

1º RELATÓRIO DE HIDROLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DAS VAZÕES E DOS APORTES DE CARGAS CONTRIBUENTES AO SISTEMA PERILAGUNAR PIRATINUNGA- ITAIPU/NITERÓI



**CONTRATO SEXEC N° 07/2018 - ELABORAÇÃO DE ESTUDOS PARA
ANÁLISE DA CONDIÇÃO AMBIENTAL DO SISTEMA PERILAGUNAR
PIRATINUNGA-ITAIPU – NITERÓI**

Porto Alegre, 05 de novembro de 2018

1º RELATÓRIO DE HIDROLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DAS VAZÕES E DOS APORTES DE CARGAS CONTRIBUINTES AO SISTEMA PERILAGUNAR PIRATININGA- ITAIPU / NITERÓI

CONTRATO SEXEC Nº 07/2018 - ELABORAÇÃO DE ESTUDOS PARA ANÁLISE DA CONDIÇÃO AMBIENTAL DO SISTEMA PERILAGUNAR PIRATININGA-ITAIPU - NITERÓI

Preparado para:

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI - RJ
SECRETARIA EXECUTIVA
Niterói – RJ

Preparado por:

HIDROSCIENCE CONSULTORIA E RESTAURAÇÃO AMBIENTAL EIRELI
Porto Alegre - RS

Distribuição:

01 cópia – Prefeitura Municipal de Niterói – RJ.

01 CÓPIA – HIDROSCIENCE Consultoria e Restauração Ambiental EIRELI.

Mês/Ano	Documento
Novembro, 2018	RE_P2_HIDROLOGIA_1ºSEM_V02

Controle de Produção do Documento

Profissional	Qualificação	Registro Profissional	Cargo/Função	Assinatura
Tiago Finkler Ferreira	Biólogo Ms. Dr. Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental	CRBIO RS 41024	Coordenação Geral e Responsabilidade técnica dos serviços	

1º RELATÓRIO DE HIDROLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DAS VAZÕES E DOS APORTES DE CARGAS CONTRIBUINTES AO SISTEMA PERILAGUNAR PIRATININGA- ITAIPU / NITERÓI

CONTRATO SEXEC Nº 07/2018 - ELABORAÇÃO DE ESTUDOS PARA ANÁLISE DA CONDIÇÃO AMBIENTAL DO SISTEMA PERILAGUNAR PIRATININGA-ITAIPU - NITERÓI

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	5
2. ESCOPO DO SERVIÇO	5
3. CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	6
3.1. Delimitação das bacias hidrográficas	8
3.2. Uso e ocupação do solo	9
3.3. Parâmetro das bacias	12
4. VAZÕES CARACTERÍSTICAS	16
4.1. Vazões médias	16
4.1.1 Vazão média a partir de regionalização de vazão	17
4.1.2 Vazão média a partir do método chuva-vazão	20
4.1.3 Vazão média a partir de referência bibliográfica	22
4.1.4 Considerações	23
4.2. Vazões de cheia	24
4.2.1. Dados Pluviométricos.....	24
4.2.2. Chuva de Projeto	27
4.2.3. Estimativa de vazões de cheia a partir do método chuva-vazão	31
4.3. Vazões de seca	32
4.3.1. Dados secundários	32
4.3.2. Levantamento de dados em campo	33
5. QUALIDADE DE ÁGUA	41
5.1. Primeira campanha de qualidade de água	41
5.1.1. Resultados	42
5.2. Estimativa de carga	50

5.2.1. Estimativa de carga de estiagem	50
5.2.2. Estimativa de carga média	52
5.2.3. Estimativa de carga máximas.....	53
6. EQUIPE TÉCNICA	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
8. ANEXOS.....	56
8.1. Fator de Frequência (K)	56
8.2. Mapa de Isozonas	57

1. APRESENTAÇÃO

A empresa HIDROSCIENCE CONSULTORIA E RESTAURAÇÃO AMBIENTAL EIRELI, com sede à Rua Joaquim Nabuco nº 115/304, Bairro Cidade Baixa, CEP 90050-340 em Porto Alegre – RS, vem por meio deste, apresentar o 1º RELATÓRIO DE HIDROLOGIA – CARACTERIZAÇÃO DAS VAZÕES E DOS APORTES DE CARGAS CONTRIBUINTES AO SISTEMA PERILAGUNAR PIRATININGA-ITAIPU referente ao contrato SEXEC nº 07/2018, cujo objeto é a execução dos “Estudos para Análise da Condição Ambiental do Sistema Lagunar Piratininga- Itaipu e Proposição das Ações necessárias à melhoria da sua dinâmica ambiental e hídrica, bem como a redução do aporte de nutrientes às lagoas, visando aos usos múltiplos”.

2. ESCOPO DO SERVIÇO

Os serviços contratados para análise da condição ambiental do sistema Perilagunar Piratininga-Itaipu compreendem o monitoramento da qualidade da água das lagoas, monitoramento da qualidade do sedimento, aplicação dos dados meteorológicos e oceanográficos, levantamento de dados hidrológicos, caracterização das comunidades planctônicas, bentônicas e de macrófitas aquáticas, inventário da ictiofauna e carcinofauna, inventário da herpetofauna, avaliação do estado trófico do sistema e estudo de balanço de massas.

Para avaliação e proposição de ações de recuperação ambiental serão realizadas modelagens matemáticas integrando dados biológicos e físicos obtidos ao longo dos monitoramentos para simular cenários de qualidade da água, considerando aspectos hidrodinâmicos e morfodinâmicos costeiros. Estas modelagens servirão para avaliar os processos de renovação hidráulica das lagoas em função de sua interação com o oceano e recebimento de cargas da bacia. Desta forma, será possível avaliar a capacidade de depuração do sistema no cenário atual e em cenários futuros considerando a implementação de ações de recuperação ambiental.

Diante desse contexto, as simulações numéricas que inicialmente visam compreender a hidrodinâmica do sistema lagunar e sua relação com as componentes oceânicas (nível/maré) e meteorológicas necessitam de dados confiáveis para abastecimento do modelo.

3. CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo o Diagnóstico de Drenagem do Plano Municipal de Saneamento Básico de Niterói, grande parte dos rios do município tem sua nascente no próprio município, na Serra da Tiririca, e drenam para o sistema costeiro (Baía da Guanabara, Lagoas Costeiras e Região Oceânica). O município de Niterói não está inserido na bacia de nenhum rio de maior porte e importância regional. Todas as bacias são relativamente pequenas e drenam para a região costeira.

Ainda segundo o Diagnóstico de Drenagem, a formação geológica da região favorece a ocorrência de alagamentos nas baixadas circundantes à Serra da Tiririca durante os grandes eventos de chuva típicos da região sudeste do Brasil, uma vez que encostas apresentam grandes declividades e as baixas são curtas, praticamente no nível do mar. A chegada rápida das águas que drenam das encostas tende a piorar com a impermeabilização das baixadas, causando o transbordamento dos rios e canais retificados.

A hidrografia do município de Niterói pode ser dividida em três áreas de drenagem: i) Região Oceânica; ii) Baía de Guanabara; e iii) Região Norte. A Região Oceânica inclui os sistemas hidrográficos que drenam para as praias oceânicas e lagoas de Piratiniga e Itaipu. Essa região envolve a área de Estudo em questão e será melhor caracterizada na sequência desse Relatório.

Na Região da Baía de Guanabara, que inclui o Centro da Cidade, os rios drenam para a Serra da Tiririca e morros do entorno diretamente para a Baía, com destaque para os rios Bomba, Rio das Pedras, Rio Dona Valência, Canal de Taubaté, entre outros. A terceira região inclui as bacias hidrográficas dos rios que drenam para a porção norte de Niterói, cujas águas seguem em direção a São Gonçalo, com destaque para os rios Sapê e Pendotiba (que formam o Rio Colubandê), o córrego Jardim América, Córrego do Malheiro e Rio Aldeia.

A Região Hidrográfica Oceânica inclui os sistemas hidrográficos que drenam para as praias oceânicas e para as lagoas Piratiniga e Itaipu. Dentre os rios que deságuam na Lagoa de Piratiniga destaca-se o Rio Jacaré, com comprimento de 5,88 km e canalização no seu trecho baixo e nascentes protegidas pela Reserva Ecológica

Municipal Darcy Ribeiro. Os outros rios que deságuam para a Lagoa de Piratininga são: Córrego da Viração, Cafubá, Arrozal e Córrego Santo Antônio.

Em relação aos rios que deságuam na Lagoa Itaipu, citam-se: Rio da Vala, Córrego Tiririca, Valão de Itacoatiara, Canal Camboatá, que liga as duas lagoas, e o Rio João Mendes, sendo este último o de maior contribuição para a Lagoa de Itaipu. O Rio João Mendes possui aproximadamente 7 km de extensão, com nascentes situadas na Reserva Ecológica Municipal Darcy Ribeiro e parte no Parque Estadual da Serra da Tiririca.

A área da Região Hidrográfica Oceânica é de 46,5 km², sendo que aproximadamente 40% da área está ocupada e 60% não ocupada. Esta área hidrográfica inclui 11 bairros do município de Niterói: Jardim Imbuí, Piratininga, Cafubá, Jacaré, Santo Antônio, Serra Grande, Maravista, Itaipu, Engenho do Mato e Itacoatiara.

A Figura 1 apresenta a hidrografia da região a partir da base de dados disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Niterói.

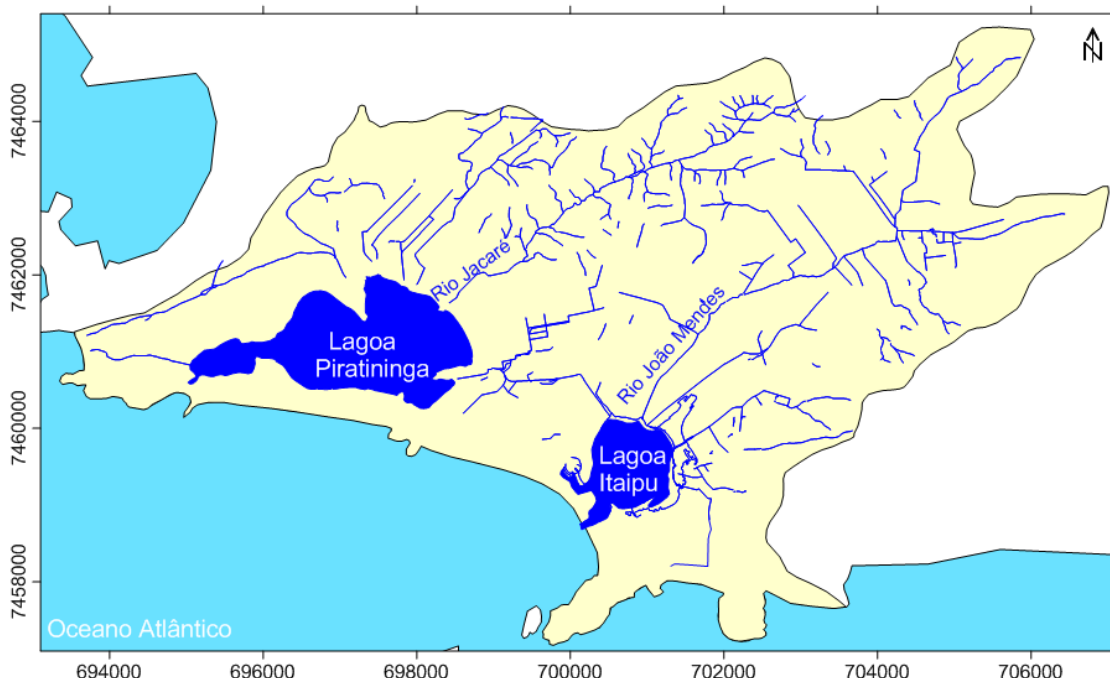


Figura 1 – Rede hidrográfica da Região Oceânica.

3.1. Delimitação das bacias hidrográficas

A partir dos dados de hidrografia e da topografia disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Niterói se delimitou a bacia hidrográfica da Região Oceânica, bem como suas sub-bacias.

A Região Hidrográfica Oceânica pode ser dividida em 15 sub-bacias, sendo que 6 delas drenam para a Lagoa de Piratininga, 6 para a Lagoa de Itaipu e 3 diretamente para o oceano. O Quadro 1 e a Figura 2 apresentam a área de cada uma das sub-bacias. A área total das sub-bacias que drenam para a Lagoa de Piratininga é de 18,91 km², enquanto que para a Lagoa de Itaipu é de 24,38 km². As sub-bacias que drenam diretamente para o oceano totalizam 3,19 km² de área. Estas três áreas de drenagem compõem a Região Hidrográfica Oceânica, com área total de 46,48 km².

Quadro 1 - Área das sub-bacias da Região Hidrográfica Oceânica.

Bacia	Código Sub-bacia	Nome Sub-bacia	Área (km ²)
Piratininga	PR-01	Córrego Viração	2,53
	PR-02	Rio Cafubá	1,67
	PR-03	Rio Arrozal	2,97
	PR-04	Rio Jacaré	6,00
	PR-05	Córrego Sto. Antônio	2,49
	PR-06	-	3,25
Itaipu	IT-01	Rio João Mendes	14,30
	IT-02	Rio da Vala	2,82
	IT-03	Rio Tiririca ou dos Colibris	1,51
	IT-04	Valão Itacoatiara	1,18
	IT-05	-	1,13
	IT-06	-	3,44
Atlântico	AT-01	-	0,94
	AT-02	-	0,10
	AT-03	-	2,15

Destaca-se que os rios Jacaré e João Mendes são os maiores de cada uma das suas sub-bacias, sendo que o Rio Jacaré representa 32% das áreas que drenam para a Lagoa de Piratininga e o Rio João Mendes engloba 59% das áreas que drenam para a Lagoa de Itaipu.

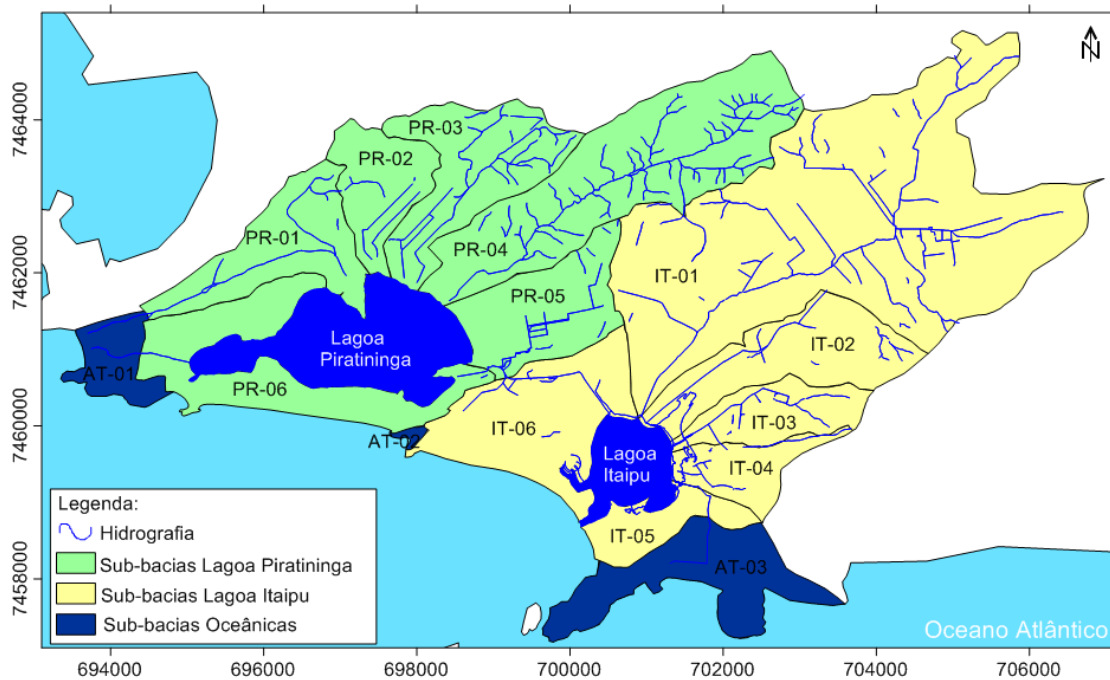


Figura 2 – Sub-bacias da Região Oceânica.

