



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

VINICIUS DE OLIVEIRA CHAGAS

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA NO CANAL DO FUNDÃO, BAÍA DE
GUANABARA, E OS IMPACTOS PROVOCADOS POR ATIVIDADES DE
DRAGAGEM

RIO DE JANEIRO
2018



UFRJ

VINICIUS DE OLIVEIRA CHAGAS

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA NO CANAL DO FUNDÃO, BAÍA DE
GUANABARA, E OS IMPACTOS PROVOCADOS POR ATIVIDADES DE
DRAGAGEM**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Dr. Sergio Luiz Costa Bonecker

Rio de Janeiro

2018

Chagas, Vinicius.

Análise da qualidade da água no Canal do Fundão, Baía de Guanabara, e os impactos provocados por atividades de dragagem/ Vinicius de Oliveira Chagas – 2018. f.81: il.14

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2018.

Orientador: Sergio Luiz Costa Bonecker

1. Canal do Fundão. 2. Baía de Guanabara. 3. Diretiva-Quadro da Água (DQA). I. Bonecker, Sergio. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Avaliação ambiental de atividade de dragagem através da aplicação de indicadores de qualidade da água.



UFRJ

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA NO CANAL DO FUNDÃO, BAÍA DE
GUANABARA, E OS IMPACTOS PROVOCADOS POR ATIVIDADES DE
DRAGAGEM**

VINICIUS DE OLIVEIRA CHAGAS

Orientador: Dr. Sergio Luiz Costa Bonecker

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof. Sergio Luiz Costa Bonecker, D.Sc, USP.

Prof. Eduardo Gonçalves Serra, D.Sc, UFRJ.

Prof. Maria Fernanda Santos Quintela da Costa Nunes, D.Sc, UFSCar.

Prof. Marco Eduardo do Nascimento Rocha D.Sc, FIOCRUZ.

Rio de Janeiro

2018

Dedico essa dissertação à Mariana Brasil por todo o amor, à inquestionável ajuda, o companheirismo e palavras de incentivo para que esse trabalho fosse concluído.

AGRADECIMENTOS

À toda minha família, que não mediu esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida, obrigado por acreditar e investir em mim.

Aos amigos Jony, Otávio e Paulo Vítor pelo apoio e pela boa história, que proporcionaram no início dessa jornada.

À todos os amigos da UFF, do Colégio Pedro II e de Higienópolis, que de alguma forma fizeram parte desse momento.

Aos colegas de curso e ao meu orientador Sérgio Bonecker.

Agradeço especialmente à Mariana Brasil, pois sem ela nada disso seria possível.

RESUMO

CHAGAS, Vinicius. Análise da qualidade da água no Canal do Fundão, Baía de Guanabara, e os impactos provocados por atividades de dragagem. Rio de Janeiro, 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Os conflitos decorrentes da operação de dragagem em relação à qualidade dos corpos hídricos ocorrem, principalmente, em função da ressuspensão dos sedimentos dragados. Para estabelecer o atendimento aos requisitos ambientais da operação de dragagem, neste estudo foi avaliada a qualidade ambiental da água na região da dragagem do Canal do Fundão, localizados Baía de Guanabara, município do Rio de Janeiro. Essa avaliação foi realizada aplicando a diretiva-quadro da água da União Europeia (DQA) e usando como valores de referência a Resolução CONAMA Nº 357/05, considerando que a Baía de Guanabara se enquadra na Classe 1 – Águas Salobras. Foram monitorados os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, turbidez, amônia, nitrito e nitrato em quatro estações de amostragens. As quatro estações foram posicionadas no entorno da draga a um raio de 400 m na proa, boreste, popa e bombordo da embarcação de dragagem. Para estabelecer o critério de enquadramento com a diretiva foi adotado o limite da referida Resolução CONAMA como de Qualidade Ecológica em “Estado Bom”. O oxigênio dissolvido, amônia e turbidez obtiveram resultados fora dos limites considerados. Foi observada a necessidade de ações, de acordo com a DQA, principalmente na região mais próxima a atividade de dragagem.

Palavras-chave: Canal do Fundão, Baía de Guanabara, Diretiva-Quadro da Água (DQA).

ABSTRACT

CHAGAS, Vinicius. Analysis of water quality of the Canal do Fundão, Baía de Guanabara, and impacts of dredging activities. Rio de Janeiro, 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

The conflicts arising from the dredging operation in relation to the quality of the water bodies occur mainly due to the re-suspension of the dredged sediments. In order to establish compliance with the environmental requirements of the dredging operation, this study evaluated the environmental quality of the water in the dredging region of the Canal do Fundão, located at Guanabara Bay, Rio de Janeiro. This evaluation was carried out by applying the EU Water Framework Directive (WFD) and using as reference values of the CONAMA Resolution N^o 357/05, considering that the Guanabara Bay falls within Class 1 – brackish water. The parameters pH, dissolved oxygen, turbidity, ammonia, nitrite and nitrate were monitored at four sampling stations. The four stations were positioned around the dredge within a radius of 400 m at the bow, starboard, stern and port of the dredging vessel. In order to establish the criterion of compliance with the Directive, the limit of the CONAMA Resolution as Ecological Quality in "Good state" was adopted. The dissolved oxygen, ammonia and turbidity obtained results outside the limits considered. The need for action was observed, according to the WFD, mainly in the region closest to the dredging activity.

Keyword: Canal do Fundão, Baía de Guanabara, Water Framework Directive (WFD).

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água...	14
Figura 2.2 – Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos.....	15
Figura 2.3 – Classes de enquadramento das águas salobras e usos respectivos.	15
Figura 2.4 – Classes de enquadramento das águas salinas e usos respectivos	16
Figura 3.1 – Setorização da Baía de Guanabara de acordo com os níveis de qualidade da água.....	23
Figura 4.1 – Representação geral da localização dos quatro estações de monitoramento	26
Figura 4.2 – Esquema do posicionamento das quatro estações de amostragem no entorno da draga a ser utilizada na operação	27
Figura 5.1 – Valores do oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), na superfície (A) e próximo do fundo (B), durante as 85 campanhas realizadas na área de dragagem. A linha vermelha indica o valor mínimo de oxigênio dissolvido preconizado pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Água Salobra Classe 1.	33
Figura 5.2 – Valores de pH, na superfície (A) e próximo do fundo (B), durante as 85 campanhas realizadas na área de dragagem entre os meses de dezembro de 2014 e outubro de 2015 no monitoramento ambiental. As linhas laranja e vermelha indicam, respectivamente, o valor mínimo e o valor máximo de pH preconizado pela Resolução CONAMA Nº 357/05.....	37
Figura 5.3 – Valores de amônia (mg.L^{-1}) observados na superfície (A) e no fundo (B) durante as 22 campanhas realizadas na área de dragagem entre os meses de janeiro e outubro de 2015 no monitoramento ambiental. A linha vermelha representa o limite máximo de amônia ($0,40 \text{ mg.L}^{-1}$) permitido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Água Salobra Classe 1.....	41
Figura 5.4 – Valores de nitrito (mg.L^{-1}) observados na superfície (A) e próximo do fundo (B) durante as 22 campanhas realizadas na área de dragagem entre os meses de janeiro à outubro de 2015 no monitoramento ambiental. A linha vermelha representa o limite máximo de nitrito ($0,07 \text{ mg.L}^{-1}$) permitido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Água Salobra Classe 1.	45
Figura 5.5 – Valores de nitrato (mg.L^{-1}) observados na superfície (A) e próximo do fundo (B) durante as 22 campanhas realizadas na área de dragagem entre os meses	

de janeiro à novembro de 2015 no monitoramento ambiental. A linha vermelha representa o limite máximo de nitrato ($0,40 \text{ mg.L}^{-1}$) permitido pela Resolução CONAMA N° 357/05 para Água Salobra Classe 1.....48

Figura 5.6 – Valores de turbidez (UNT), na superfície (A) e próximo do fundo (B), durante as 85 campanhas realizadas na área de dragagem entre os meses de dezembro de 2014 e outubro de 2015 no monitoramento ambiental.51

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classificação e destinação das águas doces, salinas e salobras.	12
Tabela 2.2 – Classificação dos corpos d'água segundo avaliação do estado ecológico	18
Tabela 2.3 – Indicadores da qualidade físico-química dos corpos de água da Comunidade Europeia 2000/60/CE	19
Tabela 3.1 – Caracterização das áreas setorizadas de acordo com os níveis de qualidade da água	23
Tabela 4.1 – Equipamentos utilizados para coleta e parâmetros analisados	27
Tabela 4.2 – Classificação DQA	29
Tabela 4.3 – Padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Águas Salobras Classe 1 para os parâmetros que foram analisados no presente monitoramento.	29
Tabela 4.4 – Padrão estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Águas Doces Classe 1 para turbidez.	29
Tabela 4.5 – Oxigênio Dissolvido	30
Tabela 4.6 – pH	30
Tabela 4.7 – Amônia	30
Tabela 4.8 – Nitrito	31
Tabela 4.9 – Nitrato	31
Tabela 4.10 – Turbidez	31
Tabela 5.1 – Percentual de amostras para OD (superfície)	35
Tabela 5.2 – Classificação das amostras para OD por ponto de monitoramento (superfície)	35
Tabela 5.3 – Percentual de amostras para OD (fundo)	36
Tabela 5.4 – Classificação das amostras para OD por ponto de monitoramento (fundo)	36
Tabela 5.5 – Percentual de amostras para pH (superfície)	38
Tabela 5.6 – Classificação das amostras para pH por ponto de monitoramento (superfície)	39
Tabela 5.7 – Percentual de amostras para pH (fundo)	39

Tabela 5.8 – Classificação das amostras para pH por ponto de monitoramento (fundo).....	39
Tabela 5.9 – Percentual de amostras para amônia (superfície).....	42
Tabela 5.10 – Classificação das amostras para amônia por ponto de monitoramento (superfície)	43
Tabela 5.11 – Percentual de amostras para amônia (fundo)	43
Tabela 5.12 – Classificação das amostras para amônia por ponto de monitoramento (fundo).....	44
Tabela 5.13 – Percentual de amostras para nitrito (superfície).....	46
Tabela 5.14 – Classificação das amostras para nitrito por ponto de monitoramento (superfície)	46
Tabela 5.15 – Percentual de amostras para nitrito (fundo)	46
Tabela 5.16 – Classificação das amostras para nitrito por ponto de monitoramento (fundo).....	47
Tabela 5.17 – Percentual de amostras para nitrato (superfície).....	49
Tabela 5.18 – Classificação das amostras para nitrato por ponto de monitoramento (superfície)	49
Tabela 5.19 – Percentual de amostras para nitrato (fundo)	50
Tabela 5.20 – Classificação das amostras para nitrato por ponto de monitoramento (fundo).....	50
Tabela 5.21 – Percentual de amostras para turbidez (superfície).....	52
Tabela 5.22 – Classificação das amostras para turbidez por ponto de monitoramento (superfície)	52
Tabela 5.23 – Percentual de amostras para turbidez (fundo)	52
Tabela 5.24 – Classificação das amostras para turbidez por ponto de monitoramento (fundo).....	53
Tabela 5.25 – Número Total de Amostras.....	54
Tabela 5.26 – Número Total de Amostras em porcentagens	54
Tabela 5.27 – Classificação das Medidas Mitigadoras.....	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 – Classificação dos Parâmetros	56
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
CER	Câmara Especial Recursal
CL-1972	Convenção de Londres, 1972
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQA	Diretiva-Quadro da Água
DQO	Demanda Química de Oxigênio
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NH ₃	Amônia Orgânica
NO ₃ ⁻	Nitrato
NO ₂ ⁻	Nitrito
N-total	Nitrogênio Total
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
RNFT	Resíduos Não Filtrável Total
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
UE	União Europeia
UNT	Unidades Nefelométrica de Turbidez
WFD	Water Framework Directive

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
2.1	Dragagem	3
2.2	Indicadores de qualidade da água	4
2.2.1	Oxigênio Dissolvido (OD).....	4
2.2.2	Potencial Hidrogeniônico (pH)	5
2.2.3	Compostos Nitrogenados: Amônia (NH ₃ , NH ₄ ⁺), Nitrito (NO ₂ ⁻) e Nitrato (NO ₃ ⁻) ..	6
2.2.4	Turbidez.....	9
2.3	Resolução CONAMA N° 375/05.....	10
2.4	Classificação das águas de acordo com a ANA	13
2.5	Diretiva-Quadro da Água (DQA)	16
2.5.1	Classificação da qualidade da água	17
2.5.2	Classificação da qualidade química dos corpos d'água.....	17
2.5.3	Classificação da qualidade ecológica dos corpos d'água	18
2.5.4	Classificação dos Corpos d'água no Brasil.....	20
3	ÁREA DE ESTUDO	21
3.1	Baía de Guanabara.....	21
3.2	Qualidade da água da Baía de Guanabara.....	22
4	METODOLOGIA	26
4.1	Coleta dos Dados	26
4.1.1	Avaliação e Análise dos Dados de acordo com DQA e Resolução CONAMA N° 375/05	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1	Oxigênio Dissolvido (OD).....	32
5.2	Potencia Hidrogeniônico (pH)	36

5.3 Compostos Nitrogenados.....	40
5.3.1 Amônia.....	40
5.3.2 Nitrito	44
5.3.3 Nitrato	47
5.3.4 Turbidez.....	50
5.4 Resumo da Classificação das Amostras.....	53
6 CONCLUSÃO	57
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

As atividades portuárias e o incremento do comércio exterior ratificam a necessidade de investimentos em obras nas vias de acesso, dragagens, projetos de expansão das instalações que esbarram na falta de regularidade ambiental (CUNHA, 2006). No entanto, o cumprimento dos requisitos ambientais tem como consequência um menor uso de recursos e evita desperdícios, trazendo uma série de desdobramentos que geram aumentos na eficiência econômica (PORTER & VAN DER LINDE, 1999).

Devido a implicações diretamente relacionadas ao meio ambiente, a dragagem é um processo que deve ser regulamentado. Em uma escala global, a Convenção de Londres, realizada em 1972 (CL-1972), identificou que diversas porções marítimas haviam se tornando intensamente degradadas e que, parte dessa degradação havia se dado pela disposição irregular do material dragado. Deste modo foram estabelecidas linhas de gerenciamento global. Um total de 72 países, dentre eles o Brasil, são signatários da CL-1972 (LAGEDO, 2014).

Os conflitos derivados da operação de dragagem em relação à qualidade dos corpos hídricos ocorrem, principalmente, em função da ressuspensão dos sedimentos dragados, que tem como consequência uma piora na qualidade ambiental da área selecionada para o despejo. Assim, a concordância com os requisitos ambientais apresenta-se como ferramenta fundamental para viabilidade tanto econômica quanto ambiental das atividades de dragagem e, conseqüentemente, das atividades portuárias.

Para este estudo, serão consideradas as atividades de um projeto de dragagem realizado no Canal do Fundão, localizados no Caju, município do Rio de Janeiro, para permitir a atracação de navios a fim de atender os campos de produção de petróleo e gás na costa do estado do Rio de Janeiro. Além disso, também houve contribuição para a despoluição da Baía de Guanabara, através da remoção das camadas mais superficiais de sedimento, retirando o lixo e materiais indesejados do fundo marinho.

Para estabelecer o atendimento aos requisitos ambientais da operação de dragagem, neste estudo será avaliada a qualidade ambiental da água na região da dragagem do Canal do Fundão. Essa avaliação será realizada considerando os

parâmetros obtidos no monitoramento realizado na área comparando com os valores de referência estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 357/05. Por fim, as águas da Baía de Guanabara serão classificadas segundo a diretiva-quadro da água da União Europeia, conhecida como Water Framework Directive (WFD) ou Diretiva-Quadro da Água (DQA).

Este estudo busca responder a partir da dragagem:

- Avaliação dos parâmetros obtidos no monitoramento em comparação com valores de referência (Resolução CONAMA Nº 357/05);
- Classificação da Água segundo a Diretiva-Quadro da Água (DQA).

