196	-0,037	-0,095	-0,276	0,315	-0,716
Coli Termotolerantes	0,002	0,185 <sup>a</sup>	0,139	-0,012	0,048	0,016	0,001	0,284	-0,099	-0,323	-0,046	-0,144	-0,399	-0,097	-0,107	0,270
Condutividade	-0,089	0,139	0,805 <sup>a</sup>	0,057	0,101	-0,046	-0,089	0,306	-0,151	0,221	-0,254	-0,097	-0,417	0,044	0,012	0,200
DBO	0,118	-0,012	0,057	0,661 <sup>a</sup>	0,267	0,158	-0,958	0,774	0,151	0,272	-0,325	-0,039	0,338	0,056	0,144	-0,442
Densidade Fito	-0,741	0,048	0,101	0,267	0,800 <sup>a</sup>	0,388	-0,508	0,335	-0,239	0,327	-0,169	0,079	0,237	0,170	-0,071	0,346
Disco de Secchi	-0,255	0,016	-0,046	0,158	0,388	0,769 <sup>a</sup>	-0,276	0,272	-0,147	0,130	-0,058	0,306	0,157	-0,205	0,324	0,298
DQO	0,101	0,001	-0,089	-0,958	-0,508	-0,276	0,710 <sup>a</sup>	-0,781	-0,118	-0,330	0,338	0,003	-0,356	-0,067	-0,139	0,275
Fósforo total	0,109	0,284	0,306	0,774	0,335	0,272	-0,781	0,704 <sup>a</sup>	-0,118	0,105	-0,355	-0,024	-0,135	-0,138	0,245	-0,182
Nitrogênio Total	-0,001	-0,099	-0,151	0,151	-0,239	-0,147	-0,118	-0,118	0,967 <sup>a</sup>	-0,053	0,119	-0,122	-0,111	0,004	-0,017	-0,125
OD	-0,238	-0,323	0,221	0,272	0,327	0,130	-0,330	0,105	-0,053	0,754 <sup>a</sup>	-0,393	-0,051	0,268	0,609	-0,234	-0,146
pH	-0,196	-0,046	-0,254	-0,325	-0,169	-0,058	0,338	-0,355	0,119	-0,393	0,838 <sup>a</sup>	0,275	-0,192	-0,296	-0,109	0,259
Pluviosidade Acumulada	-0,037	-0,144	-0,097	-0,039	0,079	0,306	0,003	-0,024	-0,122	-0,051	0,275	0,307 <sup>a</sup>	0,117	-0,321	0,272	0,022
Sólidos totais	-0,095	-0,399	-0,417	0,338	0,237	0,157	-0,356	-0,135	-0,111	0,268	-0,192	0,117	0,861 <sup>a</sup>	0,214	-0,013	-0,323
Temperatura da água	-0,276	-0,097	0,044	0,056	0,170	-0,205	-0,067	-0,138	0,004	0,609	-0,296	-0,321	0,214	0,449 <sup>a</sup>	-0,726	-0,003
Temperatura Ambiente	0,315	-0,107	0,012	0,144	-0,071	0,324	-0,139	0,245	-0,017	-0,234	-0,109	0,272	-0,013	-0,726	0,628 <sup>a</sup>	-0,205
Turbidez	-0,716	0,270	0,200	-0,442	0,346	0,298	0,275	-0,182	-0,125	-0,146	0,259	0,022	-0,323	-0,003	-0,205	0,810 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: Clorof-a (Clorofila-a), C.Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Fito (Densidade do Fitoplâncton), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 6 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO FA\_3R

Variáveis	Extração
Clorofila-a	0,841
Coli Termotolerantes	0,961
Condutividade	0,644
DBO	0,840
Densidade Fito	0,933
Disco de Secchi	0,804
DQO	0,916
Fósforo total	0,710
Nitrogênio Total	0,901
OD	0,849
pH	0,829
Pluviosidade Acumulada	0,845
Sólidos totais	0,855
Temperatura da água	0,929
Temperatura Ambiente	0,760
Turbidez	0,868

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

TABELA D 7 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO FA\_4R

Variáveis	Clorof-a	C.Termo	Cond.	DBO	Fito	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Clorofila-a	0,685 <sup>a</sup>	0,053	-0,088	-0,062	-0,444	0,480	-0,548	0,244	0,051	-0,257	-0,298	0,090	0,093	-0,067	0,194	0,112
Coli Termotolerantes	0,053	0,404 <sup>a</sup>	0,032	0,382	-0,478	-0,133	-0,043	0,162	0,138	0,058	0,312	0,063	-0,050	-0,033	0,053	-0,178
Condutividade	-0,088	0,032	0,584 <sup>a</sup>	-0,029	0,111	-0,163	0,036	0,038	-0,116	0,392	0,079	-0,031	-0,659	-0,104	-0,152	0,296
DBO	-0,062	0,382	-0,029	0,443 <sup>a</sup>	-0,384	-0,297	-0,379	0,201	0,501	0,221	0,282	0,173	-0,085	0,063	-0,080	-0,256
Densidade Fito	-0,444	-0,478	0,111	-0,384	0,645 <sup>a</sup>	0,174	0,308	0,155	-0,059	-0,213	-0,238	-0,353	-0,081	-0,131	-0,202	0,262
Disco de Secchi	0,480	-0,133	-0,163	-0,297	0,174	0,486 <sup>a</sup>	-0,227	0,360	0,180	-0,235	-0,355	-0,336	0,161	0,259	-0,287	0,472
DQO	-0,548	-0,043	0,036	-0,379	0,308	-0,227	0,546 <sup>a</sup>	-0,472	-0,368	0,083	0,037	-0,266	-0,260	0,192	-0,108	0,147
Fósforo total	0,244	0,162	0,038	0,201	0,155	0,360	-0,472	0,526 <sup>a</sup>	0,419	-0,289	-0,187	-0,162	0,151	-0,280	-0,064	-0,127
Nitrogênio Total	0,051	0,138	-0,116	0,501	-0,059	0,180	-0,368	0,419	0,543 <sup>a</sup>	-0,167	-0,023	-0,340	0,114	0,026	-0,195	-0,108
OD	-0,257	0,058	0,392	0,221	-0,213	-0,235	0,083	-0,289	-0,167	0,487 <sup>a</sup>	0,038	0,185	-0,236	0,497	-0,419	0,056
pH	-0,298	0,312	0,079	0,282	-0,238	-0,355	0,037	-0,187	-0,023	0,038	0,753 <sup>a</sup>	0,189	-0,340	-0,134	-0,068	0,148
Pluviosidade Acumulada	0,090	0,063	-0,031	0,173	-0,353	-0,336	-0,266	-0,162	-0,340	0,185	0,189	0,323 <sup>a</sup>	0,150	-0,273	0,383	-0,273
Sólidos totais	0,093	-0,050	-0,659	-0,085	-0,081	0,161	-0,260	0,151	0,114	-0,236	-0,340	0,150	0,628 <sup>a</sup>	-0,044	0,184	-0,584
Temperatura da água	-0,067	-0,033	-0,104	0,063	-0,131	0,259	0,192	-0,280	0,026	0,497	-0,134	-0,273	-0,044	0,612 <sup>a</sup>	-0,699	0,283
Temperatura Ambiente	0,194	0,053	-0,152	-0,080	-0,202	-0,287	-0,108	-0,064	-0,195	-0,419	-0,068	0,383	0,184	-0,699	0,596 <sup>a</sup>	-0,442
Turbidez	0,112	-0,178	0,296	-0,256	0,262	0,472	0,147	-0,127	-0,108	0,056	0,148	-0,273	-0,584	0,283	-0,442	0,443 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: Clorof-a (Clorofila-a), C.Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Fito (Densidade do Fitoplâncton), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 8 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO FA\_4R