3.2. Uso e ocupação do solo

Os quadros a seguir apresentam os percentuais de uso e ocupação do solo para cada uma das sub-bacias segundo o Diagnóstico de Drenagem do Plano Municipal de Saneamento Básico de Niterói (2015).

Quadro 2 - Uso e ocupação do solo das sub-bacias de Piratininga. Fonte: Diagnóstico de Drenagem do Plano Municipal de Saneamento Básico de Niterói (2015).

Bacias Principais	Bacias Hidrográficas	Cobertura vegetal e uso da terra	Área (km ²)	Área (%)
Lagoa de Piratininga	Córrego da Viração	Floresta	1,97	78,69
		Gramíneas	0,02	0,73
		Vegetação arbustiva ou Área arborizada	0,15	6,20
		Área ocupada	0,22	8,88
		Área úmida	0,14	5,50
	Valão de Santo Antônio	Floresta	0,50	20,01
		Gramíneas	0,01	0,35
		Vegetação arbustiva ou Área arborizada	0,00	0,02
		Área ocupada	1,91	76,89
		Área úmida	0,07	2,73
	Áreas que drenam para a Lagoa de Piratininga	Afloramento rochoso	0,10	2,98
		Cordão arenoso	0,24	7,45
		Floresta	1,10	33,75
		Gramíneas	0,04	1,09
		Vegetação arbustiva ou Área arborizada	0,02	0,52
		Área ocupada	1,64	50,64
	Rio Arrozal	Área úmida	0,12	3,57
		Floresta	1,79	60,04
		Gramíneas	0,04	1,21
		Solo exposto	0,01	0,20
		Vegetação arbustiva ou Área arborizada	0,22	7,52
		Área ocupada	0,90	30,31
	Rio Cafubá	Área úmida	0,02	0,72
		Floresta	1,10	65,78
Gramíneas		0,01	0,51	
Vegetação arbustiva ou Área arborizada		0,01	0,39	
Área ocupada		0,51	30,38	
Rio Jacaré	Área úmida	0,05	2,94	
	Afloramento rochoso	0,03	0,44	
	Floresta	4,40	74,09	
	Gramíneas	0,05	0,82	
	Vegetação arbustiva ou Área arborizada	0,20	3,43	
	Área ocupada	1,25	20,97	
		Área úmida	0,02	0,26

Quadro 3 - Uso e ocupação do solo das sub-bacias de Itaipu. Fonte: Diagnóstico de Drenagem do Plano Municipal de Saneamento Básico de Niterói (2015).

Bacias Principais	Bacias Hidrográficas	Cobertura vegetal e uso da terra	Área (km ²)	Área (%)
Lagoa de Itaipu	Córrego da Tiririca ou dos Colibris	Afloramento rochoso	0,06	3,83
		Floresta	0,76	50,53
		Gramíneas	0,02	1,20
		Área ocupada	0,59	39,26
		Área úmida	0,08	5,18
	Rio João Mendes	Floresta	6,28	43,56
		Gramíneas	0,16	1,09
		Vegetação arbustiva ou Área arborizada	0,24	1,66
		Área ocupada	7,36	51,10
		Área úmida	0,37	2,59
	Rio da Vala	Floresta	0,90	31,83
		Gramíneas	0,05	1,60
		Vegetação arbustiva ou Área arborizada	0,04	1,48
		Área ocupada	1,42	50,38
		Área úmida	0,41	14,70
	Valão de Itacoatiara	Afloramento rochoso	0,09	7,82
		Floresta	0,59	49,97
		Gramíneas	0,01	0,65
		Área ocupada	0,34	28,39
		Área úmida	0,16	13,17
Áreas que drenam para a Lagoa de Itaipu	Afloramento rochoso	0,13	2,88	
	Cordão arenoso	0,30	6,69	
	Floresta	0,68	15,09	
	Gramíneas	0,07	1,47	
	Solo exposto	0,04	0,94	
	Vegetação arbustiva ou Área arborizada	0,05	1,07	
	Área ocupada	2,29	50,51	
	Área úmida	0,97	21,34	

Quadro 4 - Uso e ocupação do solo das sub-bacias que drenam para o oceano. Fonte: Diagnóstico de Drenagem do Plano Municipal de Saneamento Básico de Niterói (2015).

Bacias Principais	Bacias Hidrográficas	Cobertura vegetal e uso da terra	Área (km ²)	Área (%)
Áreas que drenam para o Oceano Atlântico	Áreas que drenam para o Oceano Atlântico	Afloramento rochoso	1,10	29,60
		Cordão arenoso	0,10	2,59
		Floresta	1,68	45,26
		Gramíneas	0,14	3,73
		Solo exposto	0,00	0,00
		Área ocupada	0,70	18,82

3.3. Parâmetro das bacias

As características fisiográficas de cada uma das sub-bacias estão apresentadas abaixo, no Quadro 5. Grande parte das bacias é constituída por dois relevos distintos. Na região de montante prevalecem relevos bastante acidentados e nos trechos médio e de jusante, relevos bastante suaves, conhecidos por planícies costeiras.

Quadro 5 - Características das sub-bacias da Região Hidrográfica Oceânica.

Bacia	Código Sub-bacia	Nome Sub-bacia	Cota montante (m)	Cota jusante (m)	Comp. (m)	Declividade média (%)	Área (km ²)
Piratininga	PR-01	Córrego Viração	200,00	3,00	2796,60	7,04	2,53
	PR-02	Rio Cafubá	230,00	3,00	2900,00	7,83	1,67
	PR-03	Rio Arrozal	250,00	3,00	3533,00	6,99	2,97
	PR-04	Rio Jacaré	350,00	3,00	6340,00	5,47	6,00
	PR-05	Vala Sto. Antônio	190,00	3,00	3405,00	5,49	2,49
	PR-06	-	40,00	3,00	585,00	6,32	3,25
Itaipu	IT-01	Rio João Mendes	140,00	3,00	7433,00	1,84	14,3
	IT-02	Rio da Vala	100,00	3,00	3050,00	3,18	2,82
	IT-03	Rio Tiririca ou dos Colibris	250,00	3,00	2640,00	9,36	1,51
	IT-04	Valão Itacoatiara	260,00	3,00	2481,00	10,36	1,18
	IT-05	-	150,00	3,00	1975,00	7,44	1,13
	IT-06	-	50,00	3,00	708,00	6,64	3,44

Para cada uma das classes de uso e ocupação do solo das bacias, apresentado anteriormente no item 3.2, se atribuiu um valor de deflúvio (Quadro 6). Os valores dos coeficientes de deflúvio foram utilizados conforme as recomendações do Manual de Hidrologia do DNIT (2005), tal como mostra o Quadro 7.

Para definir os valores de deflúvio de cada classe se considerou que o tipo de solo na região é “B”, com capacidade de infiltração acima da média, após o completo umedecimento, incluindo solos arenosos.

Segundo o “Projeto Executivo de Macro e Micro Drenagem de 10 Sub-Bacias da Região Oceânica de Niterói” (2013), as partes altas das bacias correspondem aos

maciços de rocha gnáissica e as regiões baixas os aluviões. Tal documento ainda diz que:

“Os maciços se apresentam com cobertura de solo de pequena expressão passando a saprolito (rocha completamente alterada), estruturada, compacta e nível d’água profundo. A esta unidade os terrenos superficiais correspondem em pedologia aos argilossolos, grupamento de solos com horizonte B textural, textura areno-argilosa, boa plasticidade, bem drenados, com nível d’água profundo. Nesta classe estão incluídos os solos que foram classificados anteriormente como Podzólico Vermelho-Amarelo. Outras unidades menos expressivas são os litossolos que correspondem às áreas de tálus na geotecnia e localizadamente ocorrem afloramentos de rocha.

As baixadas são apresentadas por solos aluvionares de textura arenosa, com relevo suave e nível d’água a pequena profundidade. A esta unidade corresponde em pedologia aos Gleissolos que compreendem solos hidromórficos constituídos por material mineral que apresentam horizonte glei de até 1,5 metros de espessura, relevo muito suave, textura normalmente arenosa para esta região e nível d’água pouco profundo. Constituem sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d’água e lagunas e ao mar ocupando os vales formados por material de origem fluvial, lacustrino e marinho. Ocorrem ainda, localizadamente, afloramentos de paredões amplos de rocha no alto das encostas”.

A Figura 3 apresenta os tipos de solo das áreas do entorno da Lagoa de Piratininga, segundo o Projeto Conceitual do Parque Orla Piratininga.

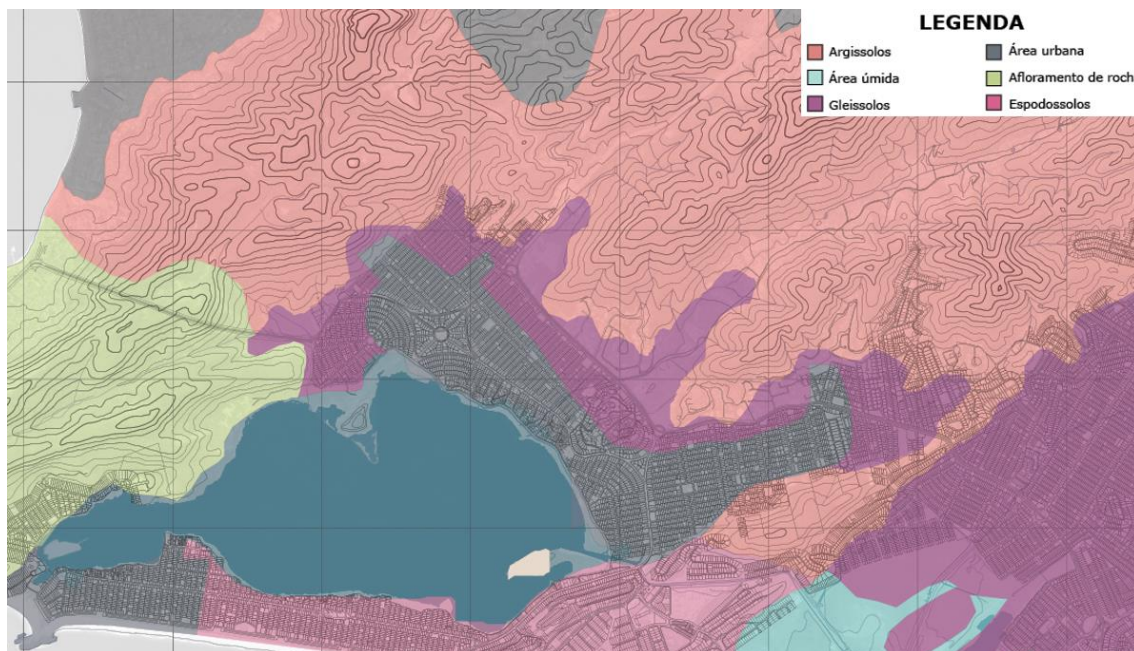


Figura 3 – Pedologia na área do entorno da laguna de Piratininga. Fonte: Projeto Conceitual do Parque Orla Piratininga.

Quadro 6 - Coeficiente de deflúvio utilizado em cada classe de uso e ocupação do solo.

Uso e ocupação do solo	Número de deflúvio
Floresta	52
Gramíneas	59
Vegetação arbustiva ou área arborizada	52
Área ocupada	90
Área úmida	30
Solo exposto	74
Afloramento Rochoso	97
Cordão arenoso	20

Quadro 7 - Coeficiente de deflúvio (DNIT, 2005).

Utilização da Terra	Condições da Superfície	Tipo de Solos da Área			
		A	B	C	D
Terrenos cultivados	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceado em nível	64	73	79	82
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Plantação de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceado em nível	60	71	79	82
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de legumes ou campos	Em curvas de nível	60	72	81	84
Cultivados	Terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
Campos permanentes	Esparças de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densa de alta transpiração	25	55	70	77
Chácaras/Estradas de terra	Normais	59	74	82	86
	Más	72	82	87	89
	De superfície dura	74	84	90	92
Florestas	Muito esparças, baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparças	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76
Superfícies impermeáveis	Áreas urbanizadas	100	100	100	100

Observações:

- O solo do tipo A é o de mais baixo potencial de deflúvio. Terrenos muito permeáveis, com pouco silte e argila;
- O solo do tipo B tem uma capacidade de infiltração acima da média, após o completo umedecimento. Inclui solos arenosos;
- O solo do tipo C tem uma capacidade de infiltração abaixo da média, após a pré-saturação. Contém percentagem considerável de argila e silte;
- O solo do tipo D é o de mais alto potencial do deflúvio. Terrenos quase impermeáveis, junto à superfície. Argiloso.

A partir do uso e ocupação do solo, apresentado no item 3.2, e dos valores de deflúvio para cada classe (Quadro 6), estimou-se então o coeficiente de deflúvio ponderado de cada uma das sub-bacias (Quadro 8).

Quadro 8 - Coeficiente de deflúvio das sub-bacias da Região Hidrográfica Oceânica.

Bacia	Código Sub-bacia	Nome Sub-bacia	Número de deflúvio
Piratininga	PR-01	Córrego Viração	54,74
	PR-02	Rio Cafubá	62,94
	PR-03	Rio Arrozal	63,49
	PR-04	Rio Jacaré	60,17
	PR-05	Córrego Sto. Antônio	80,64
	PR-06	-	69,43
Itaipu	IT-01	Rio João Mendes	70,92
	IT-02	Rio da Vala	68,02
	IT-03	Rio Tiririca ou dos Colibris	67,51
	IT-04	Valão Itacoatiara	63,30
	IT-05	-	65,90
	IT-06	-	95,90

4. VAZÕES CARACTERÍSTICAS

A quantificação das vazões características de cada um dos rios mencionados acima foi realizada por meio de métodos hidrológicos tradicionais de estimativa de vazão a partir de dados fluviométricos e pluviométricos, e também com base em medições em campo em 16 de agosto de 2018, em condições de estiagem. As medições no período de cheia estão previstas para ocorrer em dezembro de 2018 e servirão para corroborar a estimativa de vazões máximas estimadas neste relatório.

4.1. Vazões médias

A estimativa de vazão média de cada uma das sub-bacias se deu por meio de diferentes métodos, uma vez que as bacias estudadas não dispõem de estações fluviométricas. Para bacias que não possuem dados, a metodologia mais usual é a regionalização de vazão a partir de estações fluviométricas mais próximas, e preferencialmente, ainda dentro das mesma bacia hidrográfica. Como não há uma estação fluviométrica na mesma bacia hidrográfica da área de estudo, se buscou então fazer a regionalização de vazão a partir da estação mais próxima e, posteriormente, se comparou os resultados com outras metodologias, como método chuva-vazão e

referências bibliográficas. A seguir são apresentados os resultados obtidos em cada um dos métodos estudados.

4.1.1 Vazão média a partir de regionalização de vazão

Na região, a estação fluviométrica mais próxima que se dispõe de longa série de dados fica localizada no Rio Macacu, a 43 km ao norte da região de estudo (Figura 4). A área da bacia hidrográfica contribuinte para a estação fluviométrica é de 289 km² e está a 8m de altitude. Os dados da estação fluviométrica foram baixados do site da Hidroweb, cujo o código é 59240000.