A aplicação da Diretiva-Quadro da Água Nº 2000/60/CE é importante, pois estabelece os objetivos a serem alcançados para garantir a proteção e o aproveitamento sustentável das águas. Apesar do grande avanço alcançado no sentido de uniformizar os critérios de qualidade ecológica e química dos corpos d'água, vale ressaltar alguns aspectos que precisam ser aprimorados, como por exemplo, a definição das condições de referência dos corpos d'água. Nesse estudo esses valores de referência serão definidos tomando como base a Resolução CONAMA Nº 375/05. Os indicadores serão aplicados como ferramenta da avaliação de impacto ambiental utilizando dados reais do monitoramento de dragagem e será apontada a necessidade, ou não, da execução de medidas mitigadoras (necessidade de ações). Baseado nessas análises foi identificado que a água da Baía de Guanabara necessitaria de ações de mitigação no momento da realização das atividades de dragagem.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Dragagem

A dragagem é o processo de relocação de sedimentos e solos objetivando a construção e manutenção de vias aquáticas, de infraestrutura de transporte, de aterros e de recuperação de solos ou de mineração (GOES FILHO, 2004).

As atividades de dragagem são classificadas baseadas principalmente nos seus objetivos de atuação, em termos de volume dos sedimentos a serem retirados ou, ainda, referentes ao local de destinação dos mesmos. Os principais tipos de dragagem, segundo Goes Filho (2004) são divididos em quatro grupos distintos, baseados em sua operação:

- Dragagem de Aprofundamento ou Inicial – refere-se ao aprofundamento do canal que nunca sofrera esta intervenção.
- Dragagem de Manutenção – remoção do material oriundo de assoreamento em local previamente dragado, devido às necessidades de garantia da profundidade e largura da calha do corpo hídrico.
- Dragagem Ambiental ou Ecológica – visa à retirada de uma determinada quantidade de sedimentos contaminados.
- Dragagem de Mineração – exploração de minerais como fonte de renda, principalmente areias, argilas e cascalhos, além do ouro e diamante. Independente da finalidade da dragagem, elas serão executadas com os diferentes tipos de dragas, que deverão ser escolhidas conforme as características físicas, químicas e biológicas do sedimento, o local a sofrer a dragagem e a disposição, bem como a distância até a destinação do material, sejam eles contaminados ou inertes, os métodos de disposição, levantamento quantitativo e a eficiência esperada do equipamento, além da profundidade a ser atingida e dos custos.

Nesse contexto, a dragagem é um método comumente utilizado para desassoreamento, desobstrução, remoção, ou escavação de material de fundo de baías. Seu principal objetivo é realizar a manutenção ou aumentar a profundidade.

2.2 Indicadores de qualidade da água

2.2.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é vital para os seres aquáticos aeróbicos (dependentes de oxigênio) e um dos mais importantes gases dissolvidos na água que define a dinâmica e caracteriza os ecossistemas aquáticos é, geralmente, medido em miligramas por litro (mg/L) da água analisada. Suas principais fontes são a atmosfera e a fotossíntese (FIORUCCI; BENEDITTI FILHO, 2005). A água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e temperatura (SILVA et al., 2011).

Os valores de oxigênio dissolvido da água podem chegar a muito baixos ou zero. Teores baixos de oxigênio dissolvido indicam que, corpos d'água, recebem matéria orgânica decomposta por bactérias aeróbias causando a geração de maus odores, o crescimento de outros tipos de bactérias e a morte de diversos seres aquáticos aeróbicos, provocando a extinção de organismos aquáticos aeróbios.

A disponibilidade de OD na água depende do balanço entre a quantidade consumida por bactérias para oxidar a matéria orgânica provenientes de fontes pontuais e difusas de poluição e a quantidade produzida no próprio corpo d'água por meio de organismos fotossintéticos, processo de aeração natural e artificial (FIORUCCI; BENEDITTI FILHO, 2005). Nesse contexto, o OD é um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas decorrentes de despejos orgânicos (SIQUEIRA et al., 2012). Sua solubilidade é proporcional à pressão parcial e apresenta-se em função da altitude e da temperatura do corpo de água, podendo-se inferir que a uma dada temperatura a solubilidade do oxigênio decresce com o aumento da altitude, pois haverá uma diminuição da pressão atmosférica e o oxigênio terá sua pressão parcial reduzida.

Geralmente, ao nível do mar e à temperatura de 20°C, a concentração de saturação é de 9,2 mg/L. Valores de OD inferiores ao valor de saturação indicam a presença de matéria orgânica e, valores superiores, a existência de crescimento anormal de algas que liberam oxigênio durante o processo de fotossíntese. Então, baseado na solubilidade de oxigênio, os organismos aquáticos tropicais têm menos

oxigênio disponível do que os de ambiente aquáticos de clima temperado. Outro fator que influencia na solubilidade de oxigênio é a salinidade.

O aumento da salinidade diminui a solubilidade de oxigênio na água. Desta forma, a quantidade de minerais ou a presença de elevadas concentrações de sais dissolvidos na água em decorrência de atividades potencialmente poluidoras podem, mesmo em pequena intensidade, influenciar o teor de OD na água. No entanto, a salinidade é a principal causa do menor valor de OD nas águas salgadas, em relação ao mesmo valor em águas doces em condições idênticas de temperatura e pressão atmosférica (FIORUCCI; BENEDITTI FILHO, 2005).

2.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a atividade do íon hidrogênio na água, de forma logaritimizada, resultante da dissociação da própria molécula de água e, posteriormente, adicionada ao hidrogênio proveniente de outras fontes como efluentes industriais (ácido sulfúrico, clorídrico, nítrico, etc.), dissociação de ácidos orgânicos como ácido acético, originado da “fase ácida” da decomposição anaeróbica da matéria orgânica, bem como outras substâncias que venham a apresentar reação ácida com a água.

A escala de pH varia de 0 a 14, sendo que os valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto que valores de 7 a 14 indicam aumento de alcalinidade (LOPES; MAGALHÃES, 2010). Os valores de pH estão relacionados a fatores naturais, como dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, fatores antropogênicos pelo despejo de esgotos domésticos e industriais, devido à oxidação da matéria orgânica e à lavagem ácida de tanques, respectivamente. O pH influencia diretamente os ecossistemas aquáticos naturais por meio de seus efeitos sobre a fisiologia das espécies. Indiretamente, o efeito do pH contribui para precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados e solubilidade de nutrientes.

As restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais em acordo com a legislação federal (BRASIL, 2005). O valor de pH é essencialmente função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água e é muito importante para compor os índices de qualidade de águas. Os critérios de

proteção à vida aquática fixam o pH entre 6 e 9 (PERPÉTUO, 2013; SIQUEIRA et al., 2012).

2.2.3 Compostos Nitrogenados: Amônia (NH₃, NH₄⁺), Nitrito (NO₂⁻) e Nitrato (NO₃⁻)

Os compostos nitrogenados ocorrem naturalmente no meio aquoso, mas, também, podem ser resultado da lixiviação do solo, processos biogênicos naturais, lançamentos de despejos e drenagem de áreas agrícolas. Esgotos domésticos e industriais, fertilizantes e excremento de animais são causas do aumento do nitrogênio na água que pode afetar o crescimento ou provocar mortalidade nos organismos cultivados (CAMPOS et al., 2012).

Alguns dos cuidados básicos com a qualidade da água estão relacionados com as substâncias formadas no decorrer do ciclo do nitrogênio. Um dos elementos mais importantes no metabolismo de sistemas aquático e vital como macronutrientes, o nitrogênio é a chave para produzir aminoácidos, proteínas e enzimas, componentes básicos da biomassa. Na água, encontra-se na forma de gás dissolvido, compostos orgânicos e inorgânicos, sendo fixado na forma molecular pelas bactérias e fungos, por meio do ciclo do nitrogênio.

A atmosfera é a mais importante fonte de nitrogênio. Aproximadamente 78% do ar atmosférico é formado por nitrogênio livre (N₂ gás), porém a maioria dos seres vivos é incapaz de aproveitá-lo no seu metabolismo e, desta forma, bactérias e algas o fixam diretamente no ar. É um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenômeno chamado de eutrofização (SILVA et al., 2011) e pode estar presente na água em várias formas: amônia, nitrato e nitrito.

2.2.3.1 Amônia (NH₃)

A amônia orgânica (NH₃), forma não-ionizada e tóxica, é a primeira substância desse ciclo resultante da digestão dos alimentos ingeridos pelos organismos aquáticos, ou pela ação de determinadas bactérias decompositoras sobre os restos alimentares. Na água, a amônia orgânica transforma-se em NH₄⁺ /amônia inorgânica

(forma ionizada), livre, que é oxidada pelas bactérias nitrificantes (nitrosomonas) presentes no substrato e transformando-se em nitrito/ NO_2^- (substância muito tóxica), devido a sua capacidade de difusão pelas membranas celulares (CAMPOS et al., 2012), que na presença de oxigênio e bactérias forma o nitrato/ NO_3^- (substância menos tóxica) e menos volátil. As nitrosomonas oxidam com maior eficiência os compostos nitrogenados, mantêm os níveis de amônias e, garantem o equilíbrio biológico. Essa ação obedece a uma faixa de pH, que vai do mais baixo, neutro até mais alcalina, ou seja, os nitrosomonas atuam, no mínimo, em pH 7,0 e o máximo de 9,4. O pH e as amônias são diretamente proporcionais, pois quanto maior for o pH, mais tóxicas serão (PIVELI, 2017).

A importância do conhecimento da presença e quantificação do nitrogênio nas suas diversas formas na água refere-se ao consumo de OD necessário durante o processo de nitrificação, ou seja, a conversão de nitrogênio amoniacal a nitrito e este a nitrato e, principalmente, a proliferação de algas que necessitam do nitrogênio para seu crescimento.

Cabe destacar que o crescimento demasiado de algas em determinadas condições ocasiona processos de eutrofização, fenômeno que modifica as características físicas, químicas e biológicas do corpo d'água e, como consequência desagradável, tem-se o crescimento excessivo de vegetação aquática, eventuais maus odores, mortandade dos peixes, mudança radical da cor, diminuição excessiva de OD e secreções tóxicas de certas algas (SILVA et al., 2011).

O processo de eutrofização adicionado ao de assoreamento aumenta gradativamente o material sedimentado no fundo como matéria orgânica em suspensão, vegetação aquática morta e sólidos carregados por processo erosivos provocando, lentamente, a morte e o desaparecimento do corpo d'água (SILVA et al., 2011).

Portanto, a quantificação do nitrogênio amoniacal, geralmente medido em miligramas por Litro (mg/L) é importante não somente para se constatar a poluição mas também como um indicador de consumo de oxigênio no processo de nitrificação e possível crescimento de algas no futuro.

2.2.3.2 Nitrato (NO_3^-)

O nitrato (NO_3^-) é considerado a principal forma de nitrogênio associada à contaminação de águas pelas atividades agrícolas, o nitrato (NO_3^-), medido em mg/L, fica retido nas cargas positivas das partículas de solo, permanecendo mais em solução, basicamente nas camadas superficiais do solo nas quais a matéria orgânica aumenta o caráter eletronegativo da fase sólida e repele o nitrato. Por isso, é considerado um indicador de poluição (BOSMAN, 2009) que está relacionado ao final do processo de nitrificação ou, ainda, caracterizar o efluente de uma estação de tratamento de esgotos sanitários ao nível terciário, onde o processo de nitrificação é induzido e controlado com a finalidade de reduzir os nutrientes. Em solução, o nitrato fica predisposto ao processo de lixiviação e ao longo do tempo, pode haver um aumento de seus teores em águas mais profundas e sua ingestão pode causar a metamoglobinemia infantil – causa de câncer decorrente de um processo pelo qual o nitrato é convertido em nitrito por uma bactéria estomacal (JADOSKI et al., 2010; SILVA et al., 2011).

2.2.3.3 Nitrito (NO_2^-)

O nitrito é um composto intermediário na nitrificação bacteriana da amônia a nitrato (em meios oxidantes), ou produto de desnitrificação do nitrato (em ambientes redutores), sendo tóxico para os peixes. Por ser muito tóxico para organismos aquáticos, o nitrito, acarreta mortalidade em sistemas de cultura.

Em elevadas concentrações, no meio aquático, atua sobre o transporte de oxigênio, transformando hemocianina em metahemocianina, que incapacita a transferência de O_2 para os tecidos diminuindo a quantidade de oxigênio disponível para o metabolismo, podendo ocorrer hipóxia e mortalidade significativa dos organismos (CAMPOS; ROHLFS, 2013). Sua unidade de medida é dada em gramas por Litro (g/L).

2.2.4 Turbidez

A turbidez ou turvação de uma amostra de água é definida como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, ou seja, a dispersão ocorre pela presença de materiais em suspensão na amostra e a absorção da luz que atravessa a amostra não é transmitida em linha reta (PEIXOTO, 2007/2008). Esta redução ocorre por absorção e espalhamento, pois partículas, tais como inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos (bactérias e plâncton, em geral), provocam a turbidez nas águas por serem maiores que o comprimento de onda da luz branca devido à presença de sólidos em suspensão (PIVELI, 2017; PEIXOTO, 2007/2008). Seus valores elevados podem indicar problemas de erosão, pois são afetados pelas condições climáticas.

A elevação da turbidez das águas resulta da erosão das margens dos rios em estações chuvosas devido ao mau uso do solo (CORREA & SOUSA FILHO, 2009). Esse processo impede a fixação da vegetação produzindo sedimentos e acumulação de espécies de microrganismos e de elementos químicos que se associam ao material em suspensão, sendo transportados na forma dissolvida ou coloidal, como também pelos esgotos sanitários e diversos efluentes industriais que formam grandes bancos de lodo e alteração no ecossistema aquático (MALHEIROS et al., 2012; PIVELI, 2017).

A turbidez também é um parâmetro importante no controle de qualidade das águas naturais (MALHEIROS et al., 2012). Sua existência provoca a redução de intensidade dos raios luminosos que penetram no corpo d'água implicando nas características do ecossistema presente (BRASIL, 2006). Quando as partículas são sedimentadas há a formação de bancos de lodo (demanda bentônica) e ocorre falta de oxigênio no ambiente. A sedimentação inicia o processo anaeróbico de estabilização da matéria orgânica, onde as bactérias anaeróbicas e facultativas transformarão a matéria orgânica em compostos simples como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e amônia (NH_3) que, ao serem liberados no ar provocam mau cheiro (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005).

O movimento das bolhas de gás causa o arraste de partículas orgânicas não totalmente degradadas que provoca o aumento da demanda de oxigênio na massa líquida (demanda bentônica) (PIVELI, 2017).

Existem vários métodos de determinação da turbidez. Atualmente é determinado pelo método nefelométrico, e a suspensão padrão adaptada para a calibração de nefelometro é a de formazina em várias concentrações (BRASIL, 2006).

2.3 Resolução CONAMA Nº 375/05

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), foi instituído pela Lei Nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto Nº 99.274/90.

O Conselho é um colegiado representativo de cinco setores, a saber: órgãos federais, estaduais e municipais, setor empresarial e sociedade civil.

Dentre as competências do CONAMA, no que se refere à proteção dos recursos hídricos e qualidade da água, destacam-se:

- Incentivar a criação, a estruturação e o fortalecimento institucional dos Conselhos Estaduais e Municipais de Meio Ambiente e gestão de recursos ambientais e dos Comitês de Bacia Hidrográfica;
- Avaliar regularmente a implementação e a execução da política e normas ambientais do País, estabelecendo sistemas de indicadores;
- Estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos.

Para estabelecer as normas e critérios para a qualidade do meio ambiente, o CONAMA pode estabelecer os seguintes atos:

- Moções, quando se tratar de manifestação, de qualquer natureza, relacionada com a temática ambiental;
- Recomendações, quando se tratar de manifestação acerca da implementação de políticas, programas públicos e normas com repercussão na área

ambiental, inclusive sobre os termos de parceria de que trata a Lei Nº 9.790, de 23 de março de 1999;

- Proposições, quando se tratar de matéria ambiental a ser encaminhada ao Conselho de Governo ou às Comissões do Senado Federal e da Câmara dos Deputados;
- Decisões, quando se tratar de multas e outras penalidades impostas pelo IBAMA, em última instância administrativa e grau de recurso, por meio de deliberação da Câmara Especial Recursal (CER);
- Resoluções, quando se tratar de deliberação vinculada a diretrizes e normas técnicas, critérios e padrões relativos à proteção ambiental e ao uso sustentável dos recursos ambientais.