Variáveis	Extração
Clorofila-a	0,835
Coli Termotolerantes	0,776
Condutividade	0,799
DBO	0,763
Densidade Fito	0,882
Disco de Secchi	0,761
DQO	0,850
Fósforo total	0,784
Nitrogênio Total	0,723
OD	0,846
pH	0,811
Pluviosidade Acumulada	0,808
Sólidos totais	0,862
Temperatura da água	0,923
Temperatura Ambiente	0,762
Turbidez	0,879

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

TABELA D 9 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO FA\_5J/SE\_1M

Variáveis	C. termo	Cond.	DBO	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio.	ST	T. Água	T. Ar	Turb.
Coli Termotolerantes	0,491 <sup>a</sup>	0,082	-0,380	-0,064	-0,066	0,018	0,086	-0,250	-0,269	-0,279	-0,007	-0,039	0,022	-0,088
Condutividade	0,082	0,441 <sup>a</sup>	-0,050	-0,043	0,226	0,077	0,018	0,144	-0,438	-0,189	-0,549	0,115	-0,036	0,581
DBO	-0,380	-0,050	0,520 <sup>a</sup>	0,067	-0,239	0,099	0,132	0,077	0,119	0,042	0,029	-0,009	-0,156	0,116
Disco de Secchi	-0,064	-0,043	0,067	0,563 <sup>a</sup>	0,078	0,021	0,035	0,199	0,164	-0,053	-0,023	0,134	-0,073	0,260
DQO	-0,066	0,226	-0,239	0,078	0,388 <sup>a</sup>	-0,002	-0,017	0,178	0,094	0,043	-0,382	0,055	0,025	0,186
Fósforo total	0,018	0,077	0,099	0,021	-0,002	0,431 <sup>a</sup>	0,103	-0,151	-0,050	0,038	-0,066	-0,103	-0,064	0,012
Nitrogênio total	0,086	0,018	0,132	0,035	-0,017	0,103	0,537 <sup>a</sup>	-0,035	-0,212	-0,082	-0,133	0,153	-0,367	0,151
OD	-0,250	0,144	0,077	0,199	0,178	-0,151	-0,035	0,556 <sup>a</sup>	-0,040	-0,028	-0,269	0,574	0,038	0,237
pH	-0,269	-0,438	0,119	0,164	0,094	-0,050	-0,212	-0,040	0,580 <sup>a</sup>	0,197	-0,024	-0,170	0,114	-0,097
Pluviosidade acumulada	-0,279	-0,189	0,042	-0,053	0,043	0,038	-0,082	-0,028	0,197	0,392 <sup>a</sup>	0,125	-0,080	0,083	-0,268
Sólidos totais	-0,007	-0,549	0,029	-0,023	-0,382	-0,066	-0,133	-0,269	-0,024	0,125	0,377 <sup>a</sup>	-0,174	0,005	-0,563
Temperatura da água	-0,039	0,115	-0,009	0,134	0,055	-0,103	0,153	0,574	-0,170	-0,080	-0,174	0,547 <sup>a</sup>	-0,467	0,272
Temperatura ambiente	0,022	-0,036	-0,156	-0,073	0,025	-0,064	-0,367	0,038	0,114	0,083	0,005	-0,467	0,616 <sup>a</sup>	-0,139
Turbidez	-0,088	0,581	0,116	0,260	0,186	0,012	0,151	0,237	-0,097	-0,268	-0,563	0,272	-0,139	0,348 <sup>a</sup>

a. Medida de adequação da amostragem

Notações: C. termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda bioquímica de oxigênio), Secchi (Disco de Secchi), DQO (Demanda química de oxigênio), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (oxigênio dissolvido), pH (potencial hidrogeniônico), ST (Sólidos totais), T. Água (temperatura da água), T. Ar (temperatura ambiente), Turb. (Turbidez).

TABELA D 10 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO FA\_5J/SE\_1M

Variáveis	Extração
Coli Termotolerantes	0,749
Condutividade	0,786
DBO	0,722
Disco de Secchi	0,443
DQO	0,718
Fósforo total	0,794
Nitrogênio total	0,557
OD	0,720
pH	0,694
Pluviosidade acumulada	0,727
Sólidos totais	0,691
Temperatura da água	0,813
Temperatura ambiente	0,686
Turbidez	0,800

Método de extração: Componentes principais



TABELA D 11 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO SE\_2R

Variáveis	Clorof-a	C.Termo	Cond.	DBO	Fito	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Clorofila-a	0,638 <sup>a</sup>	0,008	0,198	0,140	-0,757	0,158	0,045	0,046	0,178	0,001	-0,437	0,074	0,191	-0,170	0,224	0,148
Coli Termotolerantes	0,008	0,673 <sup>a</sup>	0,003	-0,168	-0,089	-0,096	0,181	0,037	-0,064	0,159	-0,132	0,061	-0,158	0,141	-0,101	-0,520
Condutividade	0,198	0,003	0,370 <sup>a</sup>	0,109	-0,300	-0,171	0,008	-0,179	0,355	-0,168	-0,277	0,173	-0,120	0,210	0,414	0,323
DBO	0,140	-0,168	0,109	0,573 <sup>a</sup>	-0,110	-0,157	-0,298	0,083	0,055	-0,130	-0,037	-0,168	0,153	-0,139	0,278	0,124
Densidade Fito	-0,757	-0,089	-0,300	-0,110	0,566 <sup>a</sup>	0,066	-0,360	-0,009	-0,320	0,112	0,263	-0,269	-0,368	0,007	-0,403	0,075
Disco de Secchi	0,158	-0,096	-0,171	-0,157	0,066	0,633 <sup>a</sup>	-0,216	0,207	-0,069	0,524	-0,142	0,068	-0,168	0,148	-0,162	0,432
DQO	0,045	0,181	0,008	-0,298	-0,360	-0,216	0,554 <sup>a</sup>	-0,144	0,184	-0,312	0,119	0,146	0,225	-0,152	0,104	-0,221
Fósforo total	0,046	0,037	-0,179	0,083	-0,009	0,207	-0,144	0,638 <sup>a</sup>	-0,257	0,215	0,260	-0,025	-0,219	-0,125	-0,016	-0,190
Nitrogênio Total	0,178	-0,064	0,355	0,055	-0,320	-0,069	0,184	-0,257	0,307 <sup>a</sup>	-0,361	-0,366	0,227	0,183	0,058	0,380	0,283
OD	0,001	0,159	-0,168	-0,130	0,112	0,524	-0,312	0,215	-0,361	0,489 <sup>a</sup>	-0,172	-0,099	-0,238	0,301	-0,283	-0,115
pH	-0,437	-0,132	-0,277	-0,037	0,263	-0,142	0,119	0,260	-0,366	-0,172	0,505 <sup>a</sup>	-0,110	-0,106	-0,182	-0,108	-0,121
Pluviosidade Acumulada	0,074	0,061	0,173	-0,168	-0,269	0,068	0,146	-0,025	0,227	-0,099	-0,110	0,441 <sup>a</sup>	0,373	-0,041	0,505	-0,057
Sólidos totais	0,191	-0,158	-0,120	0,153	-0,368	-0,168	0,225	-0,219	0,183	-0,238	-0,106	0,373	0,494 <sup>a</sup>	-0,267	0,379	-0,248
Temperatura da água	-0,170	0,141	0,210	-0,139	0,007	0,148	-0,152	-0,125	0,058	0,301	-0,182	-0,041	-0,267	0,730 <sup>a</sup>	-0,404	0,123
Temperatura Ambiente	0,224	-0,101	0,414	0,278	-0,403	-0,162	0,104	-0,016	0,380	-0,283	-0,108	0,505	0,379	-0,404	0,487 <sup>a</sup>	0,094
Turbidez	0,148	-0,520	0,323	0,124	0,075	0,432	-0,221	-0,190	0,283	-0,115	-0,121	-0,057	-0,248	0,123	0,094	0,684 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: Clorof-a (Clorofila-a), C.Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Fito (Densidade do Fitoplâncton), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 12 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO SE\_2R