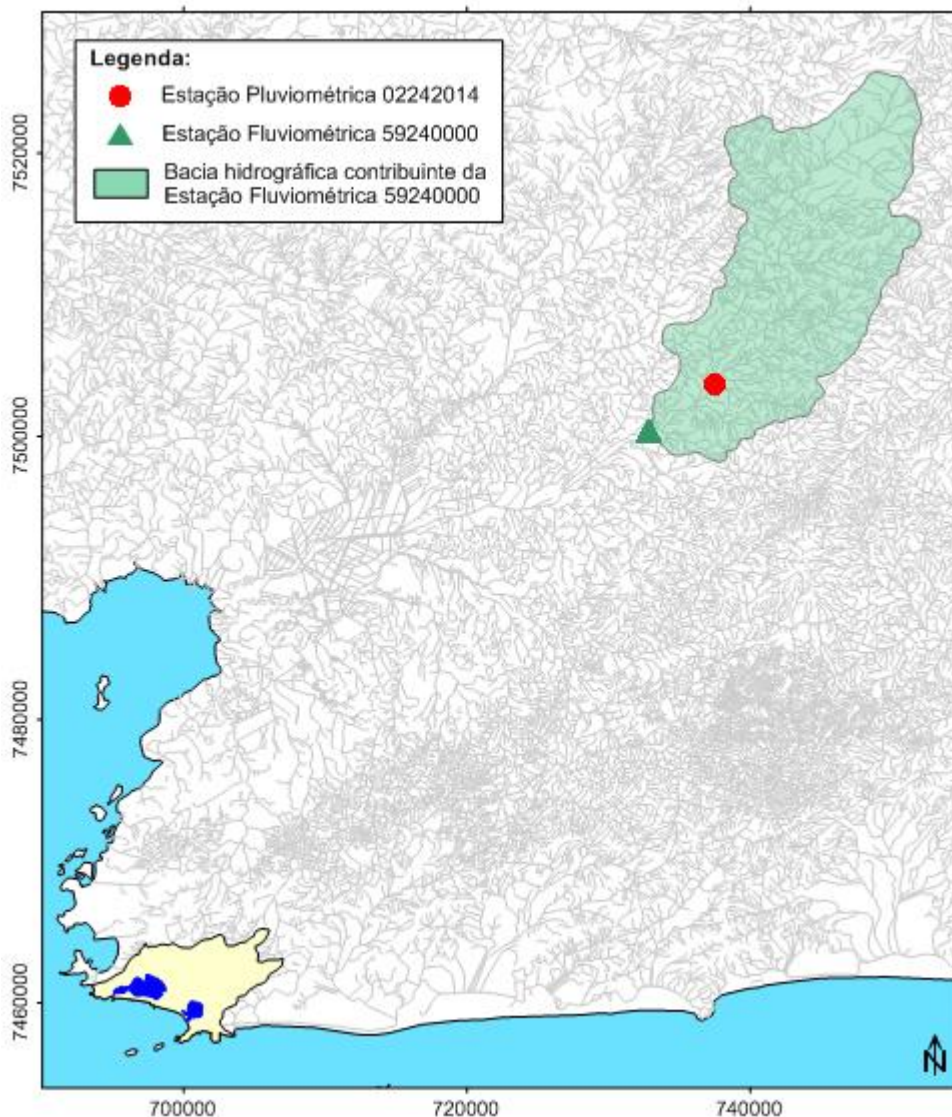


Figura 4 – Localização da estação fluviométrica 59240000.

Os dados da estação fluviométrica 59240000 vão desde 1969 à 2018, totalizando 49 anos de dados. A análise desses dados permitiu obter as vazões médias mensais e a vazão média de longo termo (Q_{mlt}) do Rio Macacu no local da estação fluviométrica (Quadro 5).

Quadro 9 – Vazões médias mensais na estação fluviométrica 59240000.

Mês	Vazão média na EF 59240000 (m³/s)
Jan	16,11
Fev	13,87
Mar	12,7
Abr	12,24
Mai	8,65
Jun	6,85
Jul	5,92
Ago	5,27
Set	6,27
Out	7,83
Nov	11,78
Dez	14,89
Q_{mlt}	10,05

Como objetivo de se obter a melhor correlação de vazão entre a bacia do Rio Macacu com as bacias da área de estudo, foram levantadas e comparadas algumas características de ambas as regiões hidrográficas, tais como área hidrográfica contribuinte, declividade média, coeficiente de deflúvio e pluviosidade média anual.

Para a obtenção do coeficiente de deflúvio da bacia do rio Macacu se fez um levantamento simplificado de uso e ocupação do solo da área hidrográfica contribuinte a partir de imagem área recente do Google Earth (março/2018). O Quadro 6 apresenta o valor da área dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo da região da bacia hidrográfica da estação fluviométrica 59240000. A partir desses valores foi possível obter uma coeficiente de deflúvio ponderado (CN) para a região da estação fluviométrica e posteriormente comparar aos CNs das bacias hidrográficas do sistema lagunar Piratininga-Itaipu.

Os valores de CN adotados para cada classe foram os mesmos apresentados anteriormente no item 3.3.

Quadro 10 – Área dos diferentes usos e ocupação do solo na bacia hidrográfica contribuinte para a estação fluviométrica 59240000.

Uso e ocupação do solo	Área (km ²)	Área (%)
Florestas	164.73	57%
Vegetação arbustiva ou área arborizada	115.6	40%
Área ocupada	8.67	3%

Para avaliar o regime pluviométrico na bacia do rio Macacu, se analisou os dados de chuva da estação pluviométrica 02242014, e posteriormente se comparou ao regime de chuva que ocorre na região de interesse. A localização da estação pluviométrica na bacia do rio Macacu está apresentada na Figura 4. O regime de chuva na região do sistema lagunar Piratininga-Itaipu é apresentado posteriormente no item 4.2.1.

O Quadro 11 apresenta de forma sintetizada os principais parâmetros das duas regiões hidrográficas utilizados para fazer a regionalização de vazão.

Quadro 11 – Área dos diferentes usos e ocupação do solo na bacia hidrográfica contribuinte para a estação fluviométrica 59240000.

Parâmetro	EF 59240000	Piratininga-Itaipu
Área	289,0	43,2
Declividade média	5,3%	6,5%
Chuva anual (mm/ano)	1796,91	1143,09
CN médio	53,14	66,1

Conhecidas as características de cada uma das bacias, se estimou então as vazões médias para a área de estudo a partir da correlação linear entre os parâmetros. Os Quadros 12 e 13 apresentam as vazões médias mensais e a vazão média de longo termo (Q_{mlt}) para as sub-bacias do sistema lagunar Piratininga-Itaipu a partir da regionalização da estação fluviométrica 59240000. De acordo com a metodologia utilizada, a Q_{mlt} das bacias que drenam para a lagoa Piratininga é de 0,66 m³/s, enquanto que para a Lagoa Itaipu é de 0,85 m³/s.

Quadro 12 – Vazões médias mensais das sub-bacias de Piratininga obtidas por regionalização a partir da estação fluviométrica 59240000 (m³/s).

	PR-01	PR-02	PR-03	PR-04	PR-05	PR-06
Q Jan	0,14	0,09	0,17	0,33	0,14	0,18
Q Fev	0,12	0,08	0,14	0,29	0,12	0,16

	PR-01	PR-02	PR-03	PR-04	PR-05	PR-06
Q Mar	0,11	0,07	0,13	0,26	0,11	0,14
Q Abr	0,11	0,07	0,13	0,25	0,11	0,14
Q Mai	0,08	0,05	0,09	0,18	0,07	0,10
Q Jun	0,06	0,04	0,07	0,14	0,06	0,08
Q Jul	0,05	0,03	0,06	0,12	0,05	0,07
Q Ago	0,05	0,03	0,05	0,11	0,05	0,06
Q Set	0,05	0,04	0,06	0,13	0,05	0,07
Q Out	0,07	0,05	0,08	0,16	0,07	0,09
Q Nov	0,10	0,07	0,12	0,24	0,10	0,13
Q Dez	0,13	0,09	0,15	0,31	0,13	0,17
Qmlt	0,09	0,06	0,10	0,21	0,09	0,11

Quadro 13 – Vazões médias mensais das sub-bacias de Itaipu obtidas por regionalização a partir da estação fluviométrica 59240000 (m³/s).

	IT-01	IT-02	IT-03	IT-04	IT-05	IT-06
Q Jan	0.80	0.16	0.08	0.07	0.06	0.19
Q Fev	0.69	0.14	0.07	0.06	0.05	0.17
Q Mar	0.63	0.12	0.07	0.05	0.05	0.15
Q Abr	0.61	0.12	0.06	0.05	0.05	0.15
Q Mai	0.43	0.08	0.05	0.04	0.03	0.10
Q Jun	0.34	0.07	0.04	0.03	0.03	0.08
Q Jul	0.29	0.06	0.03	0.02	0.02	0.07
Q Ago	0.26	0.05	0.03	0.02	0.02	0.06
Q Set	0.31	0.06	0.03	0.03	0.02	0.07
Q Out	0.39	0.08	0.04	0.03	0.03	0.09
Q Nov	0.58	0.11	0.06	0.05	0.05	0.14
Q Dez	0.74	0.15	0.08	0.06	0.06	0.18
Qmlt	0.50	0.10	0.05	0.04	0.04	0.12

4.1.2 Vazão média a partir do método chuva-vazão

Quando não se dispõe de dados de vazão na bacia de interesse, outra forma de se obtê-los é a aplicação de métodos de chuva-vazão. Isto é, estimar a vazão a partir de dados chuva. Dentre os métodos de chuva-vazão mais usuais, cita-se o método Racional, cuja fórmula é mostrada a seguir.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360}$$

Onde: C: coeficiente de deflúvio

i: intensidade pluviométrica em mm/hr

A = Área d bacia em hectare;

Este método é aplicado apenas para bacias pequenas e, em geral, se utiliza para obtenção de vazões máximas a partir de chuvas intensas de longo período de retorno. Com o objetivo de se estimar as vazões médias, este método foi aplicado utilizando as precipitações média mensais que ocorrem na região (Quadro 14). A precipitação média mensal na região de estudo foi obtida a partir de dados de estação pluviométrica próxima, apresentada posteriormente no item 4.2.1.

Quadro 14 – Precipitação média mensal na região de estudo.

Mês	Chuva (mm/mês)
Jan	123.56
Fev	105.77
Mar	115.82
Abr	118.36
Mai	74.88
Jun	68.55
Jul	62.75
Ago	55.12
Set	86.24
Out	81.45
Nov	99.97
Dez	150.61

O Quadro 15 abaixo apresenta as vazões médias mensais que drenam para o sistema lagunar Piratininga-Itaipu obtidas através da aplicação do método Racional, utilizando as precipitações médias mensais e as características de cada bacia, área e coeficiente de deflúvio, apresentadas anteriormente no item 3.3.

Segundo o método aplicado, a vazão média de longo termo que drena para Piratininga é de 0,45 m³/s e 0,66 para Itaipu.

Quadro 15 – Vazões médias mensais para as bacias de Piratininga e Itaipu a partir do método Racional (m³/s).

Sub-bacia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
PR-01	0,066	0,057	0,062	0,063	0,040	0,037	0,034	0,029	0,046	0,044	0,053	0,080
PR-02	0,050	0,043	0,047	0,048	0,030	0,028	0,025	0,022	0,035	0,033	0,041	0,061
PR-03	0,090	0,077	0,084	0,086	0,054	0,050	0,046	0,040	0,063	0,059	0,073	0,110
PR-04	0,172	0,147	0,161	0,165	0,104	0,095	0,087	0,077	0,120	0,113	0,139	0,210
PR-05	0,096	0,082	0,090	0,092	0,058	0,053	0,049	0,043	0,067	0,063	0,077	0,117
PR-06	0,108	0,092	0,101	0,103	0,065	0,060	0,055	0,048	0,075	0,071	0,087	0,131
IT-01	0,483	0,414	0,453	0,463	0,293	0,268	0,246	0,216	0,337	0,319	0,391	0,589
IT-02	0,091	0,078	0,086	0,088	0,055	0,051	0,046	0,041	0,064	0,060	0,074	0,111
IT-03	0,049	0,042	0,046	0,047	0,029	0,027	0,025	0,022	0,034	0,032	0,039	0,059
IT-04	0,036	0,030	0,033	0,034	0,022	0,020	0,018	0,016	0,025	0,023	0,029	0,043
IT-05	0,035	0,030	0,033	0,034	0,022	0,020	0,018	0,016	0,025	0,023	0,029	0,043
IT-06	0,157	0,135	0,147	0,151	0,095	0,087	0,080	0,070	0,110	0,104	0,127	0,192

4.1.3 Vazão média a partir de referência bibliográfica

Além dos métodos apresentados acima, se buscou ainda outros estudos já realizado na região que pudessem contribuir para a estimativa de vazões médias.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (INEA, 2014), desenvolvido pelo Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente da COPPETEC, apresenta um estudo hidrológico para o estado do Rio de Janeiro.

Conforme o Plano de Bacia, a área de estudo pertence a Região Hidrográfica RH-V (Baía de Guanabara), mais precisamente a região V-e1, Lagoas de Niterói. Segundo o estudo de regionalização elaborados durante o Plano Estadual, a equação que descreve a vazão média de longo termo da Região Hidrográfica V é descrito a seguir:

$$Q_{mlt} = 0,0099x A^{0,9812}xP^{2,1243}$$

Onde A é a área da bacia e P é a precipitação média.

O Quadro 16 apresenta as vazões médias que drenam para o sistema lagunar Piratininga-Itaipu com base nas informações contidas no Plano Estadual de Recursos Hídrico. Segundo este método a vazão média de longo termo que drena para Piratininga é de 0,33 m³/s e para Itaipu é de 0,42 m³/s.

Quadro 16 – Vazões médias mensais para as bacias de Piratininga e Itaipu estimadas a partir do Plano Estadual de Recursos Hídricos (INEA, 2014).

Sub-bacia	Nome Sub-bacia	Qmlt (m ³ /s)
PR-01	Córrego Viração	0,16
PR-02	Rio Cafubá	0,10
PR-03	Rio Arrozal	0,18
PR-04	Rio Jacaré	0,37
PR-05	Córrego Sto. Antônio	0,15
PR-06	-	0,20
IT-01	Rio João Mendes	0,89
IT-02	Rio da Vala	0,18
IT-03	Rio Tiririca ou dos Colibris	0,09
IT-04	Valão Itacoatiara	0,07
IT-05	-	0,07
IT-06	-	0,21

4.1.4 Considerações

Os diferentes métodos apresentados chegaram a valores distintos de vazões médias na área de estudo. O Quadro 17 apresenta de forma resumida a vazão média no sistema Piratininga-Itaipu estimada pelos diferentes métodos.

Quadro 17 – Comparação das vazões médias para as bacias de Piratininga e Itaipu estimadas pelos diferentes métodos apresentados.

	Regionalização EF 59240000	Método Racional	INEA (2014)
Qmlt Piratininga (m ³ /s)	0,66	0,45	0,33
Qmlt Itaipu (m ³ /s)	0,85	0,66	0,42

As maiores vazões foram obtidas pelo método de regionalização de vazão a partir da estação fluviométrica 59240000, que levou em consideração diversas características das bacias como precipitação, coeficiente de deflúvio, declividade e área. O método Racional é um método empírico, não leva em consideração dados medidos da região e sua maior aplicação se dá na estimativa de vazões máximas. Já o estudo apresenta pelo INEA, apesar se ter dados medidos no estado, possui uma escala de análise bastante distinta da área de interesse. Por ser um estudo de larga escala, que abrange todo o estado, áreas pequenas, com regimes pluviométricos, relevos e ocupações diferentes podem não ser bem representadas pelo método. Por isso, sugere-se que para o presente projeto se considere as vazões médias obtidas pela regionalização.

4.2. Vazões de cheia

Com o objetivo de avaliar as características hidrológicas e hidráulicas de cheia da região do estudo, se avaliou o comportamento pluviométrico da região a partir de dados medidos de chuva, e, posteriormente, avaliando-se o comportamento hidráulico de cada um dos rios que drenam para as Lagoas Piratininga e Itaipu.

4.2.1. Dados Pluviométricos

A análise hidráulica da região foi precedida da elaboração do estudo hidrológico, que utilizou dados pluviométricos da estação Horto Florestal, localizada no município de Niterói (código 2243236), por ser esta a estação mais próxima da área de estudo que dispõe de dados consistentes com capacidade de subsidiar os estudos. Os dados foram obtidos no *website* da Agência Nacional de Águas (ANA). Há ainda no site da ANA dados pluviométricos disponíveis da estação Modesto, localizada na Lagoa de Piratininga; porém não se utilizou esta estação pois a série temporal dos dados é ainda menor do que a da estação Horto Florestal.

Importante destacar que atualmente há outras estações pluviométricas mais próximas da região em estudo, entretanto, são estações relativamente novas, com medições iniciadas em 2014. Por serem séries hidrológicas de curto período, estas foram usadas apenas para comparar e validar os valores obtidos na Estação Pluviométrica Horto Florestal. A Figura 5 apresenta a localização da Estação Pluviométrica Horto Florestal bem como a localização das demais estações pluviométricas na região.