Dentre as Resoluções publicadas pelo CONAMA para estabelecer os critérios de qualidade ambiental, destaca-se a CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

A Resolução CONAMA Nº 375, de 17 de março de 2005, é um dos instrumentos para avaliação da qualidade da água e para avaliar se um determinado corpo d'água apresenta condições satisfatórias para assegurar os seus usos potenciais é necessário efetuar a caracterização físico-química e bacteriológica da água. A avaliação da qualidade de qualquer sistema ambiental depende fundamentalmente da escolha de parâmetros representativos de seu status por ocasião do momento da amostragem.

De acordo com a referida Resolução águas consideradas doces possuem salinidade igual ou inferior a 0,5%; águas salobras possuem salinidade superior a 5% e inferior a 30%; e águas salinas com salinidade igual ou superior a 30%. Além disso, também classifica os corpos d'água segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Classificação e destinação das águas doces, salinas e salobras.

ÁGUAS DOCES	
CLASSE	DESTINAÇÃO
Especial	Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
	À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
	À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
	À proteção das comunidades aquáticas;
	À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N° 274, de 2000;
	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;
	À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
	À proteção das comunidades aquáticas;
	À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N° 274, de 2000;
	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;
	À aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 3	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
	À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
	À pesca amadora;
	À recreação de contato secundário;
	À dessedentação de animais.
Classe 4	À navegação;
	À harmonia paisagística.
ÁGUAS SALINAS	
CLASSE	DESTINAÇÃO
Classe especial	À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
	À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	À recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA N° 274, de 2000;
	À proteção das comunidades aquáticas;
	À aquicultura e à atividade de pesca.

ÁGUAS DOCES	
CLASSE	DESTINAÇÃO
Classe 2	À pesca amadora;
	À recreação de contato secundário.
Classe 3	À navegação;
	À harmonia paisagística.
ÁGUAS SALOBRAS	
CLASSE	DESTINAÇÃO
Classe especial	À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
	À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	À recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA N° 274, de 2000;
	À proteção das comunidades aquáticas;
	À aquicultura e à atividade de pesca;
	Ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado;
	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, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
Classe 2	À pesca amadora;
	À recreação de contato secundário.
Classe 3	À navegação;
	À harmonia paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA N° 357/05

Em seu capítulo II, a Resolução CONAMA N° 357/05 determina as condições e padrões de qualidade das águas de acordo com a classificação dos corpos d'água. Segundo o Art. 7º os padrões de qualidade das águas determinados na Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

2.4 Classificação das águas de acordo com a ANA

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), as águas de classe especial devem ter sua condição natural, não sendo aceito o lançamento de efluentes, mesmo que tratados. Para as demais classes, são admitidos níveis crescentes de poluição, sendo a classe 1 com os menores níveis e as classes 4

(águas-doces) e 3 (águas salobras e salinas) as com maiores níveis de poluição (Figura 2.1).

Estes níveis de poluição determinam os usos que são possíveis no corpo d'água. Por exemplo, nas águas-doces de classe 4 os níveis de poluição permitem apenas os usos menos exigentes de navegação e harmonia paisagística.



Figura 2.1 – Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.
Fonte: ANA

Nas figuras a seguir são apresentadas as relação entre as classes de enquadramento e os usos respectivos a que se destinam as águas-doces, salobras e salinas.

USOS DAS ÁGUAS DOCES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário						
Aquicultura						
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Figura 2.2 – Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos.
Fonte: ANA

USOS DAS ÁGUAS SALOBRAS		CLASSES DE ENQUADRAMENTO			
		ESPECIAL	1	2	3
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral			
Proteção das comunidades aquáticas					
Recreação de contato primário					
Aquicultura					
Abastecimento para consumo humano			Após tratamento convencional ou avançado		
Irrigação			Hortalças consumidas cruas, frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, parques, jardins, campos de esporte e lazer.		
Recreação de contato secundário					
Pesca					
Navegação					
Harmonia paisagística					

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Figura 2.3 – Classes de enquadramento das águas salobras e usos respectivos.
Fonte: ANA

USOS DAS ÁGUAS SALINAS	CLASSES DE ENQUADRAMENTO			
	ESPECIAL	1	2	3
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	 Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral			
Proteção das comunidades aquáticas 				
Recreação de contato primário 				
Aquicultura 				
Recreação de contato secundário 				
Pesca 				
Navegação 				
Harmonia paisagística 				

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Figura 2.4 – Classes de enquadramento das águas salinas e usos respectivos
Fonte: ANA

2.5 Diretiva-Quadro da Água (DQA)

Desde a década de 1990 existe um esforço de uma gama de peritos, gestores e partes interessadas para elaborar um sistema de gestão de recursos hídricos único para a União Europeia (UE). Em outubro de 2000, foi estabelecida pelo parlamento europeu a “Diretiva do Parlamento e do Conselho para o Estabelecimento de um Quadro para a Ação Comum do Domínio da Política da Água” (CIS, 2003a).

A Diretiva 2000/60/CE é um instrumento integrador da política de recursos hídricos da União Europeia (UE), conhecido por Diretiva-Quadro da Água (DQA), por estabelecer um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.

O objetivo DQA é prevenir a deterioração e alcançar o “bom estado” das massas de água da UE, inicialmente, até 2015 e para atingi-lo, a diretiva estabelece programas de medidas para alcançar os parâmetros de qualidade da água, de forma integrada dos recursos hídricos, no âmbito das bacias hidrográficas, independentemente dos limites territoriais.

Segundo Cardoso-Silva et al. (2013), a Diretiva impõe objetivos gerais que definem normas de qualidade para os tipos de água em função de seus usos múltiplos e valores limite de emissão para o lançamento de efluentes.

A DQA busca estabelecer um enquadramento para a proteção e melhoria das águas de superfície interiores, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas por meio de uma gestão com foco na prevenção e redução dos níveis de poluição. Para as águas subterrâneas o objetivo é atingir o “bom estado” químico e para as águas superficiais, o objetivo é atingir tanto o “bom estado” químico quanto ecológico (CIS, 2003b).

De acordo com Acreeman & Ferguson (2010), no bom estado as condições biológicas e de qualidade da água não apresentam desvio ou possuem pequeno desvio em relação às condições do corpo hídrico na ausência de impactos antrópicos.

Buscando definir ecológica dos corpos d’água, a Diretiva, estabelece a análise de elementos hidromorfológicos e biológicos, ao invés de somente as análises dos parâmetros químicos, físicos e de poluentes específicos.

2.5.1 Classificação da qualidade da água

A DQA estabelece que “bom estado das águas” superficiais contempla o “bom estado ecológico” e o “bom estado químico”, correspondendo ao estado em que se encontra um meio hídrico de superfície quando os seus estados ecológico e químico são considerados ao menos “bons”.

2.5.2 Classificação da qualidade química dos corpos d’água

O “estado químico” está relacionado com a presença de substâncias químicas no ambiente aquático que, em condições naturais, não estariam presentes, e que são suscetíveis de causar danos significativos para a saúde humana e para a flora e fauna, pelas suas características de persistência, toxicidade, bioacumulação. O bom estado químico corresponde ao estado químico de uma massa de água de superfície em que as concentrações de poluentes não ultrapassam as normas de qualidade ambiental legalmente estabelecidas (HENRIQUES, et al., 2000).

2.5.3 Classificação da qualidade ecológica dos corpos d'água

Para a avaliação do estado ecológico dos corpos d'água a Diretiva estabelece 05 (cinco) níveis de classificação: excelente, bom, razoável, insatisfatório e ruim, correspondendo respectivamente às classes: I, II, III, IV e V, conforme Tabela 2.2 abaixo.

Tabela 2.2 – Classificação dos corpos d'água segundo avaliação do estado ecológico

CLASSIFICAÇÃO	CLASSE	DESCRIÇÃO
Excelente	I	Nenhumas ou muito poucas alterações antropogênicas dos valores dos elementos de qualidade físico-químicos hidromorfológicos do tipo de massa de águas de superfície em relação aos normalmente associados a esse tipo em condições não perturbadas. Os valores dos elementos de qualidade biológica do tipo de massa de águas de superfície correspondem a esse tipo de meio hídrico em condições não perturbadas. São as condições que deverão ser adoptadas como condições de referência.
Bom	II	Os valores dos elementos de qualidade biológica do tipo de massas de água de superfície apresentam baixos níveis de distorção resultantes de atividades antropogênicas, mas só se desviam ligeiramente dos normalmente associados a esse tipo de massas de água de superfície em condições não perturbadas.
Razoável	III	Os valores dos elementos de qualidade biológica do tipo de massa de água de superfície desviam-se moderadamente dos normalmente associados a esse tipo de massas de água de superfície em condições não perturbadas. Os valores mostram sinais moderados de distorção resultante da atividade antropogênica.
Insatisfatório	IV	Os valores dos elementos de qualidade biológica apresentam alterações consideráveis relativamente aos normalmente associados a esse tipo de massas de água de superfície em condições não perturbadas.
Ruim	V	Os valores dos elementos de qualidade biológica apresentam alterações graves relativamente aos normalmente associados a esse tipo de massa de água de superfície em condições não perturbadas.

Fonte: Jornal Oficial das Comunidades Europeias. Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho n.º 2000/60/CE, de 23 de Outubro de 2000, apud Sobral et al. (2010).

Os indicadores utilizados para avaliar do estado ecológico dos corpos d'água podem ser biológicos, hidromorfológicos e físico-químicos, sendo este último considerado neste trabalho.

De acordo com Sobral et al. 2010, são considerados indicadores físico-químicos: a) elementos gerais – profundidade visível, temperatura, condições de oxigenação, salinidade, estado de acidez e nutrientes (fósforo, orto-fosfato, nitrogênio total e nitrato); b) poluentes específicos; c) poluentes não sintéticos específico (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 – Indicadores da qualidade físico-química dos corpos de água da Comunidade Europeia 2000/60/CE

ELEMENTO	ESTADO EXCELENTE	ESTADO BOM	ESTADO RAZOÁVEL
Condições gerais	Os valores dos elementos físicos químicos correspondem totalmente ou quando aos que se verificam em condições não perturbadas. As concentrações de nutrientes permanecem dentro dos valores normalmente associados /as condições não perturbadas. Os níveis de salinidade, pH, balanço de oxigênio, capacidade de neutralização dos ácidos e temperatura não mostram sinais de perturbação antropogênicas e permanecem dentro dos valores normalmente associados as condições não perturbadas.	A temperatura, o balanço de oxigênio, o pH, a capacidade de neutralização dos ácidos e a salinidade permanecem dentro dos níveis estabelecidos, de forma a garantir o funcionamento do ecossistema específico do tipo e os valores acima especificados para os elementos de qualidade biológica. As concentrações de nutrientes não excedem os níveis estabelecidos, de forma a garantir o funcionamento do ecossistema e os valores acima especificados para os elementos de qualidade biológica.	Condições compatíveis com os valores acima especificados para elementos de qualidade biológica.
Poluentes sintéticos específicos	Concentrações próximas de zero e pelo menos inferiores aos limites de detecção permitidos pelas melhorias técnicas analíticas geralmente usadas	Concentrações não superiores às normas estabelecidas, sem prejuízo das Diretivas 91/414/CEE e 98/8/CE (<eqs).	Condições compatíveis com os valores acima especificados para elementos de qualidade

ELEMENTO	ESTADO EXCELENTE	ESTADO BOM	ESTADO RAZOÁVEL
			biológica.
Poluentes não sintéticos específicos	As concentrações permanecem dentro dos valores normalmente associados às condições não perturbadas (concentração natural de referências - cnr)	Concentrações não superiores às normas estabelecidas, sem prejuízo das Diretivas 91/414/CEE e 98/8/CE (<norma de qualidade ambiental - eqs).	Condições compatíveis com os valores acima especificados para elementos de qualidade biológica.

Fonte: Jornal Oficial das Comunidades Europeias. Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho n.º 2000/60/CE, de 23 de Outubro de 2000, apud Sobral et al.(2010)

2.5.4 Classificação dos Corpos d'água no Brasil

No Brasil, cabe ao Conselho Nacional de Meio Ambiente, estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, dentre eles recursos hídricos. A Resolução Conama Nº 357/2005, substituiu a Resolução Conama Nº 20/1986, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, conforme descrito no item 2.3.

A Resolução CONAMA Nº 357/2005 classifica as águas em treze classes, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. As águas doces podem ser subdivididas em cinco classes, as salobras e as salinas em quatro classes.

A CONAMA Nº 357/2005 representou um avanço significativo, uma vez que ampliou as classes para o enquadramento dos corpos de água e seus respectivos indicadores de qualidade. Entretanto, apesar desta norma estar em vigor desde 2005, a grande maioria dos corpos de água brasileiros ainda necessita de estudos para seus enquadramentos, os quais devem ser vinculados aos planos diretores das respectivas bacias hidrográficas. Nestes planos devem estar definidas as metas e as medidas a serem implementadas para se atingir o enquadramento proposto.

Enquanto isso, todos os corpos hídricos são enquadrados como Classe 2.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 Baía de Guanabara

A Baía de Guanabara, segunda maior do litoral brasileiro em área e volume, localiza-se no Estado do Rio de Janeiro, estando situada entre as latitudes 22° 41' e 22° 56' Sul e as longitudes 43° 02' e 43° 18' Oeste.

Em relação aos atributos físicos, a baía é considerada um ecossistema costeiro semifechado (AMADOR, 1980, apud MENICONI et al., 2012) que possui uma superfície de aproximadamente 380 km² e 131 km de perímetro. Com o objetivo de aumentar a área urbana, como as praias do Flamengo e a Ilha do Fundão, a Baía sofreu diversos aterros, diminuindo em 10% sua área interna de espelho d'água (KJERFVE, 1997, apud CARVALHO, 2011).

Considerada como um sistema estuarino a Baía de Guanabara é um ambiente complexo que apresenta grande variabilidade ambiental, determinada pelo gradiente de salinidade, pelas variações na altura da lâmina d'água e pelo padrão de circulação regido principalmente pelas marés (AMADOR, 1997, apud MENICONI et al., 2012). O gradiente estuarino e hidrodinâmico natural, da entrada até o fundo (eixo norte-sul), que tem reflexos na qualidade da água, na distribuição dos tipos de sedimento e na distribuição da biota aquática.

Situados em regiões costeiras, os estuários normalmente estão localizados em áreas de intensa atividade antropogênica, sendo suscetíveis aos seus impactos. No caso da Baía de Guanabara, às variações naturais deste ambiente estuarino, soma-se um intenso aporte decorrente das diversas fontes de poluição, sejam elas pontuais, ou difusas, além de intervenções de caráter físico, como inúmeros aterros ao longo de sua história e constantes dragagens (MENICONI et al., 2012).

A bacia hidrográfica da Baía de Guanabara compreende uma superfície de 4.081 km², pelos quais drenam 35 rios principais que contribuem com a elevada descarga de efluentes domésticos e industriais (MAYR et al., 1989, apud HATHERLY, 2013). Esta bacia engloba 15 municípios, sendo 09 integralmente (Duque de Caxias, São João de Meriti, Belford Roxo, Nilópolis, São Gonçalo, Magé, Itaboraí, Guapimirim e Tanguá) e 06 parcialmente (Rio de Janeiro, Niterói, Nova Iguaçu, Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito e Petrópolis).

Os atuais níveis de poluição da Baía de Guanabara são consequência de um processo de degradação de se intensificou nas décadas de 1950 – 1960, com o elevado crescimento urbano (INEA, 2005). Aliado a isso, o surgimento de um polo industrial na região da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara também contribuiu para a poluição da região.

As grandes áreas urbanizadas resultaram na retificação e canalização com concreto de centenas de quilômetros de curso de água, facilitando o transporte de sedimentos. Segundo Bérghamo (2006) o aporte sedimentar, o transporte e a deposição pelas correntes, refletem na topografia de fundo da Baía de Guanabara.

Circundando a Baía encontram-se os maiores centros urbanos do estado do Rio de Janeiro, os quais concentram cerca de 80% da população fluminense, onde a contribuição de efluentes domésticos e industriais é significativa, com uma pequena parcela de esgotos sanitários sendo tratada adequadamente (LIMA, 2006).

Os efluentes industriais são uma considerável fonte de poluição das águas da Baía, representando cerca de 20% da poluição. Além disso, pode-se considerar que são responsáveis por quase a totalidade da poluição química por substâncias tóxicas e metais pesados, que se acumulam nos sedimentos.