Variáveis	Extração
Clorofila-a	0,826
Coli Termotolerantes	0,486
Condutividade	0,805
DBO	0,576
Densidade Fito	0,866
Disco de Secchi	0,795
DQO	0,704
Fósforo total	0,578
Nitrogênio Total	0,563
OD	0,649
pH	0,724
Pluviosidade Acumulada	0,630
Sólidos totais	0,782
Temperatura da água	0,760
Temperatura Ambiente	0,822
Turbidez	0,867

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

TABELA D 13 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO SE\_3R

Variáveis	Clorof-a	C. Termo	Cond.	DBO	Fito	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Clorofila-a	0,699 <sup>a</sup>	0,223	0,138	-0,374	-0,359	0,047	0,197	-0,173	-0,009	0,122	-0,403	-0,263	-0,289	0,119	-0,073	0,024
Coli Termotolerantes	0,223	0,565 <sup>a</sup>	0,326	-0,082	0,045	-0,368	0,134	0,141	-0,195	-0,089	-0,106	0,056	-0,346	0,101	-0,096	-0,450
Condutividade	0,138	0,326	0,554 <sup>a</sup>	0,290	-0,260	-0,252	0,216	-0,216	-0,190	-0,031	-0,258	-0,084	-0,347	0,295	0,241	0,325
DBO	-0,374	-0,082	0,290	0,602 <sup>a</sup>	-0,022	0,020	-0,273	0,043	0,084	0,216	-0,183	0,274	0,318	0,059	0,229	0,191
Densidade Fito	-0,359	0,045	-0,260	-0,022	0,651 <sup>a</sup>	-0,099	-0,248	0,439	-0,266	0,063	0,036	0,292	-0,320	-0,491	-0,163	-0,303
Disco de Secchi	0,047	-0,368	-0,252	0,020	-0,099	0,662 <sup>a</sup>	0,107	0,176	0,487	0,160	-0,108	-0,031	0,206	-0,093	0,123	0,456
DQO	0,197	0,134	0,216	-0,273	-0,248	0,107	0,463 <sup>a</sup>	-0,009	0,072	-0,097	-0,084	-0,092	-0,195	0,071	0,152	0,057
Fósforo total	-0,173	0,141	-0,216	0,043	0,439	0,176	-0,009	0,532 <sup>a</sup>	-0,135	0,041	0,233	0,249	-0,087	-0,481	0,008	-0,414
Nitrogênio Total	-0,009	-0,195	-0,190	0,084	-0,266	0,487	0,072	-0,135	0,609 <sup>a</sup>	-0,166	-0,282	-0,050	0,193	0,155	0,112	0,263
OD	0,122	-0,089	-0,031	0,216	0,063	0,160	-0,097	0,041	-0,166	0,657 <sup>a</sup>	-0,388	-0,045	0,262	-0,018	-0,078	-0,118
pH	-0,403	-0,106	-0,258	-0,183	0,036	-0,108	-0,084	0,233	-0,282	-0,388	0,749 <sup>a</sup>	0,106	0,028	-0,274	-0,056	-0,090
Pluviosidade Acumulada	-0,263	0,056	-0,084	0,274	0,292	-0,031	-0,092	0,249	-0,050	-0,045	0,106	0,391 <sup>a</sup>	-0,087	-0,244	0,140	-0,115
Sólidos totais	-0,289	-0,346	-0,347	0,318	-0,320	0,206	-0,195	-0,087	0,193	0,262	0,028	-0,087	0,585 <sup>a</sup>	0,088	0,151	-0,083
Temperatura da água	0,119	0,101	0,295	0,059	-0,491	-0,093	0,071	-0,481	0,155	-0,018	-0,274	-0,244	0,088	0,606 <sup>a</sup>	-0,459	0,351
Temperatura Ambiente	-0,073	-0,096	0,241	0,229	-0,163	0,123	0,152	0,008	0,112	-0,078	-0,056	0,140	0,151	-0,459	0,726 <sup>a</sup>	0,064
Turbidez	0,024	-0,450	0,325	0,191	-0,303	0,456	0,057	-0,414	0,263	-0,118	-0,090	-0,115	-0,083	0,351	0,064	0,651 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: Clorof-a (Clorofila-a), C. Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Fito (Densidade do Fitoplâncton), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 14 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO SE\_3R

Variáveis	Extração
Clorofila-a	0,782
Coli Termotolerantes	0,490
Condutividade	0,848
DBO	0,779
Densidade Fito	0,856
Disco de Secchi	0,762
DQO	0,553
Fósforo total	0,593
Nitrogênio Total	0,773
OD	0,802
pH	0,830
Pluviosidade Acumulada	0,344
Sólidos totais	0,878
Temperatura da água	0,885
Temperatura Ambiente	0,859
Turbidez	0,896

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

TABELA D 15 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO SE\_4J

Variáveis	C. Termo	Cond.	DBO	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Coli Termotolerantes	0,466 <sup>a</sup>	-0,115	-0,192	0,313	0,024	0,233	-0,114	0,119	0,270	-0,605	-0,214	-0,271	-0,029	-0,129
Condutividade	-0,115	0,410 <sup>a</sup>	0,189	-0,012	0,142	0,046	0,142	-0,269	-0,538	-0,001	-0,588	0,032	0,135	0,708
DBO	-0,192	0,189	0,512 <sup>a</sup>	-0,207	-0,376	0,356	0,346	0,124	-0,190	0,409	-0,207	-0,196	0,284	0,280
Disco de Secchi	0,313	-0,012	-0,207	0,643 <sup>a</sup>	0,316	0,083	0,195	-0,125	0,034	-0,142	0,049	-0,251	0,224	0,005
DQO	0,024	0,142	-0,376	0,316	0,426 <sup>a</sup>	-0,118	-0,034	-0,339	-0,014	-0,131	0,001	-0,024	0,069	0,033
Fósforo Total	0,233	0,046	0,356	0,083	-0,118	0,487 <sup>a</sup>	0,218	0,162	0,151	0,059	-0,351	-0,349	0,110	-0,128
Nitrogênio Total	-0,114	0,142	0,346	0,195	-0,034	0,218	0,526 <sup>a</sup>	-0,193	-0,479	0,216	-0,128	-0,227	0,008	0,016
OD	0,119	-0,269	0,124	-0,125	-0,339	0,162	-0,193	0,674 <sup>a</sup>	0,246	0,013	0,061	0,405	0,057	-0,169
pH	0,270	-0,538	-0,190	0,034	-0,014	0,151	-0,479	0,246	0,514 <sup>a</sup>	-0,242	0,085	-0,095	0,011	-0,250
Pluviosidade Acumulada	-0,605	-0,001	0,409	-0,142	-0,131	0,059	0,216	0,013	-0,242	0,443 <sup>a</sup>	0,092	-0,040	0,221	-0,050
Sólidos Totais	-0,214	-0,588	-0,207	0,049	0,001	-0,351	-0,128	0,061	0,085	0,092	0,519 <sup>a</sup>	0,247	-0,126	-0,496
T água	-0,271	0,032	-0,196	-0,251	-0,024	-0,349	-0,227	0,405	-0,095	-0,040	0,247	0,642 <sup>a</sup>	-0,395	0,197
T ambiente	-0,029	0,135	0,284	0,224	0,069	0,110	0,008	0,057	0,011	0,221	-0,126	-0,395	0,611 <sup>a</sup>	0,125
Turbidez	-0,129	0,708	0,280	0,005	0,033	-0,128	0,016	-0,169	0,250	-0,050	-0,496	0,197	0,125	0,571 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: C.Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 16 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO SE\_4J