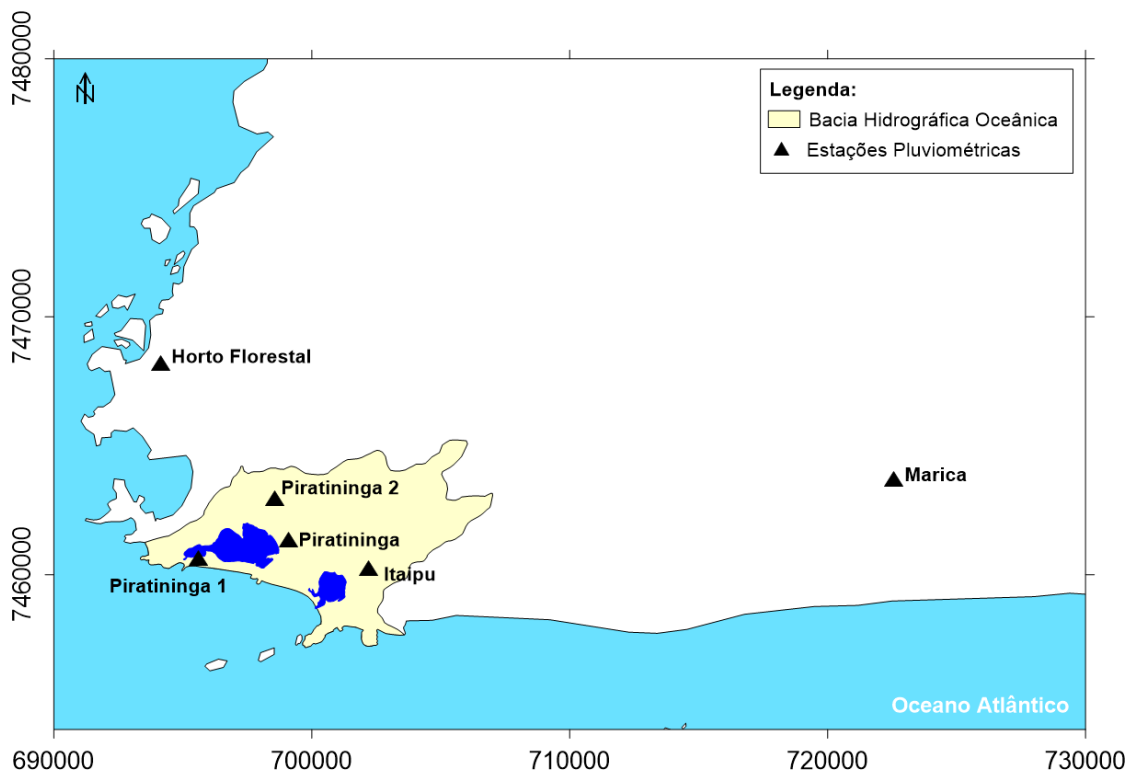


Figura 5 – Localização da estação pluviométrica Horto Florestal (2243236).

A série histórica da Estação Pluviométrica Horto Florestal utilizada no estudo compreende todos os anos com dados disponíveis, entre os anos de 1976 a 1994, totalizando 19 anos de dados sem falhas significativas. A Figura 6 apresenta a precipitação média e máxima mensal da Estação Pluviométrica Horto Florestal obtidas da série histórica mencionada. Nota-se que o período de estiagem compreende os meses de maio à agosto, enquanto que os meses mais chuvosos ocorrem durante o verão, de dezembro à fevereiro. A precipitação anual da Estação Pluviométrica Horto Florestal foi 1143 mm/ano, com média mensal de 95,26 mm/mês.

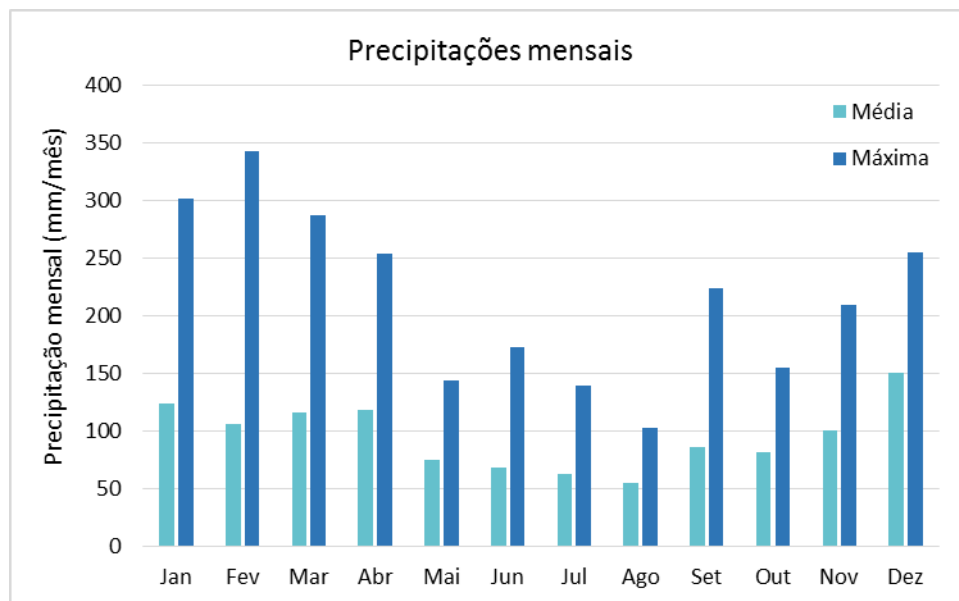


Figura 6 – Precipitações mensais da estação pluviométrica Horto Florestal (2243236).

Com o objetivo de validar a utilização dos dados da Estação Pluviométrica Horto Florestal no presente estudo, os resultados obtidos desta estação foram comparados aos dados de estações mais próximas à região das lagoas em estudo (Figura 7). Esta comparação incluiu as estações localizadas nas bacias hidrográficas das lagoas Piratininga e Itaipu (Piratininga, Piratininga 1, Piratininga 2 e Itaipu), cujos dados são a partir de 2014, bem como os dados da Estação Pluviométrica Maricá. As precipitações “Normais” da Estação Pluviométrica Marica, apresentadas também na Figura 7, foram calculadas pelo INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, sendo estes os valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas, 1981 a 2010.

A precipitação anual da Estação Pluviométrica Horto Floreal é de 1145 mm/ano, de Marica é de 1277 mm/ano, enquanto que a precipitação média anual das estações localizadas nas bacias de estudo foi de 946,00 mm/ano para o período medido (2014 a 2017). O valor reduzido das estações pluviométricas nas bacias em estudo deve-se principalmente ao período de medição, por isso a importância de se ter uma série maior de dados. Observa-se que os valores “Normais” da Estação Pluviométrica Maricá e as precipitações médias mensais da Estação Horto Florestal apresentam resultados semelhantes, embora a Estação de Maricá totalize uma precipitação anual 10%

superior à Estação Horto Florestal. Nota-se que os resultados obtidos na Estação Horto Florestal são medianos entre à Estação Maricá e às médias das estações localizadas nas bacias de estudo. Sendo assim, os dados de chuva obtidos a partir da Estação Pluviométrica Horto Florestal se mostraram coerentes com as demais estações e se justifica a utilização de seus dados no presente estudo.

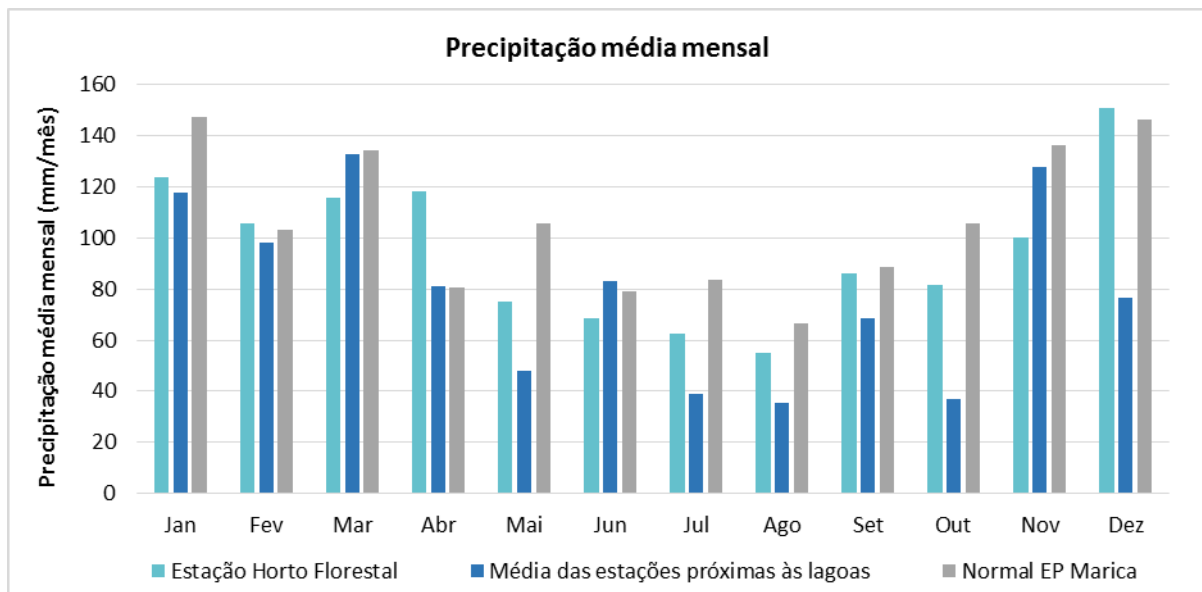


Figura 7 – Comparação entre a precipitação média mensal da estação pluviométrica Horto Florestal com as demais estações na região.

4.2.2. Chuva de Projeto

A partir da série de dados da Estação Pluviométrica Horto Florestal (1976 a 1994) foram definidas as curvas de I-D-F (intensidade, duração e frequência). Para a determinação das Curvas de Intensidade - Duração - Frequência utilizou-se o Método de Ven Te Chou e Eng. Taborga Torrico, em que:

$$H = \bar{X} + KS$$

Onde: H: Altura pluviométrica esperada para o período de retorno desejado

X: Média aritmética das chuvas máximas anuais

K: Fator de frequência (Anexo 1)

S: Desvio padrão de amostra

Aplicando a “teoria dos extremos das amostras ocasionais” na série histórica da estação pluviométrica escolhida, selecionam-se as chuvas máximas de um dia e obtêm-

se as alturas de chuva máxima para a estação em estudo, como pode ser observado no Quadro 18.

Quadro 18 - Precipitações máximas diárias.

Ano	Máxima (mm/dia)
1976	41,50
1977	80,90
1978	127,40
1979	55,20
1980	49,80
1981	84,90
1982	94,40
1983	83,20
1984	51,60
1985	85,80
1986	70,50
1987	87,50
1988	69,40
1989	63,40
1990	159,50
1991	66,20
1992	59,00
1993	41,30
1994	69,40

Com estes resultados pode-se montar a equação que permite calcular as alturas de chuva em função do Tempo de Recorrência e Duração do evento.

Os valores de K (fator de frequência) são obtidos segundo a lei de Gumbel apresentados no Anexo 1, com estes valores corrige-se a altura de precipitação e obtém-se os valores da precipitação máxima diária H(mm).

Na sequência utiliza-se o método desenvolvido pelo Engenheiro Taborga Torrico, que consiste em transformar os valores conhecidos das chuvas máximas de um dia em chuvas de 24 horas e destas para chuvas de uma hora e chuvas de 6 min de duração, estes valores de transformação foram obtidos no Mapa de Isozonas, apresentado no Anexo 2.

Com estes dados, pode-se construir as Curvas de Altura de Chuva - Duração - Tempo de Recorrência, dadas por:

$$H = (t, T)$$

E a partir destas obter as Curvas de Intensidade - Duração - Frequência

$$I = (t, T)$$

Onde: H: Altura de Precipitação, em mm

t: Tempo de Duração da chuva, em hora

T: Tempo de Recorrência, em anos

I: Intensidade de Precipitação, mm/h

Assim, pode-se montar a equação que permite calcular as alturas de chuva em função do Tempo de Recorrência e Duração do evento. Para a estação de Horto Florestal obteve-se:

$$H = 75,84 + 28,97K$$

Os valores de precipitação máxima diários já corrigidos pelo fator de frequência “K” são apresentados no Quadro 19.

Quadro 19 - Precipitações máximas diárias corrigida pelo Fator de Frequência para diferentes tempos de recorrência.

Tempo de recorrência TR (anos)	Fator de Frequência (K)	Precipitação Máxima Diária (mm /dia)
5	0,926	102,66
10	1,636	123,23
15	2,032	134,70
20	2,317	142,96
25	2,533	149,22
50	3,199	168,51
100	3,860	187,66

O Quadro 20 apresenta os fatores de correlação das chuvas máximas de 24hs, 1hr e 6 minutos a partir da chuva diária máxima, para a região de estudo, tal como propõe o método desenvolvido pelo Engenheiro Taborga Torrico, apresentado no Anexo 2 (Mapa de Isozonas).

Quadro 20 - Fatores de correlação para chuvas de menor duração de acordo com o Anexo 2 – Zona E.

TR (anos)	ZONA E		
	24/1d (%)	1h/24h (%)	0,1h/24h (%)
5	1,095	0,440	0,1296
10	1,095	0,436	0,1296
15	1,095	0,433	0,1296
20	1,095	0,432	0,1296
25	1,095	0,43	0,1296
50	1,095	0,426	0,1296
100	1,095	0,422	0,112

A partir da chuva diária máxima, apresentada no Quadro 19, se aplicou os fatores apresentados no Quadro 20 e se obteve então as precipitações máximas para chuvas com durações de 24hrs, 1hr e 0,1hr (Quadro 21).

Quadro 21 - Precipitações máximas para diferentes durações e frequência.

TR (anos)	H (mm) 1d	H = (t, T)		
		H (mm) 24h	H (mm) 1h	H (mm) 0,1h
5	102,66	112,41	49,46	14,57
10	123,23	134,94	58,83	17,49
15	134,70	147,50	63,87	19,12
20	142,96	156,54	67,62	20,29
25	149,22	163,39	70,26	21,18
50	168,51	184,52	78,60	23,91
100	187,66	205,48	86,71	23,01

Com estes dados apresentados no Quadro 21 pode-se construir as Curvas de Intensidade de Chuva - Duração - Tempo de Recorrência, como mostra a Figura 8.

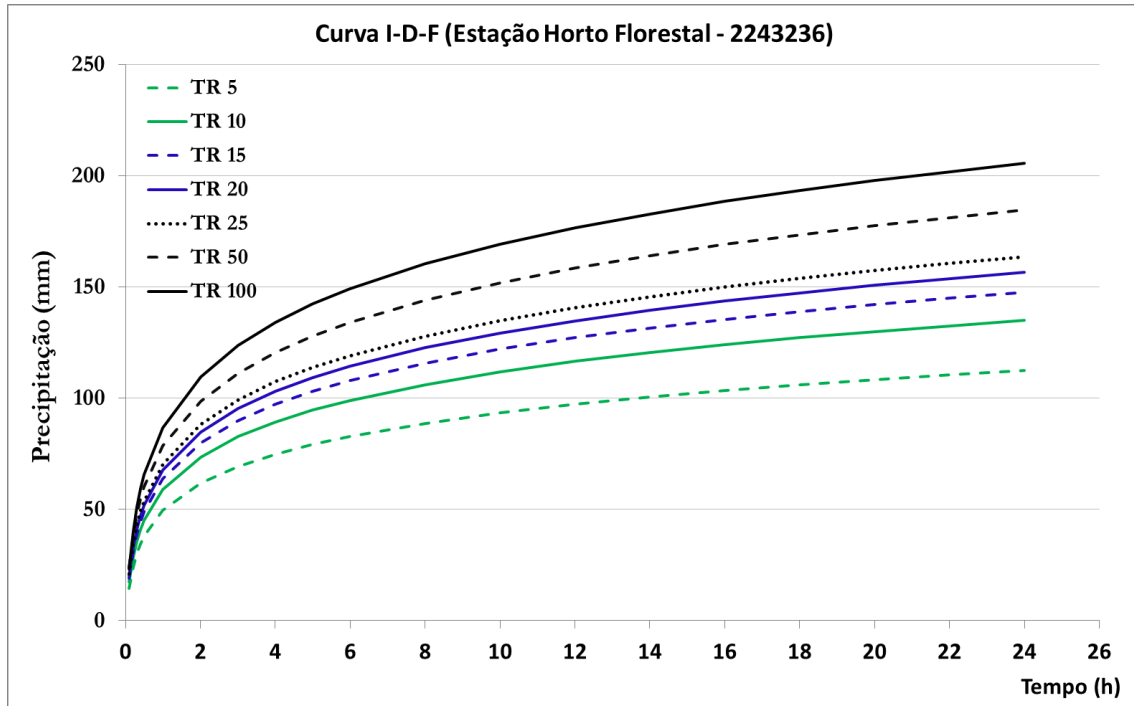


Figura 8 - Curvas de Intensidade-Duração-Frequência para a Estação Pluviométrica Horto Florestal – Niterói/RJ.