3.2 Qualidade da água da Baía de Guanabara

Embora a Baía de Guanabara seja um ecossistema comprometido, principalmente no fundo da baía, algumas áreas, como o canal central, apresenta qualidade da água dentro dos padrões aceitáveis, sendo o grande responsável pela intensa circulação das águas oceânicas. Mayr et al. (1989) caracterizam a Baía em 5 setores, de acordo com as características hidrológicas (Figura 3.1 e Tabela 3.1):

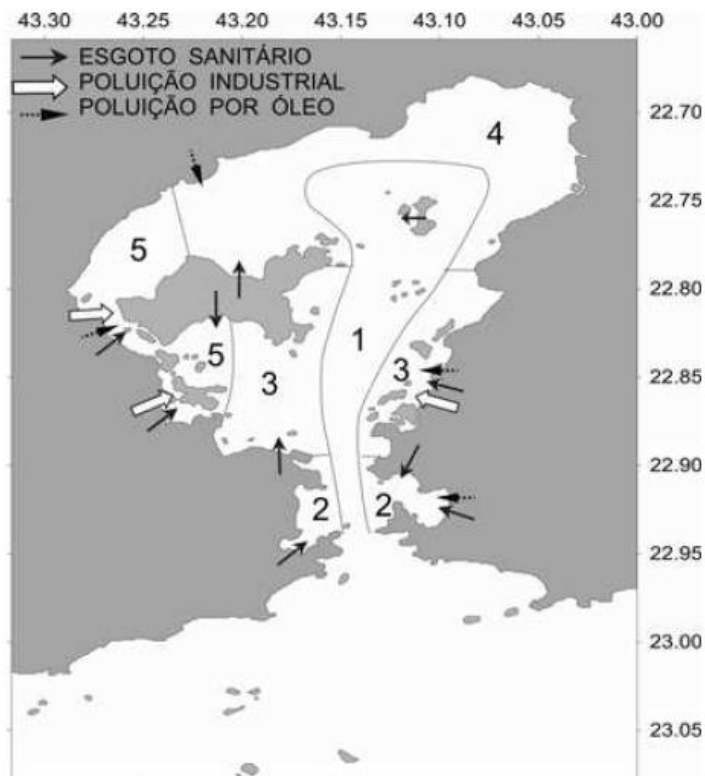


Figura 3.1 – Setorização da Baía de Guanabara de acordo com os níveis de qualidade da água
Fonte: SECT, 2000 modificado de Mayret al., 1989

Tabela 3.1 – Caracterização das áreas setorizadas de acordo com os níveis de qualidade da água.

SETOR	CARACTERIZAÇÃO
1	A existência de um canal de circulação tem como consequência uma melhor qualidade das águas e menor sensibilidade da Baía. Em decorrência da influência direta das águas interiores e costeiras, nesta área encontram-se as maiores profundidades e os melhores indicadores de qualidade de água,
2	Área próxima a entrada da Baía. Apesar desta localização as enseadas estão sujeitas a forte poluição orgânica, oriunda dos centros urbanos mais desenvolvidos da região, as cidades do Rio de Janeiro (parte oeste da Baía) e de Niterói (parte leste da Baía).
3	A influência de várias formas de poluição (esgoto doméstico, lançamento de efluentes industriais e poluição por óleos originada nos portos da grande concentração de estaleiros) tem como consequência o avançado nível de deterioração desta área.
4	É o berço da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim e também onde está localizada a Estação Ecológica da Guanabara. Onde estão presentes um dos poucos manguezais remanescentes (atuando como zona de amortecimento), uma vez que esta região está sob influência dos rios menos poluídos de águas menos comprometidas.
5	O aporte de várias fontes de poluição caracteriza esta área como a que apresenta o mais avançado estado de deterioração ambiental. Somado a isso, tem-se a grande taxa de

SETOR	CARACTERIZAÇÃO
	urbanização, o assoreamento e aterramento do espelho d'água, que contribui para a circulação deficiente das águas nesta região (Oliveira, 2009).

As características hidrológicas da Baía variam temporalmente em função da oscilação da maré e pluviosidade, influenciadas pontualmente pelos aportes continentais (HATHERLY, 2013). Durante o verão, devido ao maior volume de escoamento das águas superficiais, é observada uma significativa estratificação se comparados o fundo e a superfície. Por outro lado, no período de seca, a coluna d'água é basicamente homogênea.

De acordo com Mayr et al. (1989), a distribuição dos focos de poluição e o padrão de circulação das águas da Baía, determinado pela influência dos rios e pelas variações de maré, propiciam a diluição dos despejos de maneira desigual, gerando áreas com diferentes qualidades ambientais. A interação entre o aporte fluvial e periférico (efluentes industriais e domésticos, por exemplo) e a dinâmica marinha determina as características da estrutura vertical das águas da baía.

Além do ponto de vista temporal, a qualidade da água pode alterar espacialmente. O gradiente de poluição norte/sul se dá em função das características estuarinas da baía, sendo um reflexo das contribuições oceânicas no sul e continentais no norte. Segundo Meniconi et al. (2012) como as águas na região sul da Baía apresentam indicadores de poluição em níveis aceitáveis, em algumas situações as águas desta região são classificadas como águas salinas Classe II, de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005.

O gradiente de poluição leste/oeste é consequência da urbanização nas áreas costeiras da Baía. Na região oeste são encontrados os piores valores para os indicadores de poluição, devido ao grande desenvolvimento da região, onde várias áreas foram aterradas comprometendo a hidrodinâmica. Aliado a isso, são observados grandes lançamentos de efluentes domésticos e industriais nesta região que teve sua capacidade de diluição reduzida em função das mudanças de circulação das águas. A região leste da Baía, por sua vez, possui os melhores valores para os indicadores de poluição por estar sob influência da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim (MENICONI et al., 2012).

As elevadas cargas de bactérias, de matéria orgânica e de nutrientes, contribuem para intensificar o processo de degradação do ecossistema da Baía de Guanabara, principalmente nas áreas oeste e noroeste. Os problemas se devem, principalmente, as altas concentrações de bactérias do tipo coliforme, Fósforo, Nitrogênio, Clorofila-a e da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), além dos baixos níveis de Oxigênio Dissolvido (OD) e de Transparência (LIMA, 2006).

Segundo Lima (2006), a área da Baía com a pior qualidade da água está localizada no canal entre as Ilhas do Governador e do Fundão e o continente, em função do lançamento significativo de efluentes brutos ou parcialmente tratados, proveniente das áreas industriais e residenciais de baixa renda. Como a influência do movimento de maré é limitada nesta região, uma vez que a deposição de sedimentos reduziu as seções transversais do canal.

A acumulação de metais pesados, Fósforo e Nitrogênio nos sedimentos é outro fator que impacta negativamente na qualidade da água da Baía. Sedimentos contaminados resultam no contínuo reciclo destes contaminantes para a coluna d'água, mesmo após a redução dos lançamentos destes poluentes. De acordo com Lima (2006), as concentrações de metais pesados nos sedimentos superficiais são maiores na parte interna, decrescendo em direção ao canal central e a entrada da Baía.

4 METODOLOGIA

4.1 Coleta dos Dados

Os dados de qualidade da água foram obtidos no âmbito de um projeto de monitoramento ambiental de dragagem na Baía de Guanabara. A área de monitoramento da qualidade da água se concentrou na região da dragagem do Canal do Fundão, localizados no Caju (Figura 4.1).

Para a coleta dos dados as estações de amostragens foram localizadas ao redor do centro da atividade de dragagem. Foram posicionadas quatro estações concêntricas no entorno da draga a um raio de 400m na proa, boreste, popa e bombordo da embarcação de dragagem (Figura 4.2) e nomeadas de Ponto de Monitoramento 1 – PM1, Ponto de Monitoramento 2 – PM2, Ponto de Monitoramento 3 – PM3 e Ponto de Monitoramento 4 – PM4. A localização das estações variou de acordo com o posicionamento da draga em operação.

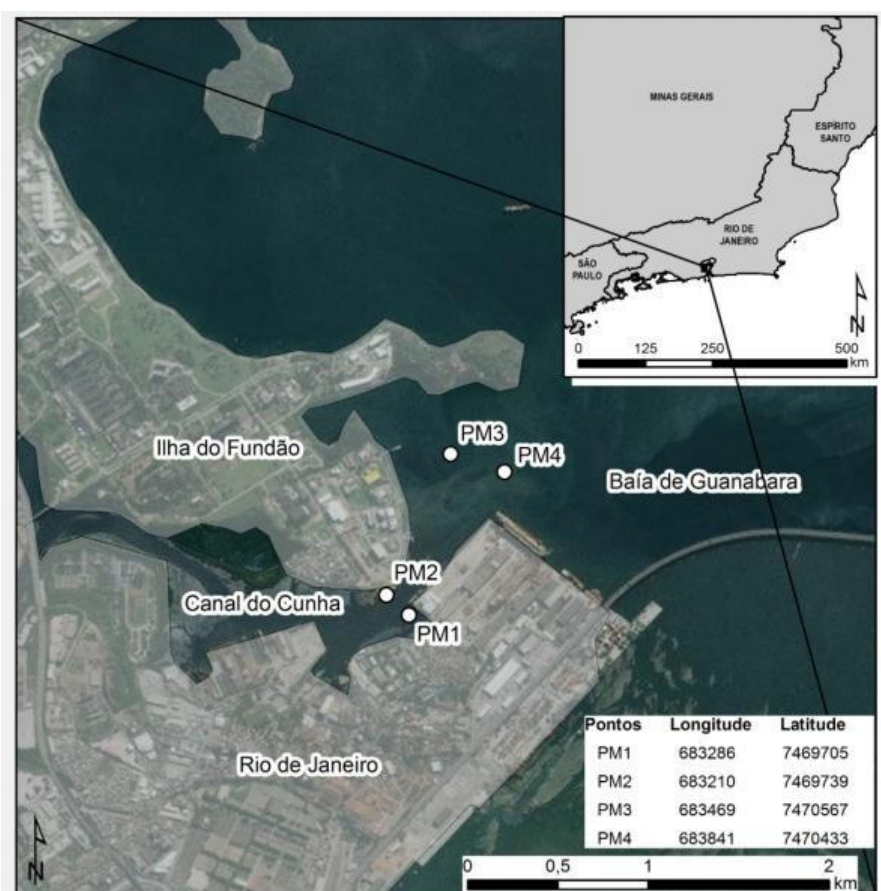


Figura 4.1 – Representação geral da localização dos quatro estações de monitoramento

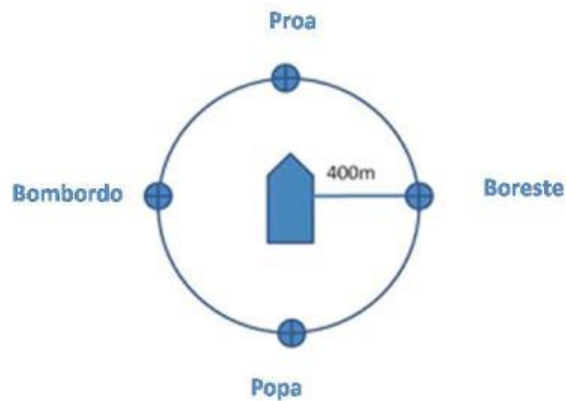


Figura 4.2 – Esquema do posicionamento das quatro estações de amostragem no entorno da draga a ser utilizada na operação

As amostragens foram realizadas entre dezembro de 2014 e outubro de 2015, em situação de maré enchente e ao longo do monitoramento na área de dragagem, seis dragas, em momentos diferentes, estiveram em operação.

Os parâmetros físico-químicos analisados no monitoramento original foram os seguintes: temperatura, salinidade, condutividade, pH, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, resíduos não filtrável total (RNFT), nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio total (N-total), ortofosfato, fósforo total e silicato. Destaca-se que também foi medida a transparência da água. Em todas as estações as medições da sonda e as coletas de água com garrafa de Niskin foram realizadas tanto na camada superficial (aproximadamente 0,5 m) quanto na de fundo (aproximadamente 0,5 m acima do fundo). Ressalta-se aqui que as coletas com sonda foram realizadas semanalmente e com a garrafa quinzenalmente (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Equipamentos utilizados para coleta e parâmetros analisados

Equipamento	Parâmetros analisados	Periodicidade
Sonda multiparâmetros Marca HATH ModeloHQ40d	Temperatura / Salinidade / Condutividade / OD / pH	Semanalmente
Garrafa de Niskin	Turbidez / RNFT / Nitrito / Nitrato / Amônia / N-total / Ortofosfato / Fósforo total / Silicato	Quinzenalmente

As amostras de água foram encaminhadas para o laboratório de para a realização das análises. Destaca-se que todas as amostras foram analisadas em triplicata. As amostras de nutrientes foram mantidas congeladas até o momento de análise, enquanto as amostras para RNFT foram mantidas refrigeradas.

Os nutrientes foram mensurados pelos métodos colorimétricos convencionais da oceanografia (GRASSHOFF et al., 1999; HYDES et al., 2010), adaptada a metodologia de alta precisão por fluxo contínuo segmentado, sendo empregado um equipamento SEAL AutoAnalyzer 3 (AA3) com cinco canais. O ortofosfato e o fósforo total foram determinados pelo método fosfomolibídico, sendo que para o fósforo total as amostras foram digeridas previamente em meio ácido com persulfato de potássio.

Na série nitrogenada, a amônia (nitrogênio amoniacal) foi determinada pelo método do azul de indofenol. O nitrato foi previamente reduzido em coluna de Cd-Cu e determinado simultaneamente com o nitrito pelo método de diazotação. Para o nitrogênio total, as amostras foram digeridas previamente por persulfato de potássio e em sequência seguiram a metodologia descrita para o para nitrato. O silicato foi quantificado através do método silicomolibídico e o RNFT foi determinado pelo método gravimétrico (APHA, 1998).

Para a determinação de RNFT o filtro de fibra de vidro (previamente pesado em laboratório) foi novamente pesado após a filtração realizada a bordo. Este filtro foi seco em estufa e o parâmetro foi determinado por gravimetria.

4.1.1 Avaliação e Análise dos Dados de acordo com DQA e Resolução CONAMA Nº 375/05

Para determinar a qualidade da água da área de dragagem, foi realizado um paralelo entre a DQA e a Resolução CONAMA Nº 375/05, considerando que a Baía de Guanabara se enquadra na Classe 1 – Águas Salobras. Para estabelecer o critério de enquadramento com a diretiva foi adotado o limite da referida Resolução CONAMA como de Qualidade Ecológica em “Estado Bom”.

Tabela 4.2 – Classificação DQA

Classe	Qualidade Ecológica	Cor	Significado
I	Estado Excelente		Estado de Referência
II	Estado Bom*		Estado Desejado
III	Estado Razoável		Necessita de Ações
IV	Estado Insatisfatório		Necessita de Ações
V	Estado Ruim		Necessita de Ações

*Nota: O valor de referência foi baseado no padrão da Resolução CONAMA Nº 375/05

Desta forma, considerando a referida Resolução, que determina em seu Art. 21 as condições e padrões de qualidade da água (Tabela 4.3), foram selecionados os seguintes parâmetros a serem submetidos a DQA: pH; Amônia; Nitrito; Nitrato; e Fósforo total (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Águas Salobras Classe 1 para os parâmetros que foram analisados no presente monitoramento.

Parâmetros	Classificação dos Corpos d'água – Resolução CONAMA Nº 357/05 – Classe 1 – Águas Salobras
OD	não inferior a 5 mg/ L O ₂ ;
pH	entre 6,5 e 8,5
Amônia	0,40 mg.L ⁻¹
Nitrito	0,07 mg.L ⁻¹
Nitrato	0,40 mg.L ⁻¹

A Resolução CONAMA Nº 375/05 não estabelece nenhum limite para o parâmetro turbidez para Águas Salobras Classe 1, dessa forma, para esse estudo, foi adotado o padrão de potabilidade da Organização Mundial da Saúde (OMS), conforme Tabela 4.4 a seguir:

Tabela 4.4 – Padrão estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Águas Doces Classe 1 para turbidez.

Parâmetros	Classificação dos Corpos d'água – Resolução CONAMA Nº 357/05 – Classe 1 – Águas Doces
Turbidez	5 Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT)

A DQA classifica a qualidade ecológica dos corpos d'água em 05 níveis que vão de excelente a ruim, sendo excelente quando há nenhuma ou pouca alteração antropogênica (normalmente associado a condições não perturbadas) e ruim quando os valores dos elementos de qualidade apresentam alterações graves.