Variáveis	Extração
Coli Termotolerantes	0,831
Condutividade	0,794
DBO	0,721
Disco de Secchi	0,716
DQO	0,766
Fósforo Total	0,567
Nitrogênio Total	0,695
OD	0,756
pH	0,742
Pluviosidade Acumulada	0,810
Sólidos Totais	0,579
T água	0,837
T ambiente	0,717
Turbidez	0,763

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

TABELA D 17 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_1M

Variáveis	C. Termo	Cond.	DBO	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Coli Termotolerantes	0,389 <sup>a</sup>	-0,313	0,596	-0,362	-0,668	-0,048	0,335	-0,281	0,001	-0,397	0,116	0,147	-0,489	0,165
Condutividade	-0,313	0,664 <sup>a</sup>	0,007	-0,021	-0,001	0,388	0,098	0,201	-0,086	-0,308	-0,302	0,130	0,164	-0,110
DBO	0,596	0,007	0,146 <sup>a</sup>	-0,344	-0,810	0,112	0,615	-0,183	0,142	-0,375	0,157	0,287	-0,377	0,154
Disco de Secchi	-0,362	-0,021	-0,344	0,540 <sup>a</sup>	0,497	-0,073	-0,043	0,346	0,108	0,118	0,157	-0,061	0,357	-0,068
DQO	-0,668	-0,001	-0,810	0,497	0,277 <sup>a</sup>	-0,080	-0,573	0,204	-0,073	0,402	-0,066	-0,336	0,455	-0,247
Fósforo Total	-0,048	0,388	0,112	-0,073	-0,080	0,532 <sup>a</sup>	0,063	0,345	-0,231	0,017	-0,393	0,233	-0,030	-0,719
Nitrogênio Total	0,335	0,098	0,615	-0,043	-0,573	0,063	0,286 <sup>a</sup>	0,034	0,392	-0,323	0,159	0,395	-0,129	0,012
OD	-0,281	0,201	-0,183	0,346	0,204	0,345	0,034	0,626 <sup>a</sup>	-0,195	-0,048	-0,369	0,471	0,162	-0,515
pH	0,001	-0,086	0,142	0,108	-0,073	-0,231	0,392	-0,195	0,756 <sup>a</sup>	-0,114	0,057	-0,040	0,226	0,095
Pluviosidade Acumulada	-0,397	-0,308	-0,375	0,118	0,402	0,017	-0,323	-0,048	-0,114	0,584 <sup>a</sup>	-0,137	-0,235	0,328	-0,200
Sólidos Totais	0,116	-0,302	0,157	0,157	-0,066	-0,393	0,159	-0,369	0,057	-0,137	0,618 <sup>a</sup>	-0,136	-0,141	0,320
T água	0,147	0,130	0,287	-0,061	-0,336	0,233	0,395	0,471	-0,040	-0,235	-0,136	0,492 <sup>a</sup>	-0,448	-0,109
T ar	-0,489	0,164	-0,377	0,357	0,455	-0,030	-0,129	0,162	0,226	0,328	-0,141	-0,448	0,378 <sup>a</sup>	-0,198
Turbidez	0,165	-0,110	0,154	-0,068	-0,247	-0,719	0,012	-0,515	0,095	-0,200	0,320	-0,109	-0,198	0,586 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: C.Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 18 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_1M

Variáveis	Extração
Coli Termotolerantes	0,750
Condutividade	0,822
DBO	0,914
Disco de Secchi	0,486
DQO	0,891
Fósforo Total	0,777
Nitrogênio Total	0,891
OD	0,773
pH	0,672
Pluviosidade Acumulada	0,671
Sólidos Totais	0,586
T água	0,794
T ar	0,766
Turbidez	0,778

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

TABELA D 19 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_2R

Variáveis	C. Termo	Cond.	DBO	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Coli Termotolerantes	0,691 <sup>a</sup>	-0,303	-0,044	-0,026	-0,012	-0,471	0,035	0,163	-0,044	0,111	0,134	0,219	-0,160	-0,428
Condutividade	-0,303	0,406 <sup>a</sup>	0,332	-0,335	-0,264	0,125	0,285	-0,054	-0,506	-0,240	-0,010	-0,314	0,328	0,043
DBO	-0,044	0,332	0,367 <sup>a</sup>	-0,048	-0,725	0,144	0,415	-0,008	-0,312	0,153	-0,087	-0,032	0,089	0,023
Disco de Secchi	-0,026	-0,335	-0,048	0,508 <sup>a</sup>	0,083	0,418	-0,172	0,326	0,145	0,355	-0,253	0,451	-0,360	0,446
DQO	-0,012	-0,264	-0,725	0,083	0,392 <sup>a</sup>	-0,041	-0,414	-0,076	0,340	-0,236	0,081	-0,078	-0,124	-0,005
Fósforo Total	-0,471	0,125	0,144	0,418	-0,041	0,444 <sup>a</sup>	-0,193	0,044	-0,044	0,087	-0,367	0,108	-0,163	0,490
Nitrogênio Total	0,035	0,285	0,415	-0,172	-0,414	-0,193	0,401 <sup>a</sup>	-0,141	-0,225	0,008	0,225	-0,266	0,301	-0,350
OD	0,163	-0,054	-0,008	0,326	-0,076	0,044	-0,141	0,421 <sup>a</sup>	-0,149	0,119	-0,128	0,534	-0,315	0,186
pH	-0,044	-0,506	-0,312	0,145	0,340	-0,044	-0,225	-0,149	0,442 <sup>a</sup>	-0,236	0,054	0,002	-0,133	0,006
Pluviosidade Acumulada	0,111	-0,240	0,153	0,355	-0,236	0,087	0,008	0,119	-0,236	0,420 <sup>a</sup>	-0,424	0,410	-0,134	0,360
Sólidos Totais	0,134	-0,010	-0,087	-0,253	0,081	-0,367	0,225	-0,128	0,054	-0,424	0,523 <sup>a</sup>	-0,436	0,283	-0,842
T água	0,219	-0,314	-0,032	0,451	-0,078	0,108	-0,266	0,534	0,002	0,410	-0,436	0,386 <sup>a</sup>	-0,788	0,491
T ambiente	-0,160	0,328	0,089	-0,360	-0,124	-0,163	0,301	-0,315	-0,133	-0,134	0,283	-0,788	0,390 <sup>a</sup>	-0,347
Turbidez	-0,428	0,043	0,023	0,446	-0,005	0,490	-0,350	0,186	0,006	0,360	-0,842	0,491	-0,347	0,495 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: C.Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 20 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_2R