4.2.3. Estimativa de vazões de cheia a partir do método chuva-vazão

As vazões de cheia dos rios e canais de drenagem das bacias de Piratininga e Itaipu foram estimadas a partir de modelos de chuva-vazão, utilizando o método do Hidrograma Unitário Triangular. Isto é, foram estimadas as vazões de pico a partir das chuvas máximas, obtidas pela curva I-D-F, e das características da bacia hidrográfica.

Conhecidas as chuvas de projeto, item 4.2.2, e as características de cada bacia (item 3.3), como área, declividade e coeficiente de deflúvio, pode-se então estimar as vazões de cheia para cada um dos afluentes que deságuam nas Lagoas Piratininga-Itaipu. O Quadro 22 apresenta os valores de vazões de cheia para diferentes tempos de retorno.

Quadro 22 - Vazões de cheia das sub-bacias da Região Hidrográfica Oceânica para diferentes tempos de retorno (m³/s).

Bacia	Nome	TR 5	TR 10	TR 15	TR 20	TR 25	TR 50	TR 100
PT-01	Viração	0,42	1,29	1,93	2,47	2,89	4,40	6,16
PT-02	Cafubá	1,29	2,47	3,24	3,85	4,32	5,90	7,64
PT-03	Arrozal	2,45	4,50	5,81	6,85	7,63	10,29	13,22
PT-04	Jacaré	3,17	6,17	8,11	9,69	10,87	14,91	19,48
PT-05	Sto. Antônio	8,90	12,47	14,51	16,08	17,20	20,85	24,65
PT-06	-	5,25	8,63	10,68	12,30	13,49	17,48	21,74
IT-01	João Mendes	17,85	26,93	32,32	36,47	39,54	49,58	60,50
IT-02	Vala	3,62	5,90	7,29	8,38	9,19	11,88	14,81
IT-03	Tiririca	2,02	3,48	4,38	5,09	5,62	7,40	9,31
IT-04	Itacoatiara	0,94	1,84	2,42	2,90	3,25	4,47	5,80
IT-05	-	1,27	2,27	2,90	3,41	3,78	5,06	6,43
IT-06	-	3,83	6,76	8,59	10,06	11,14	14,81	18,80

4.3. Vazões de seca

Para se estimar a vazão dos rios no período de seca, foram consideradas as vazões medidas em campo pela equipe da Hydrosience no período de estiagem em agosto de 2018, bem como as medições disponíveis de outro estudo realizado em 2016.

4.3.1. Dados secundários

Em setembro de 2016 a Rio Tecnologia Ambiental realizou uma campanha de medição de vazão nos rios: Arrozal, Jacaré, Rio da Vala, João Mendes e Colibri. As coletas foram feitas no período seco, entre os dias 10/10/2016 a 19/10/2016.

Foram realizadas leituras dos níveis d'água do rio, nesses locais, no início e no final da medição de vazão. Como os rios em questão apresentam profundidades (p) inferiores a 1,20m a metodologia de medição adotada foi a vau, utilizando-se o equipamento Flow-Tracker, medindo-se a velocidade em um ponto (0,6 de p) ou dois pontos (0,2 e 0,8 de p), conforme a profundidade de cada uma das verticais de medição. Entretanto, no caso de rio Colibris devido à grande quantidade de lama contida em seu leito, a travessia do rio para execução da medição foi feita de barco.

O Quadro 23 e a Figura 9 apresentam os resultados da medição e a localização dos pontos respectivamente. Observa-se que as velocidades são bastante resumidas, o que consequentemente gerou vazões baixas.

Quadro 23 – Medição de vazão (Outubro/2016). Fonte: Rio Tecnologia Ambiental

Rio	Data	Cota (m)	Vazão (L/s)	Área molhada (m ²)	Largura (m)	Velocidade média (m/s)	Profundidade média (m)
Arrozal	10/10	0,26	10,8	0,347	3,10	0,0312	0,112
Jacaré	11/10	0,26	16,6	0,431	3,30	0,0386	0,131
Vala	12/10	0,34	26,0	0,391	2,27	0,066	0,172
João Mendes	13/10	1,66	74,4	3,73	6,90	0,0200	0,540
Colibri	19/10	1,77	33,5	2,64	5,10	0,0127	0,518


Figura 9 - Localização dos pontos de medição de vazão (Fonte: Rio Tecnologia Ambiental, 2016).

4.3.2. Levantamento de dados em campo

Durante o período de estiagem, mês de setembro de 2018, foram realizadas medições de vazões nos principais rios que desembocam nas lagoas Piratininga e Itaipu.

A medição de vazão foi realizada em uma única seção em cada um dos afluentes descritos anteriormente. A demarcação das seções foi efetuada com extensão definida por um ponto de início na margem direita (MD) e um de fim na margem esquerda (ME), onde foram efetuadas as medidas de distância e profundidade. A seção transversal foi levantada com detalhes, prosseguindo pelas margens até os pontos extremos da seção (MD/ME). As medições em cada um dos afluentes foram realizadas

de 20 em 20 cm na seção molhada do rio. As medidas de vazão foram realizadas com micromolinete hidrométrico durante o levantamento das seções.

Ao total foram medidas as vazões de 6 rios, sendo 4 deles na bacia de Piratininga e 2 na bacia de Itaipu. O Quadro 24 e a Figura 10 apresentam a localização dos pontos de medição.

Quadro 24 – Pontos de medição de vazão (Setembro/2018).

Ponto	Rio	Bacia	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)
H0	Canal Rio Cafubá	Piratininga	697586	7462061
H1	Rio Arrozal	Piratininga	698002	7461931
H2	Rio Jacaré	Piratininga	698517	7461732
H3	Rio Santo Antônio	Piratininga	699179	7460848
H4	Rio João Mendes	Itaipu	701616	7461167
H5	Rio da Vala	Itaipu	701969	7460786

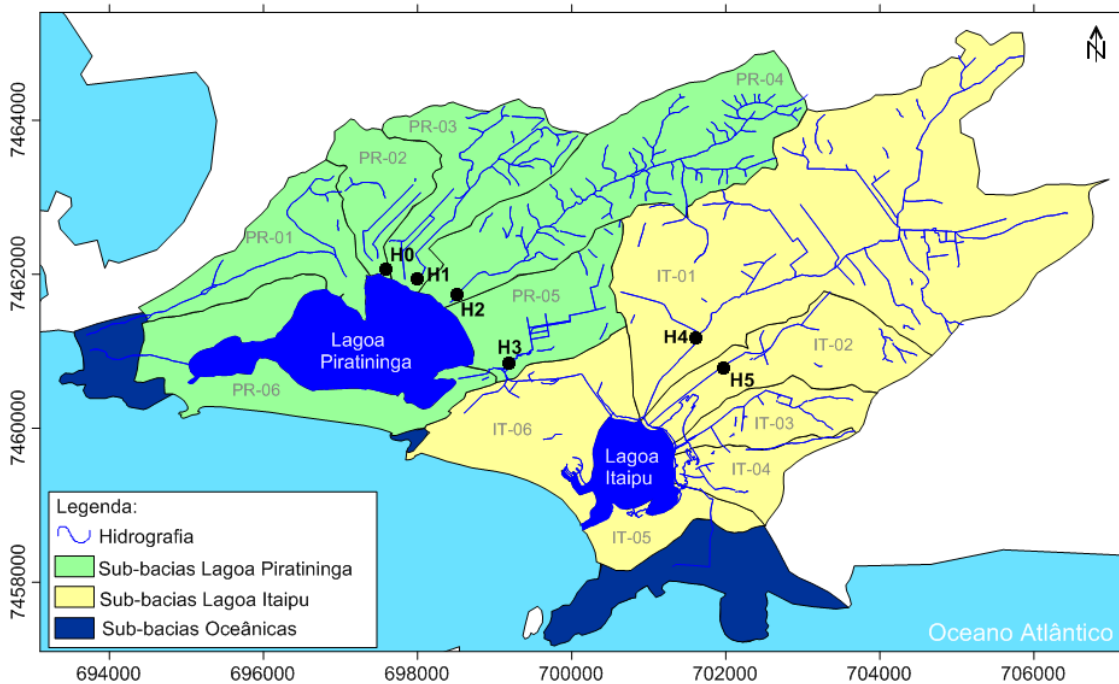


Figura 10 - Localização dos pontos de medição de vazão em setembro de 2018.

O ponto **H0** está localizado no canal de drenagem do Rio Cafubá, logo a montante da sua desembocadura na Lagoa Piratininga. Grande parte deste rio encontra-se canalizado e retificado, passando por grande adensamento populacional. No momento da medição em campo, em torno das 12h, a lâmina d'água estava bastante reduzida em relação ao tamanho do canal.



Figura 11 – Canal do Rio Cafubá (H0). Microbacia da lagoa de Piratininga – Niterói/Rio de Janeiro.

O ponto **H1** está localizado no Rio Arrozal situado em uma área densamente urbanizada. Nos trechos próximos a lagoa de Piratininga, este canal encontra-se retificado e em alguns segmentos é possível observar exposição da lamina da água. Nos trechos expostos, foi possível constatar a presença de uma vegetação de pequeno porte nas regiões marginais. A água apresentava coloração acinzentada/negra (Figura 12), odor característico de matéria orgânica em decomposição e não foi possível observar um fluxo de água da região de montante para jusante.



Figura 12 – Rio Arrozal (H1). Microbacia da lagoa de Piratininga – Niterói/Rio de Janeiro.

O ponto **H2**, no rio Jacaré (Figura 13), situa-se em uma região com elevado adensamento populacional. Suas margens são delimitadas pelas construções existentes em seu entorno. A vegetação presente ao longo do rio surge a partir da formação de áreas secas na calha do rio, estas provenientes do baixo volume de água existente no ambiente. Em alguns trechos foi possível observar diversos pontos de lançamento de efluentes, estes na maioria das vezes com elevada presença de espumas (com maior aporte de composto polifosfatado para o sistema). A água apresentava excessiva concentração de partículas suspensas, indicando elevada concentração de matéria orgânica.



Figura 13 – Rio Jacaré (H2). Microbacia da lagoa de Piratininga – Niterói/Rio de Janeiro.

O ponto no Córrego Santo Antônio, **H3**, assim como os demais rios já descritos, também se situa em uma região urbanizada, sendo sua montante compreendida no Morro da Peça, unidade integrante do Parque Estadual da Serra da Tiririca (PESET). A margem esquerda é delimitada pela existência de muros oriundos das residências existentes no entorno (Figura 14). A vegetação existente nas margens é constituída por espécies arbustivas oportunistas. A lâmina da água apresentava coloração escura com odor característico de esgoto, além disso, também foi observado nas margens o descarte de entulhos provenientes das construções de entorno e acúmulo de lixo na região proximal da área canalizada.



Figura 14 – Rio Santo Antônio (H3). Microbacia da lagoa de Piratininga – Niterói/Rio de Janeiro.

O ponto **H4** está localizado no Rio João Mendes que deságua na Lagoa de Itaipu. Sua região proximal da lagoa apresenta grande parte de seu canal retificado. Em seu entorno há grande adensamento populacional, o que contribui significativamente para baixa qualidade hídrica observada. Em alguns trechos marginais do rio é possível observar a presença de uma vegetação arbustiva. A água apresentava coloração leitosa com elevada quantidade de partículas em suspensão, além disso, apresentava odor característico de efluente.

Por fim, o ponto **H5** está localizado no Rio da Vala e, assim como o rio João Mendes, apresenta grande parte de sua região jusante retificada. Na região de montante há um grande adensamento populacional o que, conseqüentemente, ocasionou a canalização, em função das construções de entorno, de grande parte de sua extensão. Em alguns segmentos foi possível observar a ocorrência de uma vegetação arbórea mais desenvolvida, em estágio transicional de capoeirinha para capoeira. Apesar de tais observações, a água apresentava coloração escura com forte odor, provavelmente proveniente do lançamento de efluentes.

As figuras a seguir (Figura 16 a Figura 20) apresentam as seções hidráulicas levantadas em campo para cada um dos pontos descritos acima.

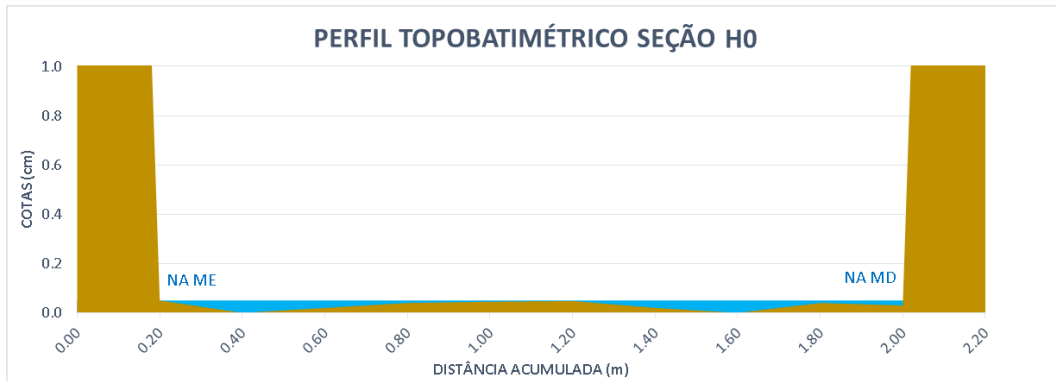


Figura 15 – Seção canal de drenagem Rio Cafubá (H0). Microbacia da lagoa de Piratininga – Niterói/Rio de Janeiro.

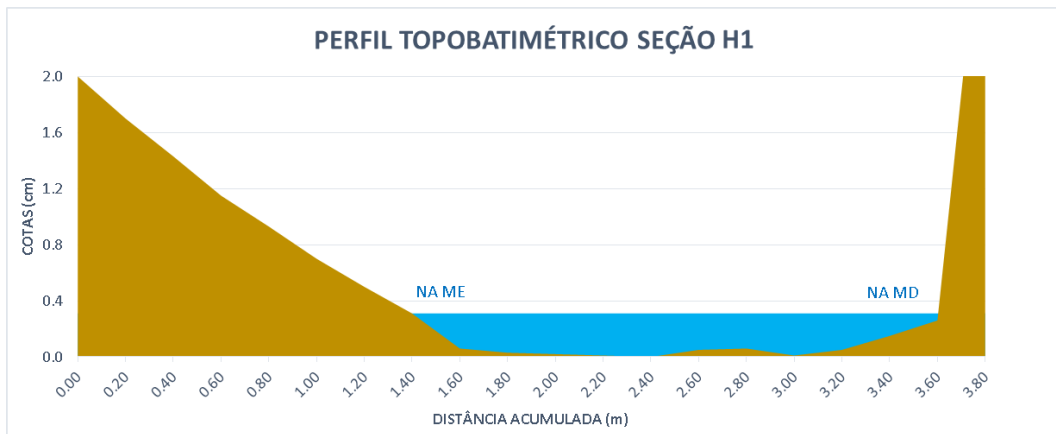


Figura 16 – Seção Rio Arrozal (H1). Microbacia da lagoa de Piratininga – Niterói/Rio de Janeiro.

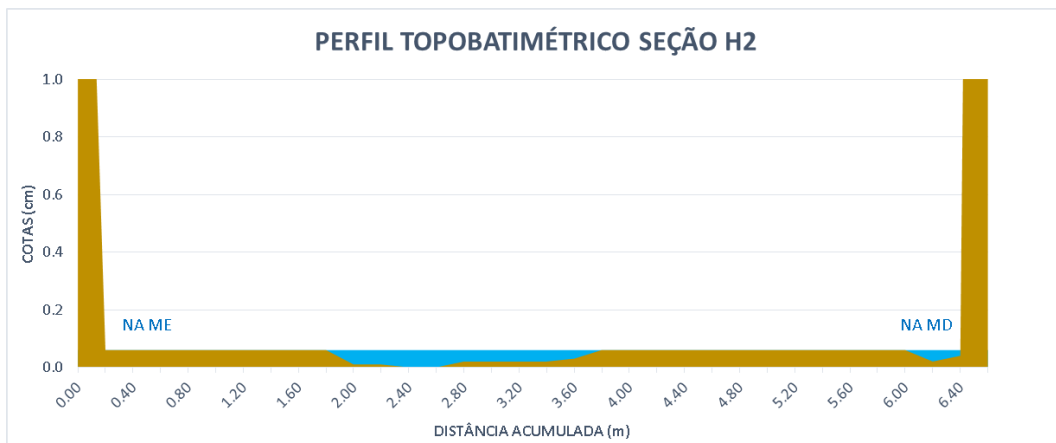


Figura 17 – Seção Rio Jacaré. Microbacia da lagoa de Piratininga – Niterói/Rio de Janeiro.