Dessa forma, e como já explicitado para estabelecer a relação entre a Resolução CONAMA e a DQA, utilizou-se como referência para classificação “boa” os parâmetros já determinados pela resolução. A partir daí foram definidos os parâmetros para cada uma das outras classificações, conforme Tabela 4.5 a Tabela 4.10.

Tabela 4.5 – Oxigênio Dissolvido

Qualidade Ecológica	Ponderação
Estado Excelente	>6 mg.L ⁻¹
Estado Bom	> 6 a 5 mg.L ⁻¹
Estado Razoável	> 5 a 4 mg.L ⁻¹
Estado Insatisfatório	> 4 a 3 mg.L ⁻¹
Estado Ruim	< 3mg.L ⁻¹

Tabela 4.6 – pH

Qualidade Ecológica	Ponderação
Estado Excelente	7
Estado Bom	Entre 6,5 e 8,5
Estado Razoável	Entre 5,5 e 6,5 / Entre 8,5 e 9,5
Estado Insatisfatório	Entre 4,5 e 5,5 / Entre 9,5 e 10,5
Estado Ruim	< 4,5 / >10,5

Tabela 4.7 – Amônia

Qualidade Ecológica	Ponderação
Estado Excelente	< 0,40 mg.L-1
Estado Bom	0,40 mg.L-1
Estado Razoável	> 0,40 a 1 mg.L-1
Estado Insatisfatório	> 1 a 2 mg.L-1
Estado Ruim	> 3 mg.L-1

Tabela 4.8 – Nitrito

Qualidade Ecológica	Ponderação
Estado Excelente	< 0,07 mg.L ⁻¹
Estado Bom	0,07 mg.L ⁻¹
Estado Razoável	> 0,07 a 0,1 mg.L-1
Estado Insatisfatório	> 1 a 1,3 mg.L-1
Estado Ruim	> 1,3 mg.L-1

Tabela 4.9 – Nitrato

Qualidade Ecológica	Ponderação
Estado Excelente	< 0,40 mg.L-1
Estado Bom	0,40 mg.L-1
Estado Razoável	> 0,40 a 1 mg.L-1
Estado Insatisfatório	> 1 a 2 mg.L-1
Estado Ruim	> 3 mg.L-1

Tabela 4.10 – Turbidez

Qualidade Ecológica	Ponderação
Estado Excelente	< 5 UNT
Estado Bom	5 UNT
Estado Razoável	> 5 a 20 UNT
Estado Insatisfatório	> 20 a 40 UNT
Estado Ruim	> 40 UNT

As amostras foram quantificadas, divididas e dispostas em tabelas que indicam as ponderações de acordo com o supracitado (Tabela 4.5 a Tabela 4.10). Na análise dos resultados foram apresentadas novas tabelas que correlacionam o número de amostras com as ponderações referentes à Qualidade Ecológica. Além disso, foi calculada a porcentagem de amostras dispostas em cada intervalo. Cabe destacar que para no cálculo das porcentagens foi utilizada a função arredondar para duas casas decimais do software Microsoft Excel [=ARRED (célula; 2)]. A função ARRED arredonda um número para um número especificado de dígitos. Por exemplo, se a célula contiver 0,1725 esse valor será arredondado para 0,17 e será apresentado como 17%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

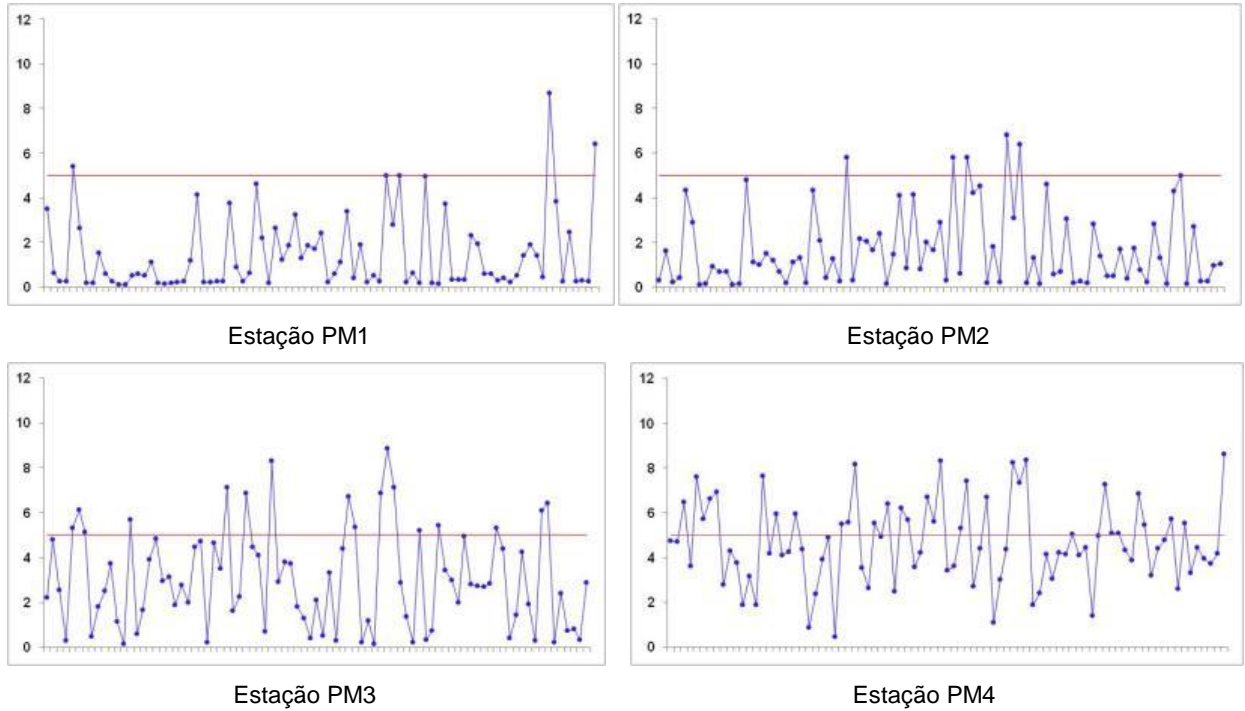
As medições das amostras de água do mar para OD, pH e turbidez foram realizadas bissemanalmente com a sonda multiparâmetros e as amostras de amônia, nitrito e nitrato foram coletadas quinzenalmente com a garrafa de Niskin.

5.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

As concentrações de OD na superfície ficaram distribuídas entre um mínimo de 0,09 mg.L⁻¹ e um máximo de 8,84 mg.L⁻¹. Próximo ao fundo as concentrações de OD variaram de de 0,08 a 10,39 mg.L⁻¹.

Na superfície, das 85 campanhas realizadas ao longo do monitoramento, apenas três amostras da estação PM1 tiveram as concentrações de OD superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Água Salobra Classe 1 (>5,0 mg.L⁻¹). A estação PM1 foi a que apresentou a pior qualidade, com apenas quatro valores que indicam estado excelente, ou seja, acima de 5 mg.L⁻¹. A estação PM2, por sua vez, registrou apenas cinco valores acima do parâmetro estabelecido pela referida Resolução, que indicam boa qualidade ambiental. Nas estações PM3 e PM4 foi observada uma melhora das condições da concentração de OD, uma vez que se encontravam localizadas mais próximas a entrada da Baía. No entanto, para as duas estações, a maioria dos valores de concentração ficou abaixo do parâmetro preconizado pela Resolução CONAMA Nº 357/05 (Figura 5.1). Na camada de fundo a concentração de OD foi mais homogênea, as variações observadas nas quatro estações mostraram que foram encontradas mais estações com valores acima da referida Resolução CONAMA do que na superfície (Figura 5.1).

(A)



(B)

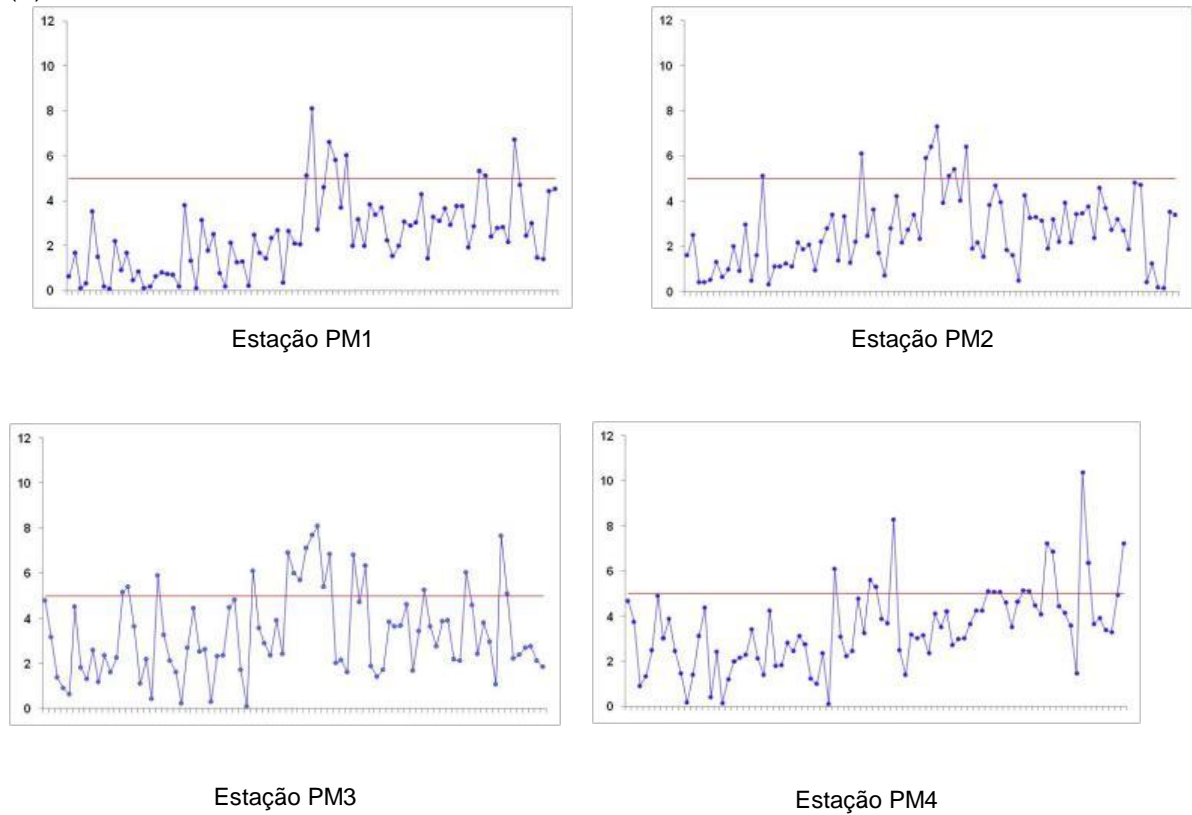


Figura 5.1 – Valores do oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹), na superfície (A) e próximo do fundo (B), durante as 85 campanhas realizadas na área de dragagem. A linha vermelha indica o valor mínimo de oxigênio dissolvido preconizado pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Água Salobra Classe 1.

A maioria das concentrações de OD, tanto na superfície quanto próximo ao fundo, ficou abaixo do limite mínimo ($> 5 \text{ mg.L}^{-1}$) estabelecido na Resolução CONAMA Nº 357/05 para Águas Salobras Classe 1, com exceção de 14,5% destes valores que ficaram acima desta concentração. As concentrações de OD acima de 5 mg.L^{-1} foram observadas, principalmente, nas estações PM3 e PM4. As médias de concentração de OD encontradas para o canal central da Baía de Guanabara variam de 0,6 a $7,9 \text{ mg.L}^{-1}$ (PARANHOS & ANDRADE, 2012). Já o valor de OD citado no Boletim de qualidades de água do INEA para a estação CN100, no canal do Cunha, foi de $0,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (INEA, 2015a).

A poluição orgânica é uma das principais fontes de agentes contaminantes nas águas da baía de Guanabara, ocasionando um processo de degradação crescente. Este processo vem ocorrendo principalmente desde a década de 80 (MAYR et al., 1989; VILLAC, 1990), o que vem causando intensa eutrofização das águas da baía. A eutrofização consiste em um aumento dos sais nutrientes essenciais ao desenvolvimento dos organismos fotossintetizantes (fosfato, amônia, nitrito, nitrato, etc.), que causa uma modificação nas populações algais e aumento da proliferação das espécies. Como consequência há uma tendência a depleção de OD pela sua utilização na decomposição da matéria orgânica e também pela baixa produção primária devido à falta de iluminação (VILLAC, 1990; CONCREMAT/BRICLOG, 2014). A concentração de OD mais alta na superfície pode estar relacionada com a floração de algas no período de luz em ambiente eutrofizado, ocorrendo assim uma supersaturação.

Quando submetido à DQA, a maior parte das análises (60%) para o parâmetro de OD para a superfície está no estado ruim (Tabela 5.1), indicando alterações graves dos valores dos elementos de qualidade ecológica. Neste estado os elementos mais afetados são o fitoplâncton, macrófitas e fitobentos, invertebrados bentônicos e fauna piscícola, que podem apresentar modificações na composição e abundância.

Tabela 5.1 – Percentual de amostras para OD (superfície)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	59	17%
Estado Bom	1	0%
Estado Razoável	46	14%
Estado Insatisfatório	32	9%
Estado Ruim	202	60%
TOTAL	340	100%

Na análise por ponto de monitoramento, é possível observar, que as estações PM3 e PM4 obtiveram os melhores resultados com 17 e 33 amostras, respectivamente, acima do preconizado na resolução CONAMA Nº 375/05, sendo classificados como excelente (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Classificação das amostras para OD por ponto de monitoramento (superfície)

Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	> 5 mg.L ⁻¹	59	4	5	17	33
Estado Bom	5 mg.L ⁻¹	1	0	1	0	0
Estado Razoável	> 5 a 4 mg.L ⁻¹	46	4	9	11	22
Estado Insatisfatório	> 4 a 3 mg.L ⁻¹	32	6	2	8	16
Estado Ruim	< 3 mg.L ⁻¹	202	71	68	49	14
Total		340	85	85	85	85

No que se refere à análise de fundo para OD, 55% das amostras foram classificadas com ruim, quando aplicada a DQA (Tabela 5.3), indicando que durante o período de monitoramento a qualidade ecológica da água apresentou alterações significativas em relação aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 375/05.

Tabela 5.3 – Percentual de amostras para OD (fundo)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	45	13%
Estado Bom	0	0%
Estado Razoável	38	11%
Estado Insatisfatório	71	21%
Estado Ruim	186	55%
TOTAL	340	100%

Analisando ponto a ponto, as estações que apresentaram melhor qualidade ambiental foram as PM3 e PM4, com 18 e 13 amostras, respectivamente, classificadas como excelente de acordo com a DQA. Ressalta-se, ainda, que também foram verificadas amostras classificadas como excelente nas demais estações.