Variáveis	Extração
Coli Termotolerantes	0,737
Condutividade	0,793
DBO	0,851
Disco de Secchi	0,680
DQO	0,794
Fósforo Total	0,664
Nitrogênio Total	0,440
OD	0,663
pH	0,692
Pluviosidade Acumulada	0,651
Sólidos Totais	0,826
T água	0,891
T ambiente	0,741
Turbidez	0,929

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

TABELA D 21 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_3R

Variáveis	Clorof-a	C. Termo	Cond.	DBO	Fito	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Clorofila-a	0,435 <sup>a</sup>	0,272	0,412	0,187	-0,071	-0,456	-0,272	-0,327	-0,110	-0,088	0,138	0,384	-0,311	-0,162	-0,258	-0,063
Coli Termotolerantes	0,272	0,590 <sup>a</sup>	-0,085	-0,207	0,124	-0,360	0,212	-0,176	-0,159	-0,047	-0,087	-0,037	-0,484	-0,363	0,227	-0,642
Condutividade	0,412	-0,085	0,317 <sup>a</sup>	0,603	-0,475	-0,168	-0,495	0,035	0,340	0,110	0,003	0,429	-0,290	0,168	-0,324	0,181
DBO	0,187	-0,207	0,603	0,258 <sup>a</sup>	-0,429	-0,020	-0,745	0,229	0,342	-0,019	-0,124	0,240	0,130	0,280	-0,348	0,075
Densidade Fito	-0,071	0,124	-0,475	-0,429	0,420 <sup>a</sup>	-0,317	0,381	-0,383	-0,367	-0,084	0,225	0,019	-0,001	-0,466	0,229	-0,109
Disco de Secchi	-0,456	-0,360	-0,168	-0,020	-0,317	0,518 <sup>a</sup>	0,079	0,318	0,351	0,264	-0,424	-0,522	0,297	0,390	0,087	0,529
DQO	-0,272	0,212	-0,495	-0,745	0,381	0,079	0,273 <sup>a</sup>	-0,208	-0,126	0,147	0,030	-0,254	-0,062	-0,170	0,268	-0,134
Fósforo total	-0,327	-0,176	0,035	0,229	-0,383	0,318	-0,208	0,718 <sup>a</sup>	0,180	0,017	-0,197	-0,134	-0,054	0,165	-0,005	-0,120
Nitrogênio Total	-0,110	-0,159	0,340	0,342	-0,367	0,351	-0,126	0,180	0,286 <sup>a</sup>	0,349	-0,378	0,155	0,245	0,581	-0,396	0,106
OD	-0,088	-0,047	0,110	-0,019	-0,084	0,264	0,147	0,017	0,349	0,569 <sup>a</sup>	-0,265	0,212	-0,032	0,504	-0,481	0,021
pH	0,138	-0,087	0,003	-0,124	0,225	-0,424	0,030	-0,197	-0,378	-0,265	0,449 <sup>a</sup>	0,314	-0,036	-0,264	-0,082	-0,054
Pluviosidade Acumulada	0,384	-0,037	0,429	0,240	0,019	-0,522	-0,254	-0,134	0,155	0,212	0,314	0,336 <sup>a</sup>	-0,105	0,091	-0,458	-0,143
Sólidos totais	-0,311	-0,484	-0,290	0,130	-0,001	0,297	-0,062	-0,054	0,245	-0,032	-0,036	-0,105	0,696 <sup>a</sup>	0,368	-0,187	0,073
Temperatura da água	-0,162	-0,363	0,168	0,280	-0,466	0,390	-0,170	0,165	0,581	0,504	-0,264	0,091	0,368	0,385 <sup>a</sup>	-0,719	0,205
Temperatura Ambiente	-0,258	0,227	-0,324	-0,348	0,229	0,087	0,268	-0,005	-0,396	-0,481	-0,082	-0,458	-0,187	-0,719	0,435 <sup>a</sup>	0,023
Turbidez	-0,063	-0,642	0,181	0,075	-0,109	0,529	-0,134	-0,120	0,106	0,021	-0,054	-0,143	0,073	0,205	0,023	0,733 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: Clorof-a (Clorofila-a), C. Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Fito (Densidade do Fitoplâncton), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 22 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_3R

Variáveis	Extração
Clorofila-a	0,531
Coli Termotolerantes	0,719
Condutividade	0,711
DBO	0,765
Densidade Fito	0,602
Disco de Secchi	0,734
DQO	0,666
Fósforo total	0,714
Nitrogênio Total	0,568
OD	0,583
pH	0,423
Pluviosidade Acumulada	0,446
Sólidos totais	0,770
Temperatura da água	0,742
Temperatura Ambiente	0,758
Turbidez	0,858

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

TABELA D 23 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_4R

Variáveis	C. Termo	Cond.	DBO	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Coli Termotolerantes	0,691 <sup>a</sup>	-0,041	-0,151	-0,174	0,087	0,015	-0,236	0,202	-0,136	-0,041	-0,276	-0,048	-0,003	-0,645
Condutividade	-0,041	0,323 <sup>a</sup>	0,405	-0,378	-0,062	0,129	0,155	-0,167	0,094	0,411	-0,184	-0,101	0,101	0,082
DBO	-0,151	0,405	0,538 <sup>a</sup>	-0,253	-0,523	-0,047	0,355	-0,292	0,056	0,267	0,157	0,011	0,034	0,059
Disco de Secchi	-0,174	-0,378	-0,253	0,675 <sup>a</sup>	-0,244	0,207	-0,066	0,226	0,034	-0,511	0,180	0,363	-0,295	0,376
DQO	0,087	-0,062	-0,523	-0,244	0,658 <sup>a</sup>	-0,214	-0,096	0,156	0,216	0,022	0,023	-0,192	0,140	-0,072
Fósforo Total	0,015	0,129	-0,047	0,207	-0,214	0,752 <sup>a</sup>	-0,226	0,201	-0,289	0,016	-0,514	0,041	0,020	-0,079
Nitrogênio Total	-0,236	0,155	0,355	-0,066	-0,096	-0,226	0,245 <sup>a</sup>	-0,178	0,134	0,080	0,296	0,006	-0,059	0,176
OD	0,202	-0,167	-0,292	0,226	0,156	0,201	-0,178	0,354 <sup>a</sup>	-0,386	-0,122	-0,386	0,397	-0,125	0,059
pH	-0,136	0,094	0,056	0,034	0,216	-0,289	0,134	-0,386	0,460 <sup>a</sup>	0,103	0,563	-0,271	-0,026	-0,019
Pluviosidade Acumulada	-0,041	0,411	0,267	-0,511	0,022	0,016	0,080	-0,122	0,103	0,390 <sup>a</sup>	-0,129	-0,226	0,274	-0,008
Sólidos Totais	-0,276	-0,184	0,157	0,180	0,023	-0,514	0,296	-0,386	0,563	-0,129	0,650 <sup>a</sup>	-0,036	-0,129	-0,065
T água	-0,048	-0,101	0,011	0,363	-0,192	0,041	0,006	0,397	-0,271	-0,226	-0,036	0,486 <sup>a</sup>	-0,761	0,192
T ambiente	-0,003	0,101	0,034	-0,295	0,140	0,020	-0,059	-0,125	-0,026	0,274	-0,129	-0,761	0,531 <sup>a</sup>	-0,003
Turbidez	-0,645	0,082	0,059	0,376	-0,072	-0,079	0,176	0,059	-0,019	-0,008	-0,065	0,192	-0,003	0,767 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: C. Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 24 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_4R