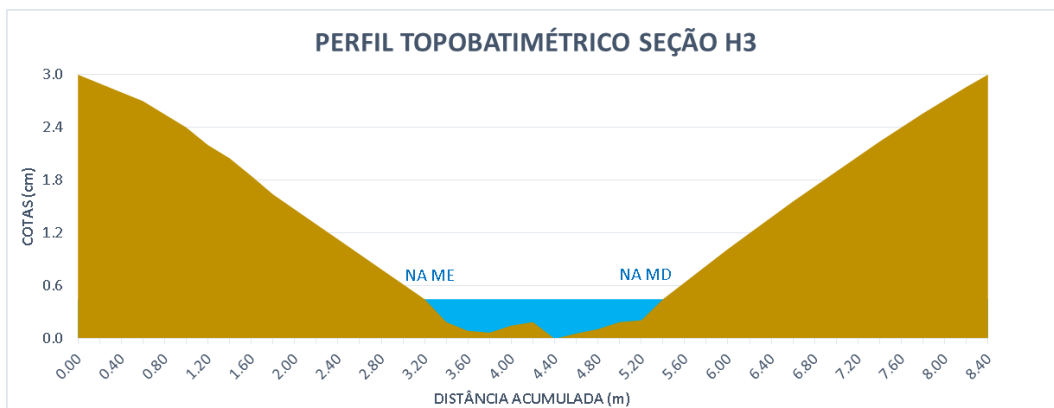


Figura 18 – Seção Córrego Santo Antônio. Microbacia da lagoa de Piratininga – Niterói/Rio de Janeiro.

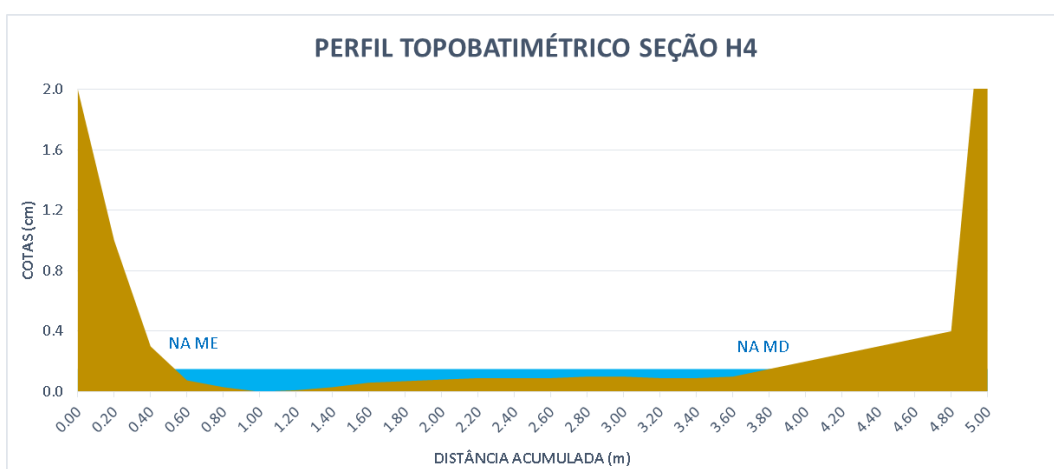


Figura 19 – Seção Rio João Mendes. Microbacia da lagoa de Itaipu – Niterói/Rio de Janeiro.

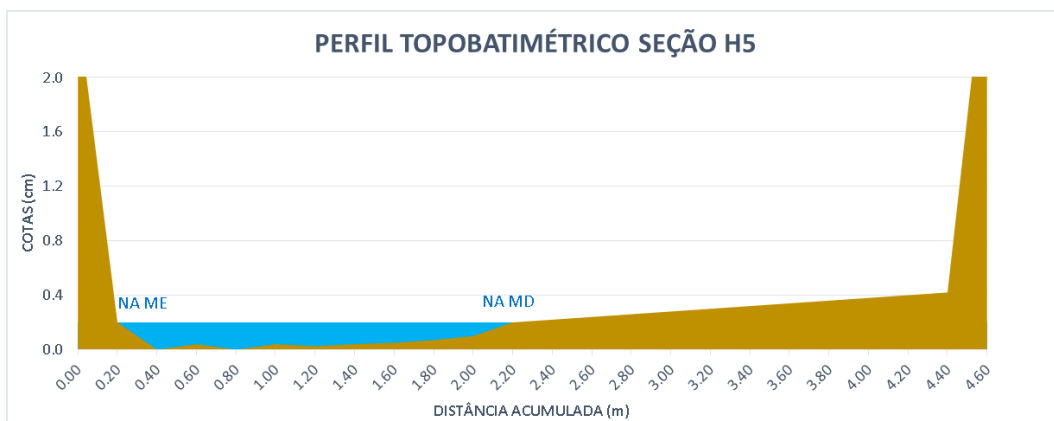


Figura 20 – Seção Rio da Vala. Microbacia da lagoa de Itaipu – Niterói/Rio de Janeiro.

Na sequência são apresentados os resultados do 1º levantamento de dados hidrológicos realizados em setembro de 2018. Destaca-se que as vazões medidas se referem às vazões do período de estiagem e estão relativamente coerentes com as áreas de drenagem de cada uma das seções.

Quadro 25 – Velocidades e vazões medidas em campo (Setembro/2018).

Ponto	Rio	Área sub-bacia (km ²)	Área molhada (m ²)	Velocidade média (m/s)	Vazão (L/s)
H0	Canal de drenagem Rio Cafubá	3,10	0,043	0,123	5,33
H1	Rio Arrozal	-	0,542	0,001	0,54
H2	Rio Jacaré	6,16	0,095	0,183	17,42
H3	Rio Santo Antônio	3,49	0,650	0,012	7,68
H4	Rio João Mendes	14,5	0,259	0,291	75,27
H5	Rio da Vala	1,63	0,286	0,014	4,13

Em comparação aos dados realizados pela Rio Tecnologia Ambiental em Outubro de 2016, nota-se que os valores dos principais rios Jacaré e João Mendes foram bastante semelhantes. Já as medições de vazão realizadas no Rio da Vala e no Rio Arrozal foram inferiores na campanha de 2018.

5. QUALIDADE DE ÁGUA

Neste capítulo são apresentados os resultados do 1º levantamento de dados de qualidade de água nos principais rios da região adjacente realizado durante o período de estiagem. Conhecidas as concentrações, se determinou então a carga de poluentes que chega às lagoas durante este período.

5.1. Primeira campanha de qualidade de água

A primeira campanha de qualidade de água foi realizada no dia 17 de agosto de 2018, nos pontos H1, H2, H3, H4 e H5, descritos anteriormente no item 4.3.2, sendo que os pontos H1, H2 e H3 são tributários da Lagoa Piratininga e os pontos H4 e H5 são tributários de Itaipu.

As amostras de água foram coletadas e acondicionadas em caixas térmicas para transporte ao laboratório. Todas as análises foram realizadas pelo laboratório QualyLab®, acreditado pela Norma NBR ISSO/IEC 17025:2005. Em cada amostra foram analisados os seguintes parâmetros: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrato, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Amoniacal, Coliformes Termotolerantes e Carbono Orgânico Total (COT). Em campo, com uso de uma sonda multiparamétrica HORIBA U-52G, foram aferidas as seguintes variáveis: pH, Oxigênio Dissolvido (OD) e Turbidez.

A Figura 21 representa a execução das atividades em campo para caracterização hidrológica dos afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu.



Figura 21 - Medição de vazão, coleta e aferição in situ dos parâmetros analisados nos afluentes.

5.1.1. Resultados

Os resultados da primeira campanha de qualidade de água nos tributários das lagoas Piratininga e Itaipu são apresentados no Quadro 26. As medições no período de estiagem apontaram elevado índice de matéria orgânica, nutrientes, pH, coliformes e baixa concentração de oxigênio dissolvido.

Quadro 26 – Qualidade da água dos principais tributários (Setembro/2018).

Parâmetros	Uni.	H1	H2	H3	H4	H5	Média PT	Média IT
DBO	mg/L	94,8	38,8	130,4	107,3	146,2	88,0	126,75
Nitrato	mg/L	0,09	0,09	0,11	0,09	0,09	0,1	0,09
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	310	264	275	185	349	283,0	267,0
Fósforo total	mg/L	2,57	1,89	2,43	2,07	3,08	2,3	2,58
Nitrogênio amoniacal	mg/l	10,3	17,1	21,5	17,4	16,1	16,3	16,75

Parâmetros	Uni.	H1	H2	H3	H4	H5	Média PT	Média IT
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	16000000	9200000	9200000	2800000	4700000	11466667	1635000
Carbono orgânico total	mg/L	38,8	16	17,2	20,6	87,9	24,0	54,25
pH	-	10,1	10,1	10,77	9,95	10,45	10,32	10,20
Oxigênio dissolvido	mg/L	0,0	1,96	0,0	0,39	1,3	0,67	0,85
Turbidez	NUT	116	12,2	56,0	41,4	88,3	61,40	64,85

* Média PT: valor médio das concentrações dos tributários da Lagoa Piratininga.

* Média IT: valor médio das concentrações dos tributários da Lagoa Itaipu.

Demanda Bioquímica de Oxigênio

As concentrações de DBO registradas durante o período de estiagem nos principais afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu são apresentadas na Figura 22.

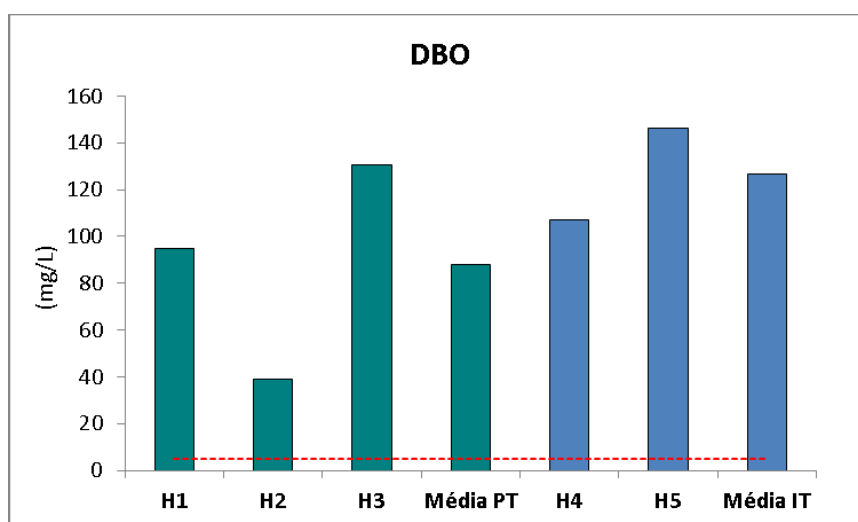


Figura 22 – Demanda Bioquímica de Oxigênio nos principais tributários das lagoas durante o período de estiagem.

Durante o período de estiagem, a menor concentração de DBO nos afluentes foi registrada no afluente H2 (Rio Jacaré), apresentando valor igual a 38,8 mg/L. O maior resultado, de 146,2 mg/L, foi obtido para o afluente H5 (Rio da Vala). A concentração média obtida para o período foi igual a 88 mg/L em Piratininga e 126,75 mg/L em Itaipu.

Nitrato

As concentrações de Nitrato registradas durante o período de estiagem nos principais afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu são apresentadas na Figura 23.

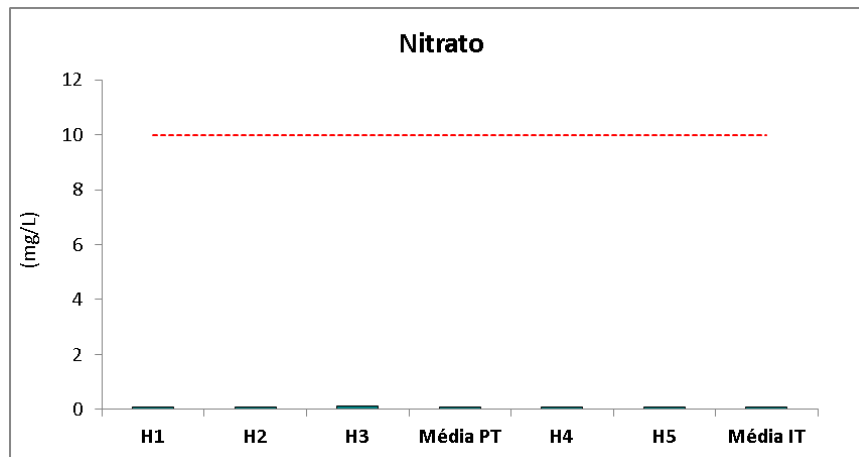


Figura 23 – Nitrato nos principais tributários das lagoas durante o período de estiagem.

As concentrações de nitrato obtidas durante o período de estiagem, nos afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu apresentaram variação entre 0,09 e 0,11 mg/L. A menor concentração foi registrada para os afluentes H1 (Rio Arrozal), H2 (Rio Jacaré), H4 (Rio João Mendes) e H5 (Rio da Vala), já o maior resultado foi obtido para o afluente H3 (Rio santo Antônio). A concentração média de nitrato para o período apresentou valor igual a 0,1 mg/L em Piratininga e 0,09 mg/L em Itaipu.

Sólidos Totais Dissolvidos

As concentrações de STD obtidas durante o período de estiagem nos principais afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu são apresentadas na Figura 24.

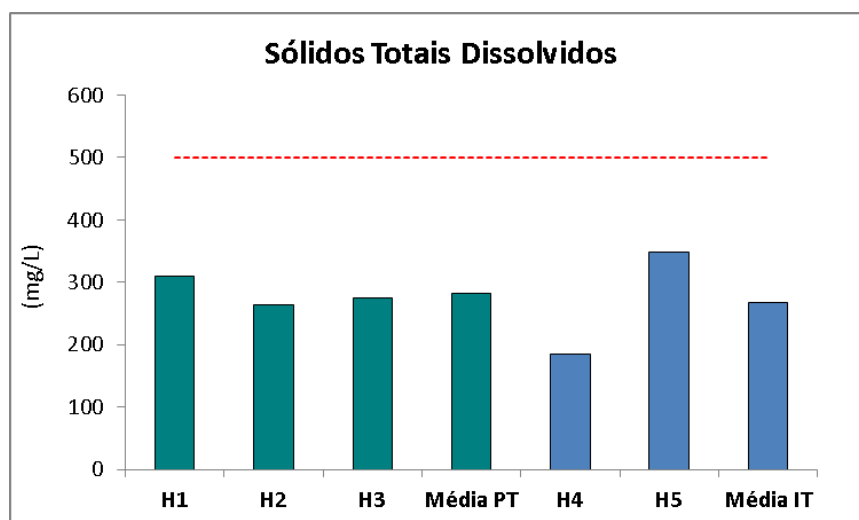


Figura 24 – Sólidos totais dissolvidos nos principais tributários das lagoas durante o período de estiagem.

Os valores de STD obtidos durante a amostragem realizada em agosto de 2018 apresentaram valor médio igual a 283 mg/L em Piratininga e 267 mg/L em Itaipu. A variação registrada entre os afluentes foi de 185 a 349 mg/L. A menor concentração de STD foi registrada para o córrego H4 (Rio João Mendes), enquanto a maior concentração foi atribuída ao afluente H5 (Rio da Vala).

Fósforo Total

As concentrações de fósforo total obtidas durante o período de estiagem nos principais afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu são apresentadas na Figura 25.