Tabela 5.4 – Classificação das amostras para OD por ponto de monitoramento (fundo)

Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	> 5 mg.L ⁻¹	45	7	7	18	13
Estado Bom	5 mg.L ⁻¹	0	0	0	0	0
Estado Razoável	> 5 a 4 mg.L ⁻¹	38	6	8	8	16
Estado Insatisfatório	> 4 a 3 mg.L ⁻¹	71	15	19	13	24
Estado Ruim	< 3 mg.L ⁻¹	186	57	51	46	32
Total		340	85	85	85	85

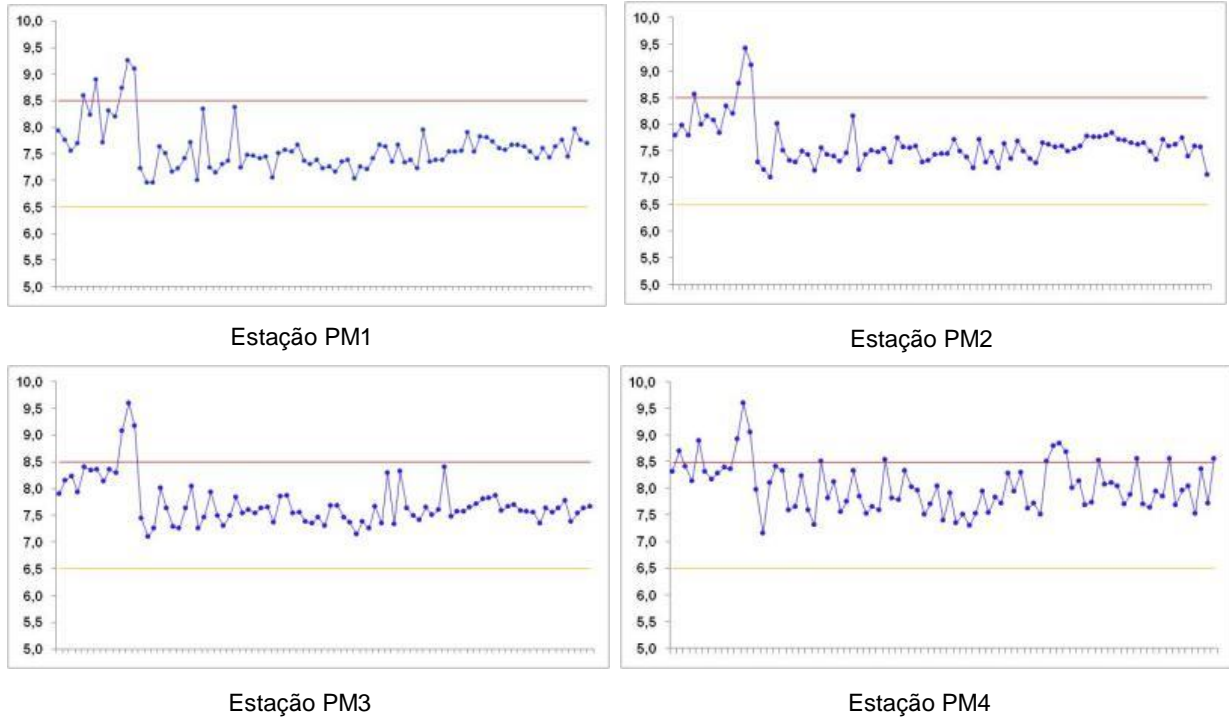
O resultado das análises das amostras de superfície e de fundo demonstra que a qualidade da água em relação ao OD está abaixo do limite preconizado pela Resolução CONAMA Nº 375/05, sendo mais da metade delas (60% de superfície e 55% de fundo) classificadas como ruim pela DQA. Os pontos com melhor qualidade são os pontos PM3 e PM4, localizados na área mais externa do Canal do Cunha, pois tem maior renovação de água costeira devido à influência da maré.

5.2 Potencia Hidrogeniônico (pH)

Os resultados de pH na camada superficial variaram de 6,96 a 9,61. Na camada próxima ao fundo os valores de pH ficaram entre 7,09 e 9,55.

A maioria dos valores de pH ficou dentro da faixa estabelecida pela Resolução CONAMA N° 357/05 nas campanhas realizadas no final de janeiro e início de fevereiro (Figura 5.2).

(A)



(B)

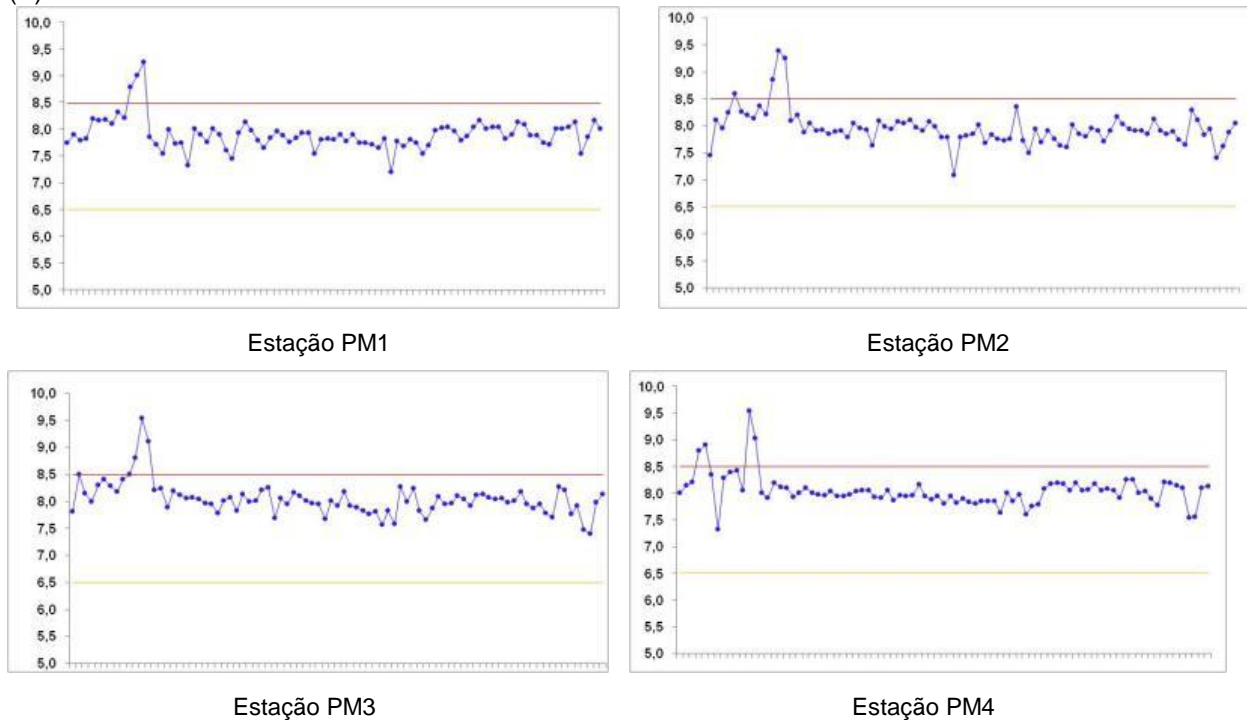


Figura 5.2 – Valores de pH, na superfície (A) e próximo do fundo (B), durante as 85 campanhas realizadas na área de dragagem entre os meses de dezembro de 2014 e outubro de 2015 no monitoramento ambiental. As linhas laranja e vermelha indicam, respectivamente, o valor mínimo e o valor máximo de pH preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/05.

De acordo com os dados do INEA, o valor de pH medido na estação CN100, localizada próxima ao local do monitoramento, no dia 10 de novembro de 2015, foi de 6,8 (INEA, 2015a). Este valor é inferior ao menor valor (6,96) encontrado para este parâmetro ao longo deste monitoramento.

Quanto submetidos ao DQA, 92% dos parâmetros obtidos para a superfície apresentaram classificação “estado bom”, de acordo com a metodologia aplicada (Tabela 5.5). Vale lembrar, que a qualidade ambiental excelente foi considerada para o pH neutro, sendo exatamente 7.

Tabela 5.5 – Percentual de amostras para pH (superfície)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	0	0%
Estado Bom	313	92%
Estado Razoável	27	8%
Estado Insatisfatório	0	0%
Estado Ruim	0	0%
TOTAL	340	100%

Os valores de pH, de maneira geral, apresentaram índices encontrados em ambientes similares. Essas concentrações garantem o funcionamento do ecossistema da Baía de Guanabara quando discutido o parâmetro pH.

Os piores índices, classificado como “estado razoável”, foram encontrados na estação PM4, nas outras estações os índices foram similares, mas é possível observar uma qualidade melhor na PM3 (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 – Classificação das amostras para pH por ponto de monitoramento (superfície)

Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	7	0	0	0	0	0
Estado Bom	Entre 6,5 e 8,5	313	80	81	82	70
Estado Razoável	Entre 5,5 e 6,5 / Entre 8,5 e 9,5	27	5	4	3	15
Estado Insatisfatório	Entre 4,5 e 5,5 / Entre 9,5 e 10,5	0	0	0	0	0
Estado Ruim	< 4,5 / >10,5	0	0	0	0	0
Total		340	85	85	85	85

Os índices observados para o fundo são ainda melhores, que para a superfície, apresentando 96% das amostras na classificação “Estado Bom” quando aplicada a DQA (Tabela 5.7), que pode está relacionado ao fato de os valores de pH variarem de acordo com os fatores naturais, tais como a absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese (VON SPERLING, 2005).

Tabela 5.7 – Percentual de amostras para pH (fundo)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	0	0%
Estado Bom	326	96%
Estado Razoável	14	4%
Estado Insatisfatório	0	0%
Estado Ruim	0	0%
TOTAL	340	100%

Quando se observa os resultados das análises de pH ponto a ponto, verifica-se que não há variações relevantes entre os pontos de monitoramento.

Tabela 5.8 – Classificação das amostras para pH por ponto de monitoramento (fundo)

Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	7	0	0	0	0	0
Estado Bom	Entre 6,5 e 8,5	326	82	81	82	81
Estado Razoável	Entre 5,5 e 6,5 / Entre 8,5 e 9,5	14	3	4	3	4
Estado Insatisfatório	Entre 4,5 e 5,5 / Entre 9,5 e 10,5	0	0	0	0	0
Estado Ruim	< 4,5 / >10,5	0	0	0	0	0
Total		340	85	85	85	85

Dessa forma, é possível afirmar, que a atividade de dragagem não afetou de maneira significativa a qualidade da água em relação ao pH. Apenas 8% das amostras de superfície e 4% das amostras de fundo tiveram resultado fora dos padrões determinado pela Resolução CONAMA N° 375/05. Quando aplicada a metodologia da DQA não foram observadas amostras consideradas como “Estado Insatisfatório” ou “Estado Ruim”.

5.3 Compostos Nitrogenados

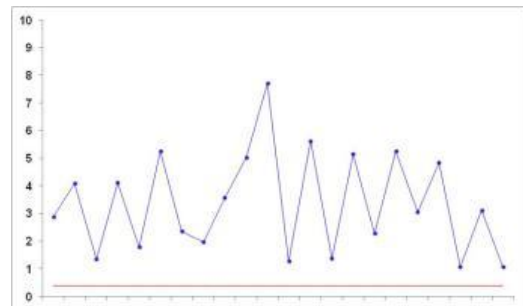
5.3.1 Amônia

Os resultados das amostras coletadas indicam que níveis de amônia foram mais altos na camada de superfície, sendo o valor mínimo de 0,37 e o máximo, 9,08 mg.L⁻¹. A estação PM4 foi a que teve mais resultados abaixo do limite máximo (< 0,40 mg.L⁻¹) estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/05 para Águas Salobras Classe 1. Nesta estação, na camada superficial, cerca de 13% das concentrações de amônia ficaram abaixo do limite, enquanto na camada de fundo cerca de 22% dos resultados observados foram menor ou igual a 0,40 mg.L⁻¹. Dentre as demais estações, PM1 e PM3 apresentaram dois resultados abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA, nas campanhas de 28 de maio e 15 de outubro; e em 16 de março e 28 de maio, respectivamente.

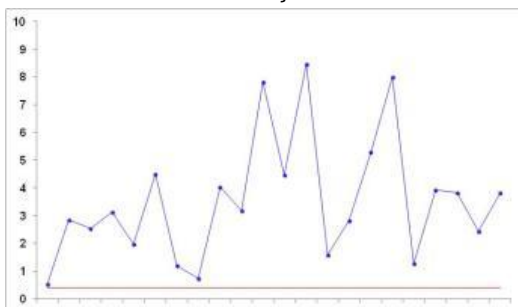
(A)



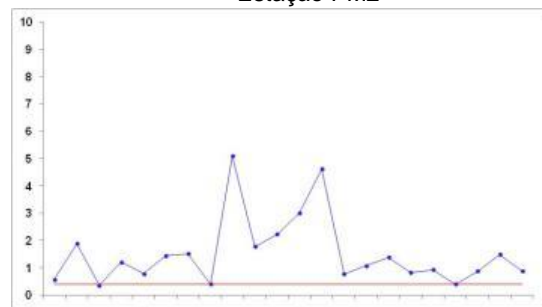
Estação PM1



Estação PM2

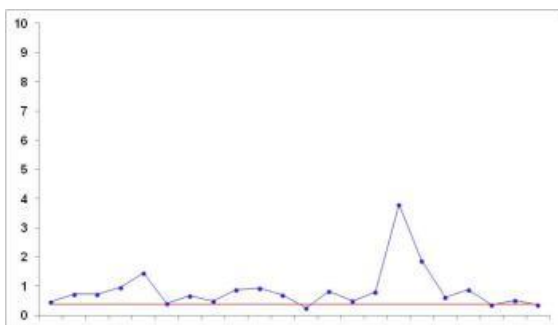


Estação PM3

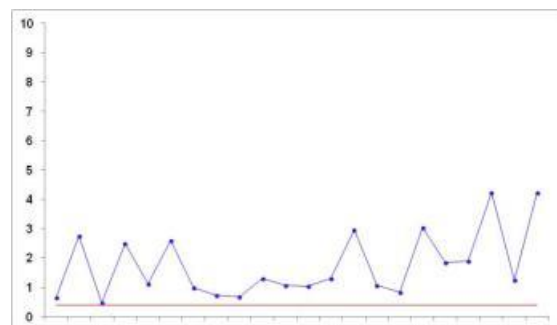


Estação PM4

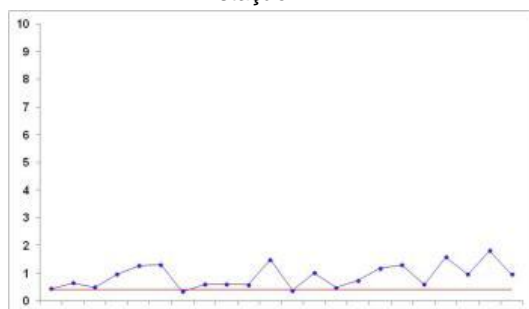
(B)



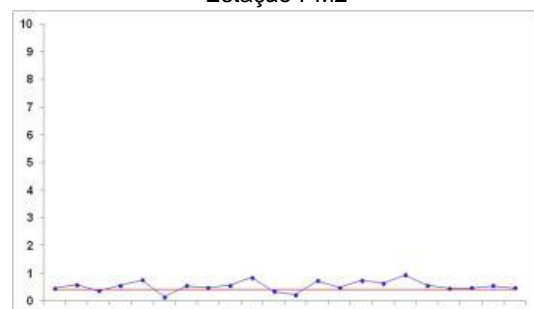
Estação PM1



Estação PM2



Estação PM3



Estação PM4

Figura 5.3 – Valores de amônia (mg.L^{-1}) observados na superfície (A) e no fundo (B) durante as 22 campanhas realizadas na área de dragagem entre os meses de janeiro e outubro de 2015 no monitoramento ambiental. A linha vermelha representa o limite máximo de amônia ($0,40 \text{ mg.L}^{-1}$) permitido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Água Salobra Classe 1.

A maioria das concentrações de amônia ficou acima do limite (0,40 mg.L⁻¹) sugerido pela Resolução CONAMA N° 357/05, tanto na superfície quanto próximo ao fundo. Entretanto, estes valores altos (>0,40 mg.L⁻¹), acima do determinado pela Resolução, já vem sendo observados há alguns anos na Baía de Guanabara (PARANHOS & ANDRADE, 2012). Estes autores fizeram uma compilação de diversos estudos na Baía de Guanabara, na qual a variação da amônia encontrada foi de <0,1 a 80 mg.L⁻¹ na área do canal central da Baía de Guanabara.

As altas concentrações encontradas para amônia podem ser explicados pelo baixo teor de oxigênio dissolvido, pela baixa velocidade do Canal do Cunha e pela grande quantidade de matéria orgânica presente na água (que consome o oxigênio dissolvido), que impede, pela ausência de oxigênio disponível, a oxidação da amônia, em primeira instância, e, posteriormente, a oxidação do nitrogênio nitrito (Amaral, 2006),

Quando os resultados do monitoramento foram submetidos ao DQA, foi possível observar, que 52% das amostras de superfície para amônia estão em estado ruim, de acordo com a metodologia adotada (Tabela 5.9).

Tabela 5.9 – Percentual de amostras para amônia (superfície)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	3	3%
Estado Bom	0	0%
Estado Razoável	9	10%
Estado Insatisfatório	31	35%
Estado Ruim	45	52%
TOTAL	88	100%

Na análise por ponto de monitoramento, a estação PM4 apresentou os melhores resultados, tendo, inclusive, 3 amostras classificadas como excelentes. Já a estação PM1 apresentou os piores resultados, sendo 19 amostras classificadas como estado ruim (Tabela 5.10).