Variáveis	Extração
Coli Termotolerantes	0,696
Condutividade	0,803
DBO	0,847
Disco de Secchi	0,832
DQO	0,759
Fósforo Total	0,705
Nitrogênio Total	0,562
OD	0,637
pH	0,751
Pluviosidade Acumulada	0,571
Sólidos Totais	0,824
T água	0,873
T ambiente	0,798
Turbidez	0,830

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

TABELA D 25 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_5R

Variáveis	Clorof-a	C. Termo	Cond.	DBO	Fito	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Clorofila-a	,622 <sup>a</sup>	0,062	0,028	-0,298	-0,447	0,384	-0,092	-0,120	0,153	0,172	-0,028	-0,116	0,042	0,176	-0,413	0,125
Coli Termotolerantes	0,062	,523 <sup>a</sup>	-0,436	-0,166	-0,063	-0,229	0,312	-0,338	-0,160	-0,126	0,225	-0,034	0,224	-0,399	0,327	-0,489
Condutividade	0,028	-0,436	,293 <sup>a</sup>	0,490	-0,322	0,098	-0,409	0,239	0,253	0,174	-0,282	0,080	-0,342	0,513	-0,253	0,342
DBO	-0,298	-0,166	0,490	,419 <sup>a</sup>	-0,036	-0,206	-0,600	0,264	0,145	-0,163	-0,311	-0,002	0,198	0,162	0,144	-0,160
Densidade Fito	-0,447	-0,063	-0,322	-0,036	,639 <sup>a</sup>	,252	0,055	0,341	-0,022	-0,092	-0,210	0,071	-0,109	-0,360	0,175	-0,203
Disco de Secchi	0,384	-0,229	0,098	-0,206	-0,252	,678 <sup>a</sup>	-0,055	0,216	0,010	0,340	0,019	-0,273	-0,149	0,223	-0,225	0,564
DQO	-0,092	0,312	-0,409	-0,600	0,055	-0,055	,273 <sup>a</sup>	-0,260	-0,317	-0,095	0,509	0,094	-0,051	-0,424	0,223	-0,087
Fósforo total	-0,120	-0,338	0,239	0,264	0,341	0,216	-0,260	,753 <sup>a</sup>	-0,109	-0,073	-0,163	-0,080	-0,329	-0,212	0,114	-0,116
Nitrogênio Total	0,153	-0,160	0,253	0,145	-0,022	0,010	-0,317	-0,109	,243 <sup>a</sup>	0,173	-0,433	0,121	-0,027	0,457	-0,384	0,156
OD	0,172	-0,126	0,174	-0,163	-0,092	0,340	-0,095	-0,073	0,173	,461 <sup>a</sup>	-0,253	0,016	-0,322	0,420	-0,449	0,308
pH	-0,028	0,225	-0,282	-0,311	-0,210	0,019	0,509	-0,163	-0,433	-0,253	,550 <sup>a</sup>	0,112	0,163	-0,386	0,097	-0,155
Pluviosidade Acumulada	-0,116	-0,034	0,080	-0,002	0,071	-0,273	0,094	-0,080	0,121	0,016	0,112	,791 <sup>a</sup>	-0,010	0,015	0,013	0,004
Sólidos totais	0,042	0,224	-0,342	0,198	-0,109	-0,149	-0,051	-0,329	-0,027	-0,322	0,163	-0,010	,723 <sup>a</sup>	-0,032	0,004	-0,458
Temperatura da água	0,176	-0,399	0,513	0,162	-0,360	0,223	-0,424	-0,212	0,457	0,420	-0,386	0,015	-0,032	,416 <sup>a</sup>	-0,701	0,447
Temperatura Ambiente	-0,413	0,327	-0,253	0,144	0,175	-0,225	0,223	0,114	-0,384	-0,449	0,097	0,013	0,004	-0,701	,573 <sup>a</sup>	-0,160
Turbidez	0,125	-0,489	0,342	-0,160	-0,203	0,564	-0,087	-0,116	0,156	0,308	-0,155	0,004	-0,458	0,447	-0,160	,646 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: Clorof-a (Clorofila-a), C.Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Fito (Densidade do Fitoplâncton), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 26 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_5R

Variáveis	Extração
Clorofila-a	0,721
Coli Termotolerantes	0,661
Condutividade	0,883
DBO	0,824
Densidade Fito	0,800
Disco de Secchi	0,794
DQO	0,664
Fósforo total	0,853
Nitrogênio Total	0,586
OD	0,505
pH	0,662
Pluviosidade Acumulada	0,443
Sólidos totais	0,772
Temperatura da água	0,814
Temperatura Ambiente	0,811
Turbidez	0,866

Método de Extração: Análise de Componente Principal.



TABELA D 27 - MATRIZ ANTI-IMAGEM DO CONJUNTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA ESTAÇÃO CA\_6J

Variáveis	C. Termo	Cond.	DBO	Secchi	DQO	P Total	N Total	OD	pH	Pluvio	ST	T. Água	T. Ar	Turb
Coli Termotolerantes	0,338 <sup>a</sup>	0,153	0,254	-0,354	0,324	0,139	0,286	0,253	0,074	0,081	-0,415	-0,370	0,562	-0,576
Condutividade	0,153	0,324 <sup>a</sup>	0,409	0,141	-0,168	0,508	0,181	0,422	-0,374	0,135	-0,428	-0,237	0,223	0,087
DBO	0,254	0,409	0,352 <sup>a</sup>	-0,283	-0,473	0,358	0,442	0,240	-0,381	-0,130	-0,284	-0,081	0,097	-0,312
Disco de Secchi	-0,354	0,141	-0,283	0,400 <sup>a</sup>	-0,092	0,160	-0,378	0,197	-0,050	0,183	0,106	0,222	-0,263	0,477
DQO	0,324	-0,168	-0,473	-0,092	0,487 <sup>a</sup>	-0,079	-0,244	0,040	0,296	0,093	-0,267	-0,168	0,323	-0,064
Fósforo Total	0,139	0,508	0,358	0,160	-0,079	0,451 <sup>a</sup>	0,001	0,270	-0,112	0,174	-0,484	-0,317	0,241	-0,118
Nitrogênio Total	0,286	0,181	0,442	-0,378	-0,244	0,001	0,386 <sup>a</sup>	0,069	-0,073	0,027	-0,183	0,026	0,074	-0,295
OD	0,253	0,422	0,240	0,197	0,040	0,270	0,069	0,574 <sup>a</sup>	-0,307	0,091	-0,367	0,267	0,055	-0,055
pH	0,074	-0,374	-0,381	-0,050	0,296	-0,112	-0,073	-0,307	0,518 <sup>a</sup>	0,354	-0,069	-0,221	0,465	0,102
Pluviosidade Acumulada	0,081	0,135	-0,130	0,183	0,093	0,174	0,027	0,091	0,354	0,383 <sup>a</sup>	-0,065	-0,139	0,336	0,115
Sólidos Totais	-0,415	-0,428	-0,284	0,106	-0,267	-0,484	-0,183	-0,367	-0,069	-0,065	0,568 <sup>a</sup>	0,196	-0,343	-0,087
T água	-0,370	-0,237	-0,081	0,222	-0,168	-0,317	0,026	0,267	-0,221	-0,139	0,196	0,499 <sup>a</sup>	-0,711	0,318
T ambiente	0,562	0,223	0,097	-0,263	0,323	0,241	0,074	0,055	0,465	0,336	-0,343	-0,711	0,443 <sup>a</sup>	-0,266
Turbidez	-0,576	0,087	-0,312	0,477	-0,064	-0,118	-0,295	-0,055	0,102	0,115	-0,087	0,318	-0,266	0,591 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Notações: C.Termo (Coliformes termotolerantes), Cond. (Condutividade), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Secchi (Disco de Secchi), P Total (Fósforo total), N Total (Nitrogênio total), OD (Oxigênio dissolvido), pH (Potencial hidrogeniônico), Pluvio (Pluviosidade acumulada em 48h), ST (Sólidos totais), T. Água (Temperatura da água), T. Ar (Temperatura ambiente), Turb (Turbidez)