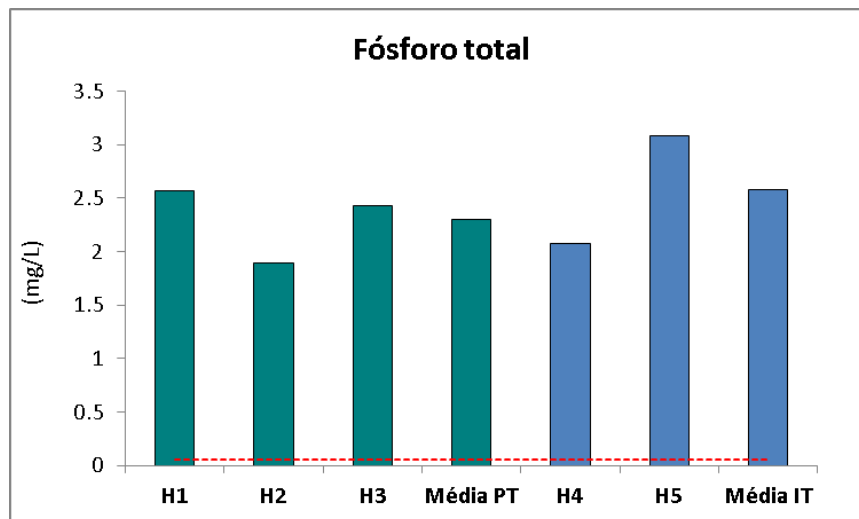


Figura 25 – Fósforo total nos principais tributários das lagoas durante o período de estiagem.

As concentrações de fósforo total obtidas no monitoramento hidrológico dos principais afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu apresentaram variação entre 1,89 e 3,08 mg/L. A menor concentração foi registrada para o afluente H2 (Rio Jacaré), já o maior valor foi registrado para o afluente H5 (Rio da Vala). A concentração média de fósforo total obtida durante a estação seca foi de 2,3 mg/L em Piratininga e 2,58 mg/L em Itaipu.

Nitrogênio Amoniacal

Os resultados obtidos para nitrogênio amoniacal durante o período de estiagem nos principais afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu são apresentados na Figura 26.

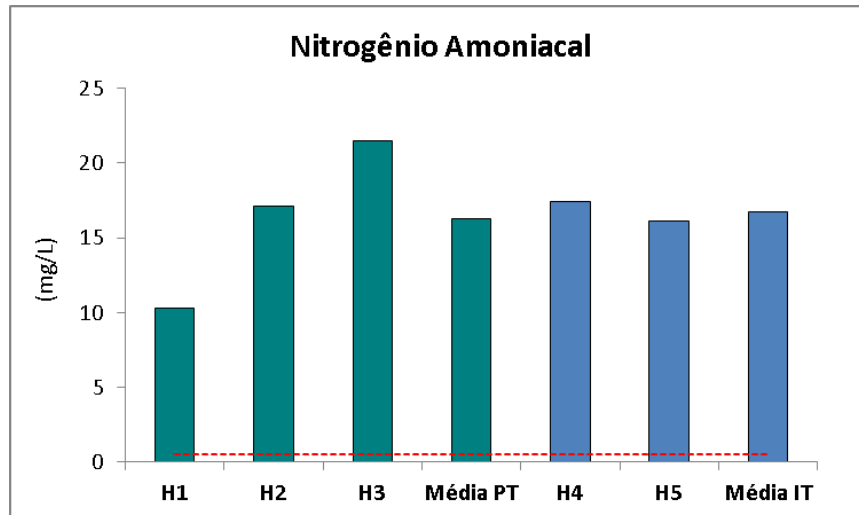


Figura 26 – Nitrogênio amoniacal nos principais tributários das lagoas durante o período de estiagem.

O valor médio de nitrogênio amoniacal 16,3 mg/L em Piratininga e 16,75mg/L em Itaipu. As concentrações apresentaram variação entre 10,3 e 21,5 mg/L. O menor valor foi registrado para o afluente H1 (Rio Arrozal), já a maior concentração foi obtida para o H3 (Rio Santo Antônio).

Coliformes Termotolerantes

As densidades de coliformes termotolerantes registradas durante o período de estiagem nos principais afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu são apresentadas na Figura 27.

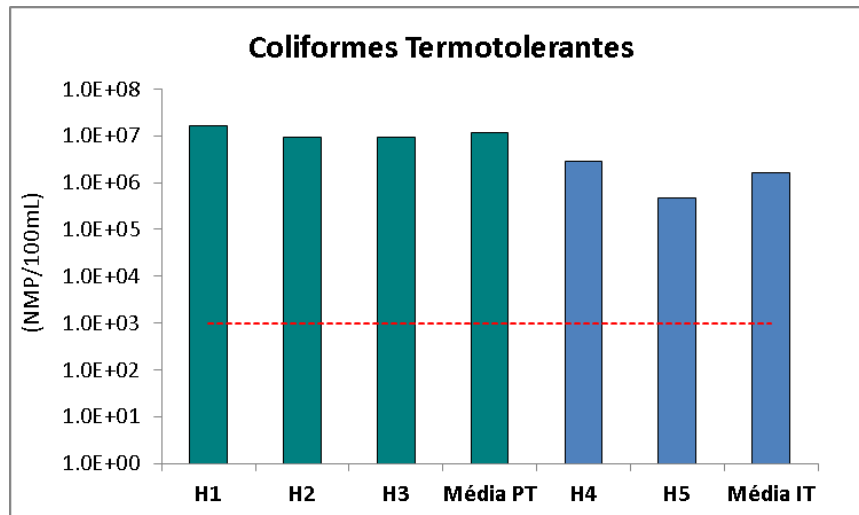


Figura 27 – Coliformes Termotolerantes nos principais tributários das lagoas durante o período de estiagem.

As densidades de coliformes termotolerantes nos afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu apresentaram variação entre 470.000 e 16.000.000 NMP/100mL. A menor densidade foi registrada para o afluente H5 (Rio da Vala), já o maior resultado foi obtido para o afluente H1 (rio Arrozal). A densidade média de coliformes obtida durante a estação seca foi de 11.466.667 NMP/100mL em Piratininga e 1.635.000 NMP/100mL em Itaipu.

Carbono Orgânico Total

As concentrações de carbono orgânico total registradas durante o período de estiagem nos principais afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu são apresentadas na Figura 27.

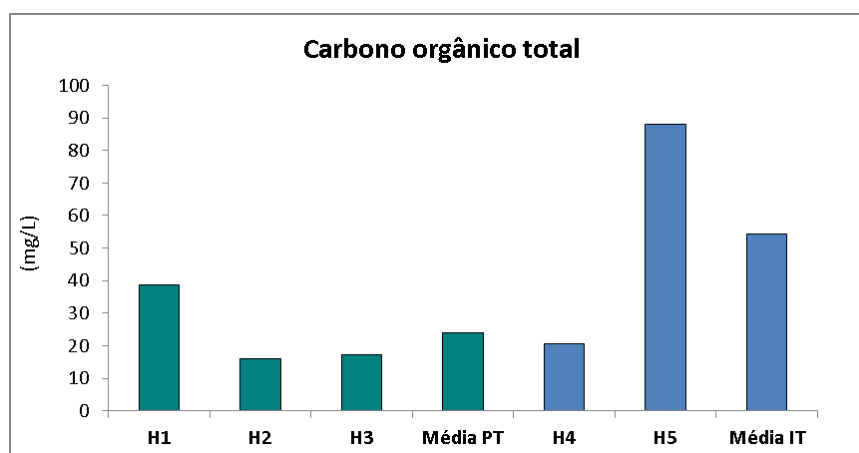


Figura 28 – Carbono orgânico total nos principais tributários das lagoas durante o período de estiagem.

Os valores de COT obtidos durante a campanha de levantamento de dados hidrológicos na estação seca apresentaram variação entre 16 e 87,9 mg/L. A concentração média obtida para o período foi de 24 mg/L em Piratininga e 54,25 em Itaipu. A menor concentração foi registrada para o afluente H2 (Rio Jacaré), já o maior valor foi observado para o afluente H5 (Rio da Vala).

pH

Os valores de pH obtidos durante o período de estiagem nos principais afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu são apresentadas na Figura 29.

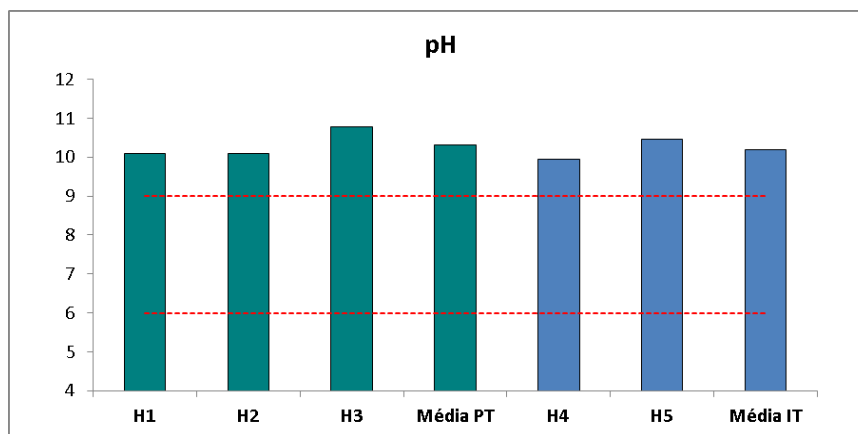


Figura 29 – pH nos principais tributários das lagoas durante o período de estiagem.

Os valores de pH apresentaram variação entre 9,95 e 10,77. O menor valor foi registrado para o afluente H4 (Rio João Mendes) e o maior resultado foi obtido para o afluente H3 (Rio Santo Antônio). O valor médio de pH obtido para o período foi de 10,32 em Piratininga e 10,2 em Itaipu.

Oxigênio Dissolvido

As concentrações de oxigênio dissolvido obtidos durante o período de estiagem nos principais afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu são apresentadas na Figura 30.

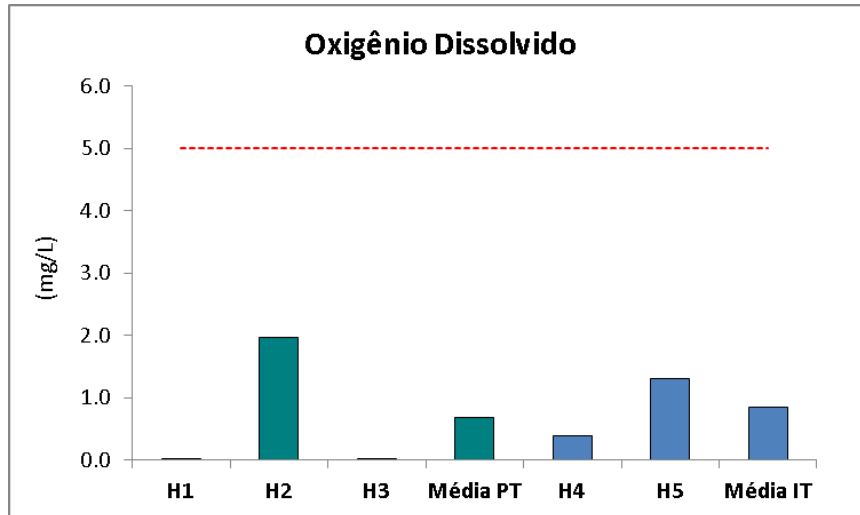


Figura 30 – Oxigênio dissolvido nos principais tributários das lagoas durante o período de estiagem.

As concentrações de oxigênio dissolvido obtidas durante a estação seca nos afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu apresentaram valor médio de 0,67 mg/L em Piratininga e 0,85 mg/L em Itaipu. Para os córregos H1 (Rio Arrozal) e H3 (Rio Santo Antônio) não foram registrados valores para variável. A maior concentração foi atribuída ao ponto H2 (Rio Jacaré), apresentando valor igual a 1,96 mg/L.

Turbidez

As concentrações de oxigênio dissolvido obtidos durante o período de estiagem nos principais afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu são apresentadas na Figura 31.

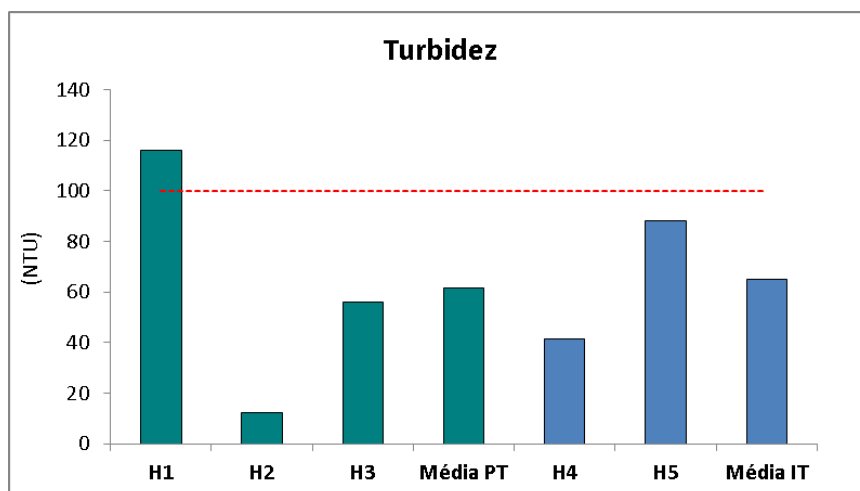


Figura 31 – Turbidez nos principais tributários das lagoas durante o período de estiagem.

Os valores obtidos para turbidez nos afluentes das lagoas de Piratininga e Itaipu apresentaram variação entre 12,2 e 116 NTU. O menor valor foi registrado para o afluente H2 (Rio Jacaré), enquanto o maior resultado foi obtido no córrego H1 (Rio Arrozal). O valor médio obtido para esta variável no referido período foi de 61,4 NTU em Piratininga e 64,85 NTU em Itaipu.

Os resultados da primeira campanha de qualidade de água indicam que há elevada contaminação das águas pluviais por esgotos domésticos nas lagoas Piratininga e Itaipu. Algumas concentrações de matéria orgânica, amônia, coliformes e fósforo se aproximam aos valores de esgoto bruto, com concentrações reduzidas devido à diluição sobre as águas pluviais.

5.2. Estimativa de carga

Os resultados da primeira campanha de medição de vazão e de qualidade de água nos tributários das lagoas Piratininga e Itaipu, apresentados acima, permitiram estimar o aporte de carga que chega às lagoas com base na campanha de estiagem e a partir dela estimar também a cargas médias e de cheia.

5.2.1. Estimativa de carga de estiagem

O Quadro 27 apresenta o aporte de carga medido nos pontos amostrais já descritos anteriormente. Ressalta-se que a carga apresentada no Quadro 27 foi calculada com base na concentração medida em também nas vazões medidas em campo durante o período de estiagem.

As cargas de matéria orgânica que chegam às lagoas são bastante elevadas e de maneira similar entre os afluentes. Os rios com maiores vazões apresentaram carga semelhante a carga dos afluentes de menor vazão, e este fato deve-se as elevadas concentrações de DBO encontradas nos rios de menor porte.

As cargas de amônia e fósforo que chegam às lagoas também são bastante elevadas durante o período de estiagem, com destaque para carga de amônia que chega à Lagoa Piratininga pelo Córrego Santo Antônio, com 1 kg/dia, e a carga de fósforo que chega à Lagoa Itaipu através do Córrego da Vala com 0,144 Kg/dia.

Quadro 27 – Aporte de cargas nos pontos amostrais durante o período de estiagem (Setembro/2018).

Parâmetros	Unidade	H1	H2	H3	H4	H5	Média PT	Média IT
Carga de DBO	Kg/dia	4,439	1,817	6,106	5,025	6,846	4,121	5,936
Carga de Nitrato	Kg/dia	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,005	0,004
Carga de Sólidos totais dissolvidos	Kg/dia	14,517	12,363	12,878	8,663	16,343	13,253	12,503
Carga de Fósforo Total	Kg/dia	0,120	0,089	0,114	0,097	0,144	0,108	0,121
Carga de Nitrogênio Amoniacal	Kg/dia	0,482	0,801	1,007	0,815	0,754	0,763	0,784

A partir dos dados obtidos em campo se estimou também a carga para os demais rios e as cargas totais que chegam às lagoas durante o período de estiagem. Para os rios que não houve medição hidráulica, pode-se estimar a vazão através de regionalização por proporcionalidade de área. Para os rios que não tiveram análise de qualidade de água foram utilizadas as concentrações médias de cada uma das lagoas para cada parâmetro. O Quadro 28 apresenta a estimativa de aporte para todos os tributários e também a carga total que chega às duas lagoas durante o período de estiagem.