Tabela 5.10 – Classificação das amostras para amônia por ponto de monitoramento (superfície)

Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	< 0,40 mg.L-1	3	0	0	0	3
Estado Bom	0,40 mg.L-1	0	0	0	0	0
Estado Razoável	> 0,40 a 1 mg.L-1	9	0	0	2	7
Estado Insatisfatório	> 1 a 2 mg.L-1	31	3	10	8	10
Estado Ruim	> 3 mg.L-1	45	19	12	12	2
Total		88	22	22	22	22

Percentualmente a qualidade das amostras de fundo é melhor que a qualidade das águas da superfície, mas ainda assim acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 375/05, dessa forma, sendo classificados como estado razoável (59%), estado insatisfatório (26%) e estado ruim (5%), conforme observado na Tabela 5.11.

Tabela 5.11 – Percentual de amostras para amônia (fundo)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	9	10%
Estado Bom	0	0%
Estado Razoável	52	59%
Estado Insatisfatório	23	26%
Estado Ruim	4	5%
TOTAL	88	100%

As amostras de fundo indicaram que o ponto com melhor qualidade ambiental, de acordo com metodologia aplicada, é o ponto PM4, apresentando 9 amostras com estado excelente.

As amostras de superfície têm piores classificações de DQA quando comparados às amostras de fundo, apresentando alterações significativas em relação a estes parâmetros, no entanto, nas duas profundidades os piores pontos são os das estações PM1 e PM2.

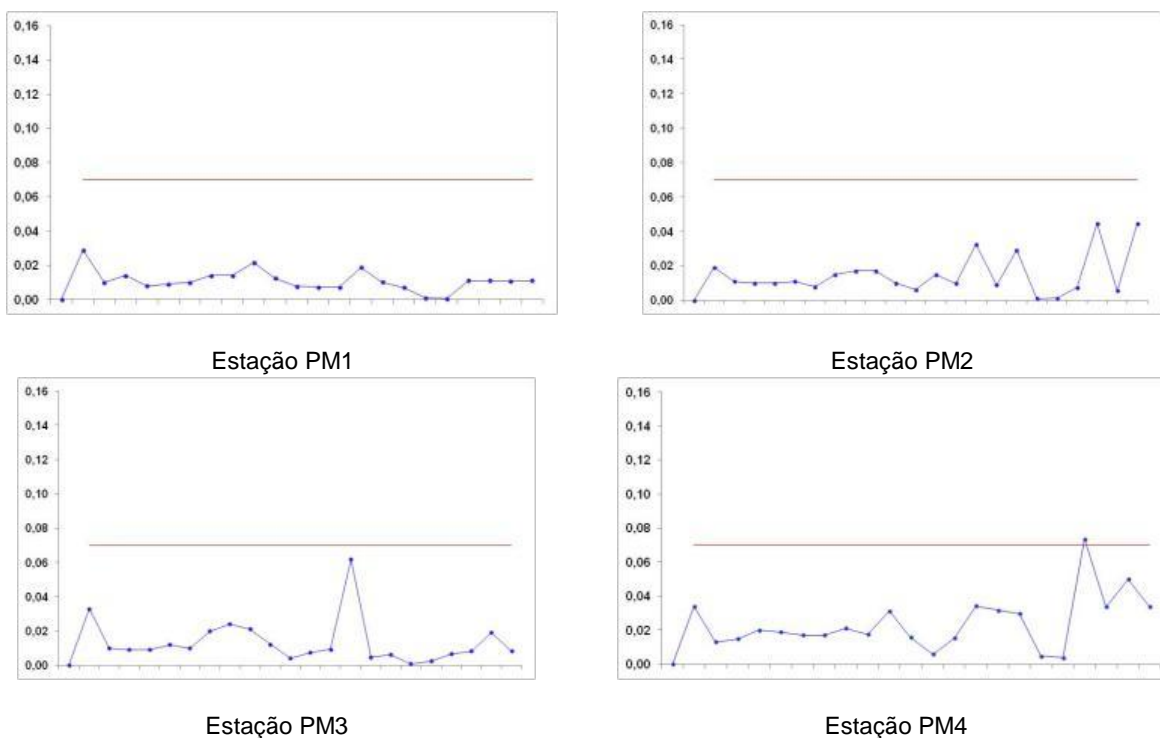
Tabela 5.12 – Classificação das amostras para amônia por ponto de monitoramento (fundo)

Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	< 0,40 mg.L-1	9	3	0	2	4
Estado Bom	0,40 mg.L-1	0	0	0	0	0
Estado Razoável	> 0,40 a 1 mg.L-1	52	16	6	12	18
Estado Insatisfatório	> 1 a 2 mg.L-1	23	2	13	8	0
Estado Ruim	> 3 mg.L-1	4	1	3	0	0
Total		88	22	22	22	22

5.3.2 Nitrito

A variação dos valores de nitrito ao longo do monitoramento foi de abaixo do limite de detecção (<0,00014 mg.L⁻¹) a 0,074 mg.L⁻¹ na superfície. Próximo ao fundo a variação também foi de abaixo do limite de detecção (<0,00014 mg.L⁻¹) a 0,065 mg.L⁻¹. De todos os valores encontrados, tanto na superfície quanto no fundo, apenas um (0,074 mg.L⁻¹) ficou acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Classe 1 de Águas Salobras (Figura 5.4). Este valor foi registrado na campanha de 2 de setembro na camada superficial.

(A)



(B)

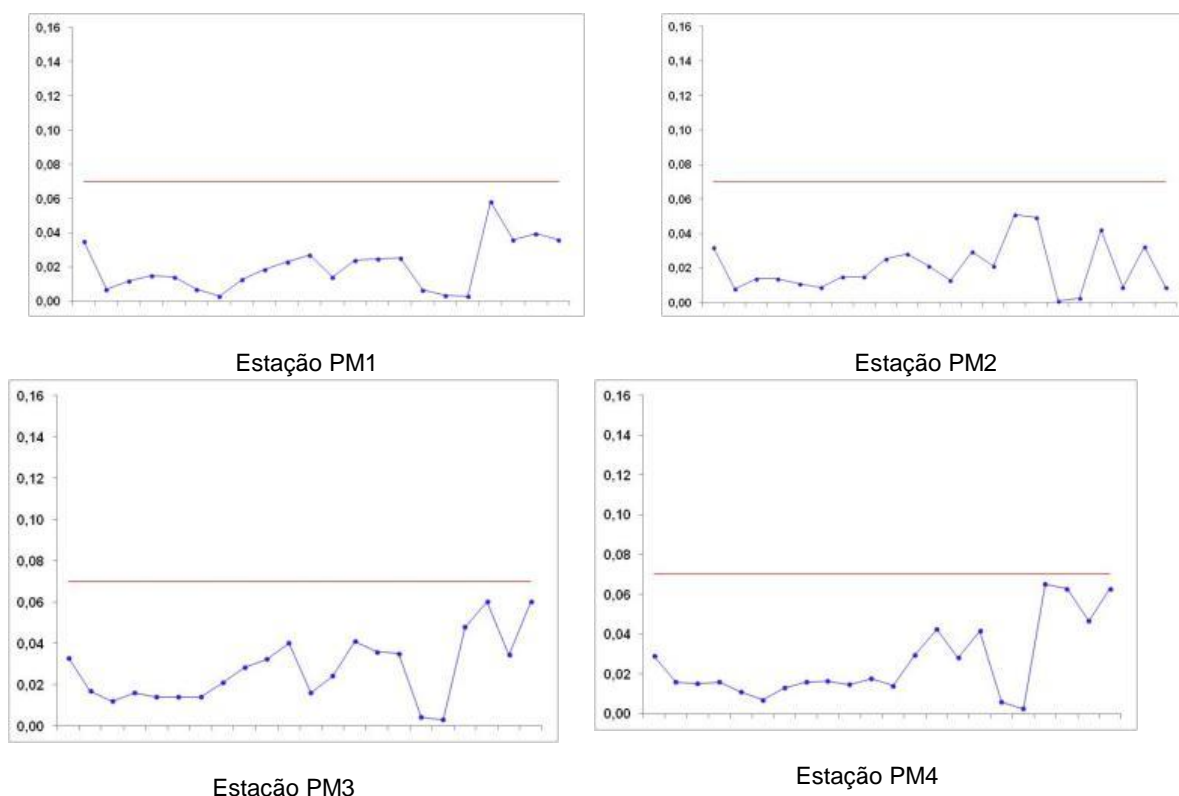


Figura 5.4 – Valores de nitrito (mg.L^{-1}) observados na superfície (A) e próximo do fundo (B) durante as 22 campanhas realizadas na área de dragagem entre os meses de janeiro à outubro de 2015 no monitoramento ambiental. A linha vermelha representa o limite máximo de nitrito ($0,07 \text{ mg.L}^{-1}$) permitido pela Resolução CONAMA N° 357/05 para Água Salobra Classe 1.

Todos os valores encontrados ficaram abaixo do preconizado ($0,07 \text{ mg.L}^{-1}$) pela Resolução CONAMA N° 357/05, com exceção apenas da estação PM4 da campanha de 2 de setembro.

Conforme informado anteriormente, os baixos valores das amostras de nitrito é consequência do excesso de carga orgânica (esgoto bruto), que consome todo OD disponível, gerando elevadas taxas de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e de demanda química de oxigênio (DQO), não permitindo a oxidação da amônia, pela falta de oxigênio. Por outro lado, a baixa velocidade do canal não permite reaeração suficiente para dar vazão à grande carga orgânica a oxidar e a integralidade do ciclo do nitrogênio (Amaral, 2006),

Ao classificar a qualidade ecológica da água de acordo com a DQA, tendo como referência os valores máximos para nitrito estabelecido pela Resolução CONAMA supracitada, 87 das 88 (ou seja, 99%) amostras de superfície foram classificadas como “Estado Excelente” (Tabela 5.13).

Tabela 5.13 – Percentual de amostras para nitrito (superfície)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	87	99%
Estado Bom	0	0%
Estado Razoável	1	1%
Estado Insatisfatório	0	0%
Estado Ruim	0	0%
TOTAL	88	100%

Na análise por ponto de monitoramento e, conforme já citado, apenas uma amostra diferiu das demais e foi classificada como “Estado Razoável” para o ponto PM4 (Tabela 5.14).

Tabela 5.14 – Classificação das amostras para nitrito por ponto de monitoramento (superfície)

Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	< 0,07 mg.L ⁻¹	87	22	22	22	21
Estado Bom	0,07 mg.L ⁻¹	0	0	0	0	0
Estado Razoável	> 0,07 a 0,1 mg.L ⁻¹	1	0	0	0	1
Estado Insatisfatório	> 1 a 1,3 mg.L ⁻¹	0	0	0	0	0
Estado Ruim	> 1,3 mg.L ⁻¹	0	0	0	0	0
Total		88	22	22	22	22

No monitoramento de fundo, 100% das amostras foram classificadas como “Estado Excelente” em todos os pontos de monitoramento (Tabela 5.15 e Tabela 5.16).

Tabela 5.15 – Percentual de amostras para nitrito (fundo)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	88	100%
Estado Bom	0	0%
Estado Razoável	0	0%
Estado Insatisfatório	0	0%
Estado Ruim	0	0%
TOTAL	88	100%

Tabela 5.16 – Classificação das amostras para nitrito por ponto de monitoramento (fundo)

Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	< 0,07 mg.L ⁻¹	88	22	22	22	22
Estado Bom	0,07 mg.L ⁻¹	0	0	0	0	0
Estado Razoável	> 0,07 a 0,1 mg.L-1	0	0	0	0	0
Estado Insatisfatório	> 1 a 1,3 mg.L-1	0	0	0	0	0
Estado Ruim	> 1,3 mg.L-1	0	0	0	0	0
Total		88	22	22	22	22

O nitrito não variou significativamente entre a camada superficial e a próxima do fundo, tampouco entre as estações de monitoramento, permanecendo quase em sua totalidade como “Estado Excelente” durante todo o período de monitoramento da área de dragagem.

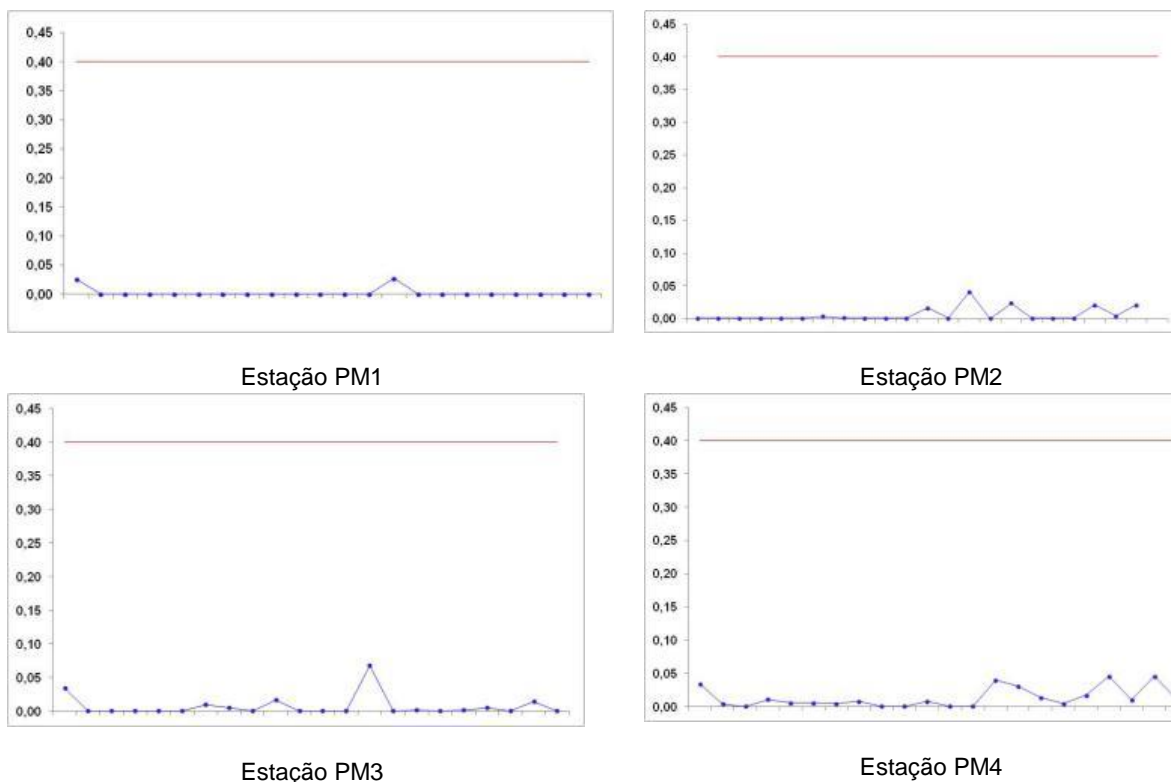
5.3.3 Nitrito

Os resultados das amostras para os níveis de nitrato próximo ao fundo foram mais altos que na superfície. As concentrações na superfície variaram desde abaixo do limite de detecção (<0,0007 mg.L⁻¹) a 0,068 mg.L⁻¹. Próximo ao fundo, as concentrações também variaram desde abaixo do limite de detecção (<0,0007 mg.L⁻¹) a 0,537 mg.L⁻¹.

De maneira geral, na superfície os níveis de nitrato foram mais homogêneos que próximo ao fundo. Na estação PM1 apenas nas campanhas de 26 de dezembro e 26 de junho o valor de nitrato encontrado ficou acima do limite de detecção (0,03 mg.L⁻¹) (Figura 5.5). A estação PM4 teve os níveis de nitrato mais altos nas campanhas realizadas a partir de setembro (Figura 5.5). Próximo ao fundo os níveis de nitrato foram mais altos, mas nenhum ultrapassou o limite máximo (0,40 mg.L-1) preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/05 para Águas Salobras Classe 1.

Ao passo que os valores encontrados para nitrito foram baixos, espera-se o mesmo comportamento para os valores de nitrato. De acordo com Amaral (2006), isso se dá na medida em que sequer o primeiro ciclo de oxidação (amônia – nitrito) pôde ser completado pela ausência de oxigênio dissolvido, de forma que a formação do nitrato no segundo ciclo de oxidação (nitrito – nitrato) é ainda menor.