TABELA D 28 - COMUNALIDADES DAS VARIÁVEIS DA MATRIZ DE DADOS DA ESTAÇÃO CA\_6J

Variáveis	Extração
Coli Termotolerantes	0,564
Condutividade	0,779
DBO	0,803
Disco de Secchi	0,555
DQO	0,760
Fósforo Total	0,657
Nitrogênio Total	0,649
OD	0,735
pH	0,806
Pluviosidade Acumulada	0,699
Sólidos Totais	0,780
T água	0,842
T ambiente	0,780
Turbidez	0,787

Método de Extração: Análise de Componente Principal.

## **APÊNDICE E - Resultados da análise fatorial**

TABELA E 1 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO FA\_1M: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	FA_1M			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Coliformes termotolerantes	-0,097	0,051	<b>0,937</b>	-0,074
Disco de Secchi	0,022	-0,547	<b>0,715</b>	0,027
DQO	0,076	0,038	-0,059	<b>0,971</b>
Oxigênio dissolvido	<b>-0,796</b>	-0,116	0,073	0,207
Sólidos totais	0,153	<b>0,731</b>	-0,238	-0,164
Temperatura da água	<b>0,913</b>	-0,098	-0,063	0,093
Temperatura ambiente	<b>0,912</b>	0,121	0,013	0,249
Turbidez	-0,029	<b>0,870</b>	0,094	0,210
Autovalores	2,339	1,633	1,467	1,133
Variância Explicada	29,2%	20,4%	18,3%	14,1%

TABELA E 2 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO FA\_2R: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	FA_2R					
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6
Clorofila-a	<b>0,811</b>	0,183	0,012	0,258	0,331	-0,059
Condutividade	-0,025	-0,147	<b>0,937</b>	0,047	0,020	-0,106
DBO	-0,031	-0,145	0,107	0,109	<b>0,849</b>	-0,112
Densidade do Fitoplâncton	<b>0,739</b>	0,223	-0,070	0,337	0,335	-0,002
Disco de Secchi	-0,148	<b>-0,815</b>	-0,032	-0,163	0,169	-0,326
DQO	0,201	0,085	-0,006	-0,060	<b>0,840</b>	0,073
Fósforo total	0,148	0,615	0,546	0,096	0,166	0,318
Nitrogênio Total	0,298	0,449	0,388	0,194	-0,039	0,458
Oxigênio dissolvido	<b>0,869</b>	-0,034	0,028	-0,237	-0,126	-0,016
pH	<b>0,800</b>	-0,097	0,123	0,407	-0,021	-0,024
Pluviosidade acumulada	-0,141	0,013	-0,134	0,085	-0,026	<b>0,879</b>
Sólidos totais	0,043	0,408	<b>0,821</b>	0,072	0,066	-0,063
Temperatura da água	0,192	0,122	0,126	<b>0,922</b>	-0,025	0,155
Temperatura ambiente	0,180	0,544	0,029	0,681	0,159	0,021
Turbidez	-0,110	<b>0,879</b>	0,057	0,104	0,005	-0,222
Autovalores	2,877	2,638	2,071	1,829	1,753	1,302
Variância Explicada	19,1%	17,5%	13,8%	12,1%	11,6%	8,6%

TABELA E 3 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO FA\_3R: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	FA_3R			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Clorofila-a	0,884	0,234	-0,020	-0,067
Coliformes termotolerantes	-0,093	0,057	0,844	0,004
DBO	0,826	-0,076	-0,174	0,069
Densidade do Fitoplâncton	0,938	0,112	-0,102	-0,030
Disco de Secchi	-0,576	-0,201	-0,356	-0,230
DQO	0,925	0,008	-0,097	0,006
Fósforo total	0,747	0,221	0,116	-0,113
Nitrogênio Total	0,928	0,163	0,036	-0,049
Oxigênio dissolvido	0,747	-0,177	0,451	-0,117
pH	0,677	0,477	0,174	-0,311
Pluviosidade acumulada	-0,062	0,014	0,014	0,965
Sólidos totais	0,858	0,215	0,187	-0,136
Temperatura da água	0,042	0,956	-0,119	0,063
Temperatura ambiente	0,233	0,819	0,201	-0,026
Turbidez	0,902	0,192	0,013	0,025
Autovalores	7,588	2,118	1,228	1,143
Variância Explicada	50,5%	14,11%	8,1%	7,6%

TABELA E 4 - ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO FA\_4R: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	FA_4R					
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6
Clorofila-a	0,826	0,207	0,269	0,089	0,137	-0,106
Coliformes termotolerantes	0,046	-0,010	-0,164	0,110	0,088	-0,853
Condutividade	-0,073	0,355	0,811	0,016	0,096	0,026
DBO	0,122	-0,196	0,734	-0,073	-0,386	0,130
Densidade do Fitoplâncton	0,696	0,421	0,139	-0,057	0,101	-0,433
Disco de Secchi	-0,127	-0,231	0,078	-0,808	-0,105	0,147
DQO	0,542	-0,066	0,479	0,120	0,316	0,457
Fósforo total	0,043	0,428	-0,190	0,493	0,086	0,558
Nitrogênio Total	0,368	0,143	-0,197	0,161	0,708	-0,029
Oxigênio dissolvido	0,795	-0,031	-0,383	0,128	-0,184	0,121
pH	0,647	0,562	0,194	-0,139	-0,002	0,141
Pluviosidade acumulada	-0,133	0,014	0,026	-0,101	0,882	-0,022
Sólidos totais	0,294	0,169	0,643	0,567	-0,097	0,058
Temperatura da água	0,056	0,918	0,124	0,122	0,208	-0,063
Temperatura ambiente	0,325	0,763	0,030	0,234	-0,083	0,107
Turbidez	-0,077	-0,027	0,119	0,921	-0,070	0,067
Autovalores	2,906	2,418	2,254	2,250	1,692	1,545
Variância Explicada	18,1%	15,1%	14,0%	14,0%	10,5%	9,6%

TABELA E 5 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO FA\_5J/SE\_1M: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	FA_5J/SE_1M			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Coliformes termotolerantes	0,382	0,063	0,546	0,486
Condutividade	-0,005	-0,821	-0,076	0,142
DBO	-0,126	-0,126	0,807	0,157
DQO	-0,117	0,158	0,717	-0,266
Fósforo total	0,132	0,190	-0,018	-0,437
Oxigênio dissolvido	0,922	-0,003	-0,042	-0,022
Pluviosidade acumulada	0,070	0,251	-0,047	0,802
Temperatura da água	-0,843	-0,135	0,118	0,030
Turbidez	0,125	0,826	-0,044	0,181
Autovalores	1,774	1,519	1,489	1,220
Variância Explicada	19,7%	16,8%	16,5%	13,5%