Quadro 28 – Estimativa de aporte de carga nas lagoas durante o período de estiagem (Setembro/2018).

Bacia	Nome	DBO (Kg/dia)	Nitrato (Kg/dia)	SDT (Kg/dia)	PT (Kg/dia)	NH4 (Kg/dia)
PT-01	Viração	2,37*	0,003*	7,62*	0,062*	0,439*
PT-02	Cafubá	40,53*	0,045*	130,32*	1,058*	7,506*
PT-03	Arrozal	4,42	0,004	14,46	0,120	0,481
PT-04	Jacaré	58,39	0,135	397,27	2,844	25,732
PT-05	Sto. Antônio	86,51	0,073	182,44	1,612	14,263
PT-06	-	50,02*	0,055*	160,85*	1,305*	9,264*
Total de carga Piratininga		242,23	0,315	892,96	7,001	57,685
IT-01	João Mendes	697,82	0,585	1203,15	13,462	113,161
IT-02	Vala	52,18	0,032	124,57	1,099	5,747
IT-03	Tiririca	32,75*	0,023*	68,99*	0,665*	4,328*
IT-04	Itacoatiara	45,80*	0,033*	96,47*	0,930*	6,052*
IT-05	-	38,02*	0,027*	80,10*	0,772*	5,025*
IT-06	-	82,71*	0,059*	174,23*	1,680*	10,930*
Total de carga Itaipu		949,29	0,759	1747,50	18,610	145,242

**Estimados com base em regionalização de vazão de estiagem e na média das concentrações de cada lagoa obtidas durante o período de estiagem.*

Em geral, as cargas de matéria orgânica e de nutrientes que chegam à Lagoa de Itaipu são responsáveis por 72% da carga total que chega ao sistema lagunar Piratininga-Itaipu durante a estiagem. A matéria orgânica que chega à Itaipu é quase quatro vezes superior àquela que chega à Piratininga durante a estiagem. Quanto ao fósforo, a carga que chega à Itaipu é 2,67 vezes maior daquela que chega a Piratininga durante o período de estiagem.

5.2.2. Estimativa de carga média

A partir dos dados de vazão média por regionalização, apresentados anteriormente no item 4.1.1, e a partir dos dados de qualidade de água obtidos na primeira campanha, se estimou a carga média de matéria orgânica e nutrientes que chegam até as lagoas (Quadro 29).

Em geral, as cargas de matéria orgânica e de nutrientes que chegam à Lagoa de Itaipu são responsáveis por 57% da carga total média que chega ao sistema lagunar Piratininga-Itaipu. A matéria orgânica média que chega à Itaipu é quase duas vezes superior àquela que chega à Piratininga. Quanto ao fósforo, a carga média que chega à Itaipu é 1,35 vezes maior daquela que chega a Piratininga.

Quadro 29 – Estimativa de aporte de carga média do sistema lagunar Piratininga-Itaipu.

Bacia	Nome	DBO (Kg/dia)	Nitrato (Kg/dia)	SDT (Kg/dia)	PT (Kg/dia)	NH4 (Kg/dia)
PT-01	Viração	669,12	0,735	2151,84	17,463	123,940
PT-02	Cafubá	441,67	0,485	1420,38	11,527	81,810
PT-03	Arrozal	846,19	0,803	2767,08	22,940	91,938
PT-04	Jacaré	699,66	1,623	4760,56	34,081	308,355
PT-05	Sto. Antônio	975,84	0,823	2057,95	18,185	160,894
PT-06	-	859,55	0,944	2764,22	22,433	159,211
Total de carga Piratininga		4492,03	5,414	15922,03	126,629	926,148
IT-01	João Mendes	4611,46	3,868	7950,80	88,963	747,805
IT-02	Vala	1239,08	0,763	2957,86	26,104	136,451
IT-03	Tiririca	575,21	0,408	1211,69	11,686	76,014

IT-04	Itacoatiara	449,50	0,319	946,88	9,132	59,402
IT-05	-	430,46	0,306	906,76	8,745	56,885
IT-06	-	1310,42	0,930	2760,40	26,622	173,171
Total de carga Itaipu		8616,13	6,594	16734,39	171,251	1249,728

5.2.3. Estimativa de carga máximas

A partir dos dados de vazão de cheia, apresentados anteriormente no item 4.2.3, e a partir dos dados de qualidade de água obtidos na primeira campanha, se estimou a carga de matéria orgânica e nutrientes de cheia que chegam até as lagoas durante as vazões correspondentes ao Tempo de Retorno de 5 anos (Quadro 30).

Em geral, as cargas de matéria orgânica e de nutrientes que chegam à Lagoa de Itaipu são responsáveis por 57% da carga total média que chega ao sistema lagunar Piratininga-Itaipu. A matéria orgânica média que chega à Itaipu é quase duas vezes superior àquela que chega à Piratininga. Quanto ao fósforo, a carga média que chega à Itaipu é 1,35 vezes maior daquela que chega a Piratininga.

Quadro 30 – Estimativa de aporte de carga do sistema lagunar Piratininga-Itaipu para TR 5 anos.

Bacia	Nome	DBO (Kg/dia)	Nitrato (Kg/dia)	SDT (Kg/dia)	PT (Kg/dia)	NH4 (Kg/dia)
PT-01	Viração	669,12	0,735	2151,84	17,463	123,940
PT-02	Cafubá	441,67	0,485	1420,38	11,527	81,810
PT-03	Arrozal	846,19	0,803	2767,08	22,940	91,938
PT-04	Jacaré	699,66	1,623	4760,56	34,081	308,355
PT-05	Sto. Antônio	975,84	0,823	2057,95	18,185	160,894
PT-06	-	859,55	0,944	2764,22	22,433	159,211
Total de carga Piratininga		4492,03	5,414	15922,03	126,629	926,148
IT-01	João Mendes	4611,46	3,868	7950,80	88,963	747,805
IT-02	Vala	1239,08	0,763	2957,86	26,104	136,451
IT-03	Tiririca	575,21	0,408	1211,69	11,686	76,014
IT-04	Itacoatiara	449,50	0,319	946,88	9,132	59,402
IT-05	-	430,46	0,306	906,76	8,745	56,885
IT-06	-	1310,42	0,930	2760,40	26,622	173,171
Total de carga Itaipu		8616,13	6,594	16734,39	171,251	1249,728

6. EQUIPE TÉCNICA

No Quadro 31 está relacionada a equipe técnica da empresa consultora responsável pela execução dos estudos referentes ao contrato SEXEC nº 07/2018.

Quadro 31 – Equipe responsável pela elaboração do Relatório Técnico.

PROFISSIONAIS	FORMAÇÃO PROFISSIONAL	EXPERIÊNCIA	ATIVIDADE NO PROJETO
Tiago Finkler Ferreira	Biólogo MsC.. em Ecologia, PhD em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental	Experiência comprovada em Projetos de Recuperação e Gestão de Ambientes Aquáticos, Monitoramento e Modelagem	Coordenação Geral, Modelagem de Qualidade da Água, Análise de Cenários, de Recuperação Ambiental e Análise de Macrófitas Aquáticas
Julia Costa	Engenheira Sanitária e Ambiental e MsC em Engenharia Sanitária e Ambiental	Experiência em estudos Saneamento Ambiental, Hidrologia, Modelagem Qualidade da Água	Coordenação Técnica, Hidrologia, análise de cargas e Modelagem Qualidade da Água
Rafael Bonanata	Oceanógrafo, MsC. em Oceanografia	Experiência em morfodinâmica costeira, modelagem oceânica e Hidrodinâmica	Coordenação Técnica, Análise morfodinâmica, Modelagem Oceânica e análise de estruturas hidráulicas
Rafael Schmitt	Biólogo, Limnólogo	Experiência em Limnologia, Análise Integrada e Gestão Ambiental	Limnologia, caracterização meio físico e análises Integradas
Eduardo Francisco da Silva Junior	Biólogo, PhD em Ecologia e Ictiologia	Experiência comprovada em estudos de ictiofauna lacustre	Análise Ictiofauna
Viviane Bernardes	Bióloga, PhD em Ecologia e Evolução	Experiência em estudos de plâncton lacustre	Análise de plâncton (Fito, zoo e ictioplanctôn)
Leonardo Kleba Lisboa	Biólogo, PhD em Ecologia e Macrozoobentos.	Experiência em estudos de macrozoobentos lacustre	Análise de macroinvertebrados bentônicos
Marlon Almeida dos Santos	Biólogo, PhD em Herpetofauna	Experiência em estudos de herpetofauna perilagunar	Análise da herpetofauna
Carlos Eduardo Simão	Engº Ambiental, MsC. em Engenharia Ambiental	Experiência em estudos de qualidade e poluição de água e sedimentos	Caracterização ambiental e modelagem de qualidade da água

PROFISSIONAIS	FORMAÇÃO PROFISSIONAL	EXPERIÊNCIA	ATIVIDADE NO PROJETO
Anna Dalbosco	Oceanógrafa, PhD em Engenharia Ambiental	Experiência em análises ambientais e modelagem hidrodinâmica	Caracterização ambiental e modelagem hidrodinâmica
Kleber Nunes	Geógrafo	Experiência em geoprocessamento e produção de mapas digitais	Geoprocessamento, mapas

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chuvas Intensas no Brasil - Otto Pfafstetter - DNOS, 1982.

DNIT. Manual de Hidrologia Básica para estruturas de Drenagem. 2005.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. Elaboração do Plano Estadual De Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro. RT-01 – Estudos Hidrológicos e Vazões Extremas. Revisão 2. 2014.

NITERÓI. Diagnóstico de Drenagem do Plano Municipal de Saneamento Básico de Niterói, 2015.

NITERÓI. Projeto Conceitual – Volume I - Parque Orla Piratininga.

Open-Channel Hydraulics - Ven te Chow - Mc. Graw Hill, 1959.

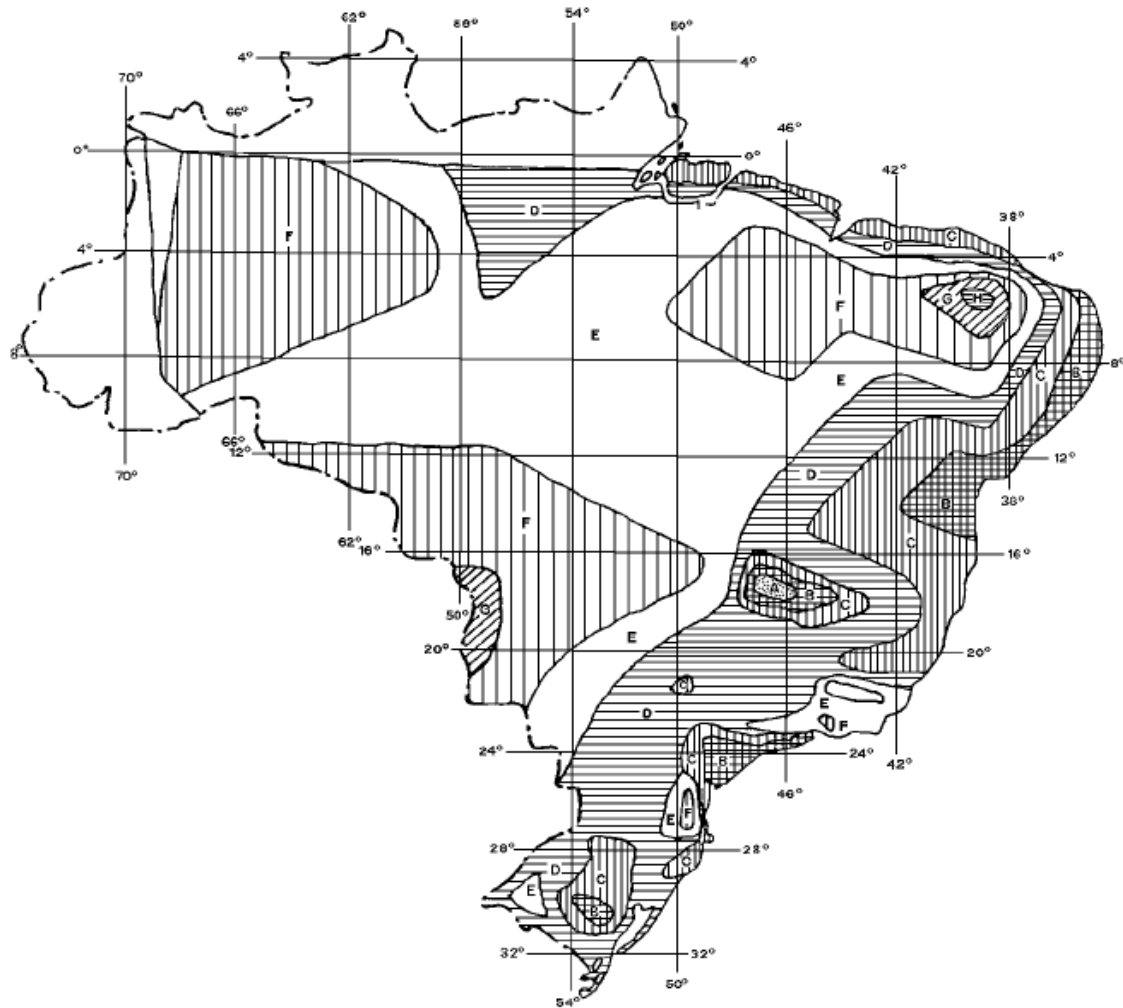
PROSEMA. Projeto Executivo de macro e midro drenagem de 10 Sub-Bacias da Região Oceânica De Niterói – RJ. 165 f. Governo do Rio de Janeiro, 2014.

RODRIGUES, Rodrigo Carvalho. Caracterização da cobertura vegetal e do uso do solo da bacia hidrográfica do sistema lagunar Piratininga-Itaipu, Niterói – RJ. 55 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2004.

SEMADS – Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental Rio de Janeiro. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Estado do Rio de Janeiro. Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ. 2011.

8. ANEXOS
8.1. Fator de Frequência (K)

N - nº de eventos considerados	TR - TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS						
	5	10	15	20	25	50	100
10	1.058	1.848	2.289	2.606	2.847	3.588	4.323
11	1.034	1.809	2.242	2.553	2.789	3.516	4.238
12	1.013	1.777	2.202	2.509	2.741	3.476	4.166
13	0.996	1.748	2.168	2.470	2.699	3.405	4.105
14	0.981	1.724	2.138	2.437	2.663	3.360	4.052
15	0.967	1.703	2.112	2.410	2.632	3.321	4.005
16	0.955	1.682	2.087	2.379	2.601	3.283	3.959
17	0.943	1.664	2.066	2.355	2.575	3.250	3.921
18	0.934	1.649	2.047	2.335	2.552	3.223	3.888
19	0.926	1.636	2.032	2.317	2.533	3.199	3.860
20	0.919	1.625	2.018	2.302	2.517	3.179	3.836
21	0.911	1.613	2.004	2.286	2.500	3.157	3.810
22	0.905	1.603	1.992	2.272	2.484	3.138	3.787
23	0.899	1.595	1.980	2.259	2.470	3.121	3.766
24	0.893	1.584	1.969	2.247	2.457	3.104	3.747
25	0.888	1.575	1.958	2.235	2.444	3.088	3.729
26	0.883	1.568	1.949	2.224	2.432	3.074	3.711
27	0.879	1.560	1.941	2.215	2.422	3.061	3.696
28	0.874	1.553	1.932	2.205	2.412	3.048	3.681
29	0.870	1.547	1.924	2.196	2.402	3.037	3.667
30	0.866	1.541	1.912	2.188	2.393	3.026	3.653
31	0.863	1.535	1.910	2.180	2.385	3.015	3.641
32	0.860	1.530	1.904	2.173	2.377	3.005	3.629
33	0.856	1.525	1.897	2.166	2.369	2.966	3.618
34	0.855	1.520	1.892	2.160	2.362	2.987	3.608

8.2. Mapa de Isozonas


TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS												
ZONA	1 HORA / 24 HORAS CHUVA										6 min/ 24 horas CHUVA	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-50	100
A	36,2	35,8	35,6	35,5	36,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,8	7,0	6,3
B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,8	35,4	34,3	8,4	7,5
C	40,1	39,7	39,5	39,2	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,96	11,2
F	45,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,5	46,3	45,3	16,7	14,9