(A)



(B)

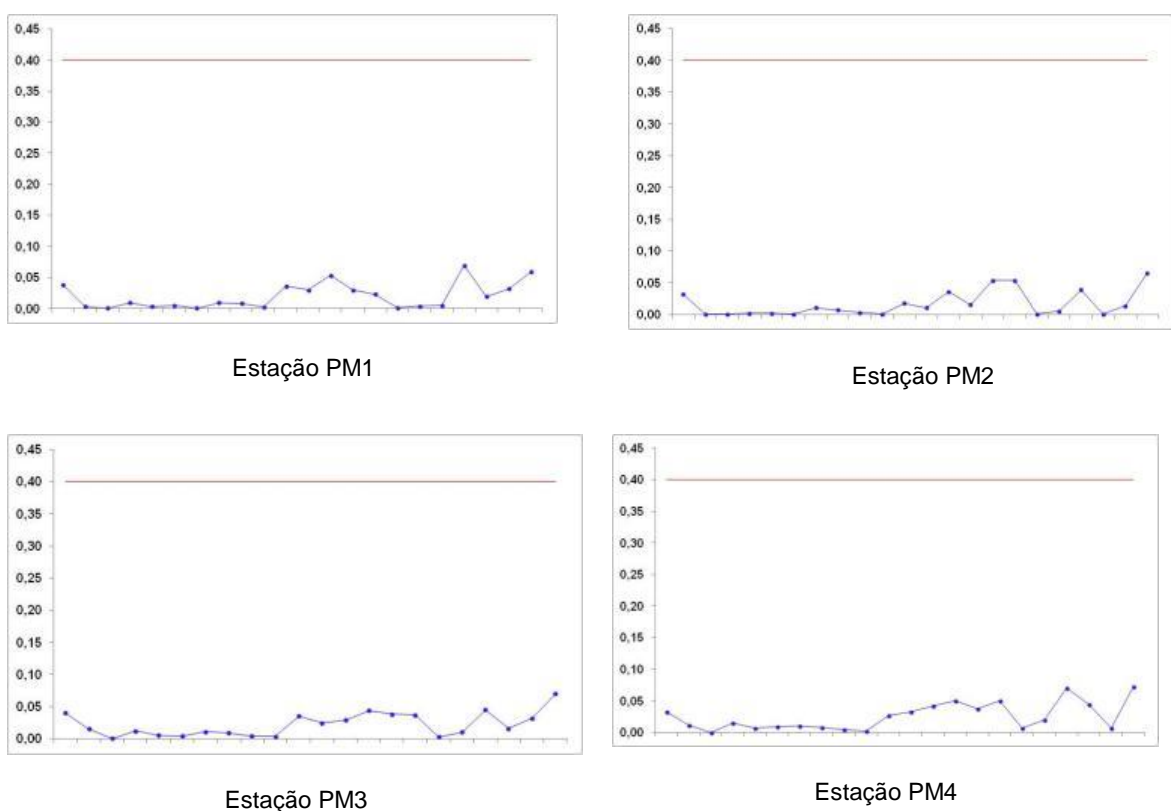


Figura 5.5 – Valores de nitrato (mg.L⁻¹) observados na superfície (A) e próximo do fundo (B) durante as 22 campanhas realizadas na área de dragagem entre os meses de janeiro à novembro de 2015 no monitoramento ambiental. A linha vermelha representa o limite máximo de nitrato (0,40 mg.L⁻¹) permitido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para Água Salobra Classe 1.

Os níveis de nitrato não tiveram diferença significativa entre a superfície e próximo ao fundo e nem ao longo do monitoramento. Os baixos valores de nitrato podem estar relacionados aos baixos níveis de oxigênio dissolvido. Assim como para amônia, no nitrato também foi observado um gradiente entre os pontos tendo o ponto PM1 valores baixíssimos de nitrato, e o ponto PM4 com níveis um pouco mais altos. No Boletim de qualidades de água do INEA o valor de nitrato encontrado para o canal do Cunha (estação CN100) foi de $<0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ (INEA, 2015a), condizente com os encontrados ao longo deste monitoramento.

Quando os aplicados os índices de DQA a partir dos resultados dos monitoramentos, as classificações de nitrato não tiveram diferença, apresentando a qualidade ambiental classificado como “Estado Excelente” (Tabela 5.17, Tabela 5.18, Tabela 5.19 e Tabela 5.20). Cabe destacar, que esse resultado era esperado, uma vez que todas as amostras se mantiveram abaixo do limite estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 375/05 para o parâmetro nitrato.

Tabela 5.17 – Percentual de amostras para nitrato (superfície)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	88	100%
Estado Bom	0	0%
Estado Razoável	0	0%
Estado Insatisfatório	0	0%
Estado Ruim	0	0%
TOTAL	88	100%

Tabela 5.18 – Classificação das amostras para nitrato por ponto de monitoramento (superfície)

Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	$< 0,40 \text{ mg.L}^{-1}$	88	22	22	22	22
Estado Bom	$0,40 \text{ mg.L}^{-1}$	0	0	0	0	0
Estado Razoável	$> 0,40 \text{ a } 1 \text{ mg.L}^{-1}$	0	0	0	0	0
Estado Insatisfatório	$> 1 \text{ a } 2 \text{ mg.L}^{-1}$	0	0	0	0	0
Estado Ruim	$> 3 \text{ mg.L}^{-1}$	0	0	0	0	0
Total		88	22	22	22	22

Tabela 5.19 – Percentual de amostras para nitrato (fundo)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	88	100%
Estado Bom	0	0%
Estado Razoável	0	0%
Estado Insatisfatório	0	0%
Estado Ruim	0	0%
TOTAL	88	100%

Tabela 5.20 – Classificação das amostras para nitrato por ponto de monitoramento (fundo)

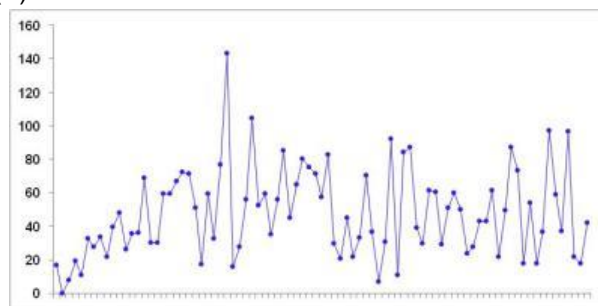
Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	< 0,40 mg.L-1	88	22	22	22	22
Estado Bom	0,40 mg.L-1	0	0	0	0	0
Estado Razoável	> 0,40 a 1 mg.L-1	0	0	0	0	0
Estado Insatisfatório	> 1 a 2 mg.L-1	0	0	0	0	0
Estado Ruim	> 3 mg.L-1	0	0	0	0	0
Total		88	22	22	22	22

5.3.4 Turbidez

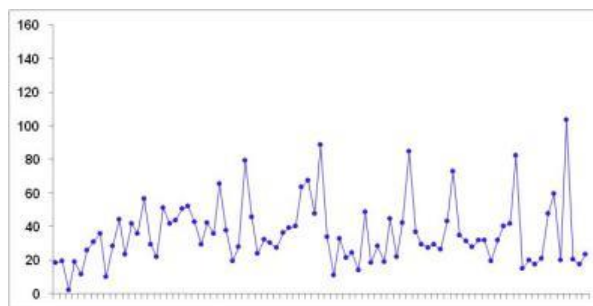
Os valores de turbidez variaram de 0,05 a 143,33 UNT na superfície. Próximo ao fundo os valores de turbidez variaram entre 0,89 e 103,22 UNT.

De maneira geral, a turbidez na superfície não teve um padrão, com muitos picos em algumas estações, principalmente na PM1 e na PM2 (Figura 5.6). Próximo ao fundo, os valores foram mais baixos que na superfície e a estação PM4 teve valores mais homogêneos que as demais estações (Figura 5.6).

(A)



Estação PM1



Estação PM2

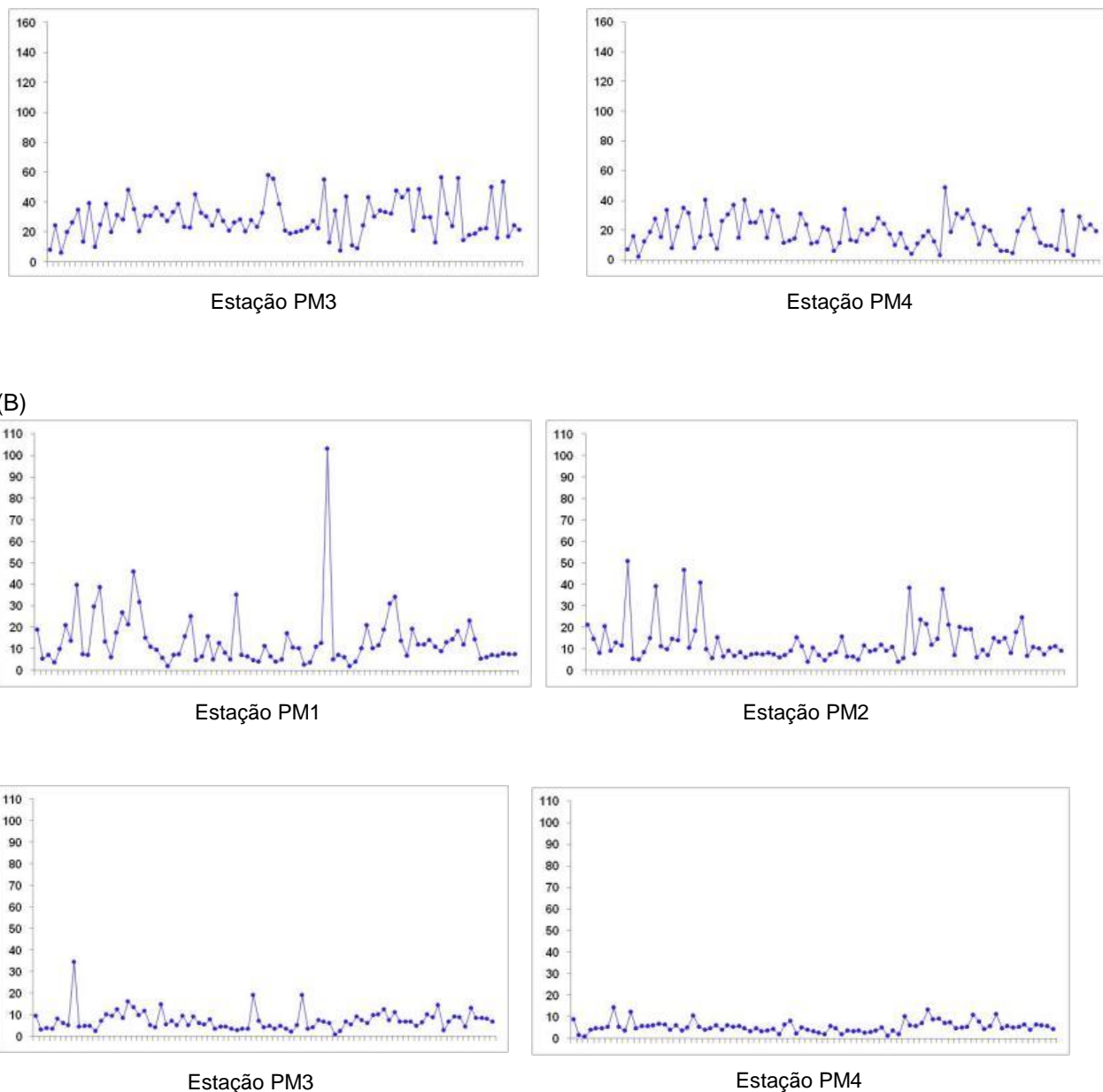


Figura 5.6 – Valores de turbidez (UNT), na superfície (A) e próximo do fundo (B), durante as 85 campanhas realizadas na área de dragagem entre os meses de dezembro de 2014 e outubro de 2015 no monitoramento ambiental.

A turbidez variou significativamente entre a superfície e o fundo e ao longo dos meses monitorados. De acordo com o INEA, o valor de turbidez medido no canal do Cunha (estação CN100), em novembro de 2015, foi de 2,70 UNT (INEA, 2015a). Conforme discutido anteriormente, a Resolução CONAMA N° 357/05 não estabelece nenhum padrão para o parâmetro turbidez.

Quando submetido à DQA, a maior parte das análises (45%) para o parâmetro de turbidez para a superfície está no estado insatisfatório (Tabela 5.21), indicando presença de materiais em suspensão.

Tabela 5.21 – Percentual de amostras para turbidez (superfície)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	7	2%
Estado Bom	0	0%
Estado Razoável	88	26%
Estado Insatisfatório	152	45%
Estado Ruim	93	27%
TOTAL	340	100%

Na análise por ponto de monitoramento, é possível observar, que as estações PM1 e PM2 obtiveram os piores resultados com 45 e 30 amostras, respectivamente, classificadas como no Estado Ruim (Tabela 5.22).

Tabela 5.22 – Classificação das amostras para turbidez por ponto de monitoramento (superfície)

Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	< 5 UNT	7	1	1	0	5
Estado Bom	5 UNT	0	0	0	0	0
Estado Razoável	> 5 a 20 UNT	88	11	15	18	44
Estado Insatisfatório	> 20 a 40 UNT	152	28	39	52	33
Estado Ruim	> 40 UNT	93	45	30	15	3
Total		340	85	85	85	85

No que se refere à análise de fundo para turbidez, 66% das amostras foram classificadas como razoável, quando aplicada a DQA (Tabela 5.23), ainda indicando a necessidade de ações, mas com parâmetros melhores quando comparados com a turbidez de superfície.

Tabela 5.23 – Percentual de amostras para turbidez (fundo)

Qualidade Ecológica	Nº de amostras	%
Estado Excelente	88	26%
Estado Bom	0	0%
Estado Razoável	223	66%
Estado Insatisfatório	24	7%
Estado Ruim	5	1%
TOTAL	340	100%

Analisando ponto a ponto, as estações que apresentaram pior qualidade ambiental foram novamente as estações PM1 e PM2, com 13 e 10 amostras, respectivamente, classificadas como insatisfatório e 2 e 3 amostras, respectivamente, classificadas como ruim de acordo com a DQA..

Tabela 5.24 – Classificação das amostras para turbidez por ponto de monitoramento (fundo)

Qualidade Ecológica	Ponderação	Nº de amostras	Ponto			
			PM1	PM2	PM3	PM4
Estado Excelente	< 5 UNT	88	12	4	30	42
Estado Bom	5 UNT	0	0	0	0	0
Estado Razoável	> 5 a 20 UNT	223	58	68	54	43
Estado Insatisfatório	> 20 a 40 UNT	24	13	10	1	0
Estado Ruim	> 40 UNT	5	2	3	0	0
Total		340	85	85	85	85

O resultado das análises das amostras de superfície e de fundo demonstra que houve uma ressuspensão de sedimentos e indicam necessidade de ações de acordo com a DQA.

De maneira geral, os maiores valores de turbidez ocorreram nas estações PM1 e PM2. O posicionamento destas estações é mais próximo do canal do Cunha, região que recebe muita matéria orgânica (FIGUEIREDO Jr. & FERNANDEZ, 2012). As estações PM3 e PM4, mais próximas da entrada de água pelo canal Central, apresentaram valores de turbidez menores que as outras duas estações.

Dependendo da quantidade de partículas em suspensão na coluna de água, estas podem reduzir a transparência da água e, portanto, a produção primária. Por outro lado, elas podem servir de fonte nutritiva para os organismos zooplanctônicos (BONECKER et al., 2009).

5.4 Resumo da Classificação das Amostras

Foi realizado um total de 2568 análises dos seguintes parâmetros: Oxigênio dissolvido; pH, Amônia, Nitrito, Nitrato e Turbidez. Apesar de não ter um limite indicado na CONAMA, a turbidez foi incluída nas análises por indicar possíveis alterações relacionadas às atividades de dragagem. Desse total, 1.202 das análises foram classificadas como Estado Excelente ou Bom, ou seja, estão no estado desejado. Já 1366 das análises foram classificadas como Estados Razoável,

Insatisfatório ou Ruim, o que de acordo com a DQA indica a necessidade de ações (Tabela 5.25).

Tabela 5.25 – Número Total de Amostras

Qualidade Ecológica	Nº de Amostras
Estado Excelente	562
Estado Bom	640
Estado