TABELA E 6 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO SE\_2R: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	SE_2R		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Clorofila-a	0,910	0,073	0,025
Condutividade	0,015	0,271	0,850
Densidade Fito	0,920	0,042	0,067
Disco de Secchi	-0,019	0,850	0,172
DQO	0,548	-0,032	-0,101
pH	0,511	0,014	0,365
Sólidos totais	0,155	-0,604	0,446
Temperatura da água	0,734	0,124	-0,405
Temperatura ambiente	0,489	0,213	-0,626
Turbidez	-0,273	-0,892	-0,079
Autovalores	3,113	2,025	1,662
Variância Explicada	31,1%	20,2%	16,2%

TABELA E 7 - ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO SE\_3R: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	SE_3R			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Clorofila-a	<b>0,810</b>	0,125	0,173	0,348
Condutividade	0,243	0,032	<b>0,843</b>	-0,351
DBO	0,299	-0,526	-0,158	0,316
Densidade do Fitoplâncton	<b>0,862</b>	0,154	0,166	0,230
Disco de Secchi	0,120	<b>-0,821</b>	0,338	-0,150
Nitrogênio total	0,474	0,568	0,121	-0,394
OD	0,229	0,470	-0,460	-0,570
pH	<b>0,878</b>	0,061	0,017	-0,167
Sólidos totais	0,155	0,608	0,553	0,391
Temperatura da água	<b>0,739</b>	-0,282	-0,369	0,011
Temperatura ambiente	0,566	-0,097	-0,634	0,045
Turbidez	-0,319	<b>0,774</b>	-0,304	0,319
Autovalores	3,194	2,292	2,272	1,698
Variância Explicada	26,6%	19,0%	18,9%	14,1%

TABELA E 8 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO SE\_4J: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	SE_4J				
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Coli Termotolerantes	0,247	0,080	<b>0,831</b>	-0,202	0,126
Condutividade	-0,114	<b>0,922</b>	0,057	0,042	-0,042
DBO	0,308	0,126	-0,165	0,590	0,589
Disco de Secchi	0,061	-0,044	-0,166	<b>0,874</b>	-0,186
DQO	-0,255	-0,121	0,038	-0,166	<b>0,868</b>
OD	<b>-0,843</b>	0,043	-0,130	-0,157	0,116
pH	0,068	<b>0,832</b>	0,133	-0,063	-0,057
Pluviosidade Acumulada	-0,097	0,082	<b>0,905</b>	-0,032	-0,121
T água	<b>0,893</b>	0,059	0,104	0,161	0,013
T ambiente	<b>0,726</b>	-0,041	-0,169	-0,471	-0,162
Turbidez	-0,483	-0,520	0,225	-0,418	-0,171
Autovalores	2,519	1,865	1,693	1,633	1,240
Variância Explicada	22,9%	19,9%	15,9%	14,8%	11,2%

TABELA E 9 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO CA\_1M: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	CA_1M				
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Coliformes Termotolerantes	0,265	0,060	0,897	0,006	0,043
Condutividade	-0,318	-0,267	0,793	-0,029	-0,171
DBO	-0,116	-0,016	-0,148	0,924	-0,239
DQO	0,327	0,075	0,268	0,742	0,441
Fósforo Total	0,909	0,038	-0,085	-0,040	0,084
Nitrogênio Total	0,095	-0,142	-0,100	-0,065	0,945
Oxigênio Dissolvido	0,526	-0,631	0,307	0,033	-0,169
Temperatura da água	-0,175	0,883	0,011	0,056	-0,103
Temperatura ambiente	0,191	0,828	-0,057	-0,015	-0,101
Turbidez	0,918	-0,099	0,095	0,083	0,109
Autovalores	2,313	1,977	1,652	1,422	1,245
Variância Explicada	23,1%	19,7%	16,5%	14,2%	12,4%

TABELA E 10 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO CA\_2R: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	CA_2R		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Coliformes termotolerantes	0,830	-0,062	-0,080
Condutividade	-0,282	0,041	-0,254
DBO	-0,036	0,074	0,913
DQO	-0,021	0,224	0,849
Sólidos Totais	0,903	0,006	0,017
Temperatura da água	-0,236	0,912	0,112
Temperatura ambiente	0,062	0,932	0,132
Turbidez	0,956	-0,127	0,016
Autovalores	2,559	1,777	1,655
Variância Explicada	31,9%	22,2%	20,6%

TABELA E 11 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO CA\_3R: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	CA_3R		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Coliformes termotolerantes	0,818	-0,153	0,099
Condutividade	-0,031	0,137	0,880
DBO	-0,061	0,124	-0,745
Disco de Secchi	-0,756	-0,053	0,265
Fósforo total	0,820	0,113	0,117
Sólidos totais	0,805	-0,083	0,339
Temperatura da água	-0,107	0,920	0,061
Temperatura ambiente	-0,013	0,933	-0,073
Turbidez	0,906	-0,214	-0,181
Autovalores	3,400	1,842	1,579
Variância Explicada	37,7%	20,4%	17,5%

TABELA E 12 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO CA\_4R: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	CA_4R			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Condutividade	-0,245	0,043	-0,230	0,810
DBO	-0,228	-0,154	0,811	-0,240
Disco de Secchi	-0,739	-0,057	0,452	0,265
DQO	-0,137	0,019	0,902	0,099
Fósforo total	0,870	0,087	0,002	-0,129
pH	-0,181	0,368	-0,397	-0,660
Sólidos totais	0,868	-0,052	-0,115	0,318
Temperatura da água	0,014	0,943	-0,046	-0,097
Temperatura ambiente	-0,046	0,935	-0,065	-0,007
Turbidez	0,837	-0,159	-0,156	-0,131
Autovalores	2,921	1,964	1,931	1,374
Variância Explicada	29,2%	19,6%	19,3%	13,7%



TABELA E 13 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO CA\_5R: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	CA_5R		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Clorofila-a	0,109	0,798	-0,247
Condutividade	-0,124	0,049	0,872
DBO	-0,091	0,037	-0,836
Densidade do Fitoplâncton	-0,234	0,717	0,187
Disco de Secchi	-0,907	-0,027	0,069
Fósforo total	0,901	-0,040	-0,059
Sólidos totais	0,761	-0,116	0,462
Temperatura da água	-0,063	0,845	-0,121
Temperatura ambiente	-0,153	0,847	0,174
Turbidez	0,869	-0,284	-0,090
Autovalores	3,088	2,682	1,829
Variância Explicada	30,8%	26,8%	18,2%

TABELA E 14 - RESULTADO DA ANÁLISE FATORIAL DA ESTAÇÃO CA\_6J: PESOS DAS VARIÁVEIS NA COMPOSIÇÃO DOS FATORES.

Variáveis	CA_6J			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Condutividade	-0,195	0,036	0,863	0,009
DBO	0,125	0,844	0,039	-0,028
DQO	-0,001	0,851	0,077	0,134
OD	0,786	-0,075	-0,104	0,279
pH	0,431	0,163	0,755	0,188
Pluviosidade acumulada	0,118	0,212	-0,250	-0,754
Sólidos totais	0,198	0,442	0,036	0,708
Temperatura da água	-0,889	-0,096	0,118	-0,001
Temperatura ambiente	-0,783	-0,247	-0,375	0,110
Turbidez	0,321	0,267	-0,408	0,620
Autovalores	2,417	1,853	1,719	1,599
Variância Explicada	24,1%	18,5%	17,1%	15,9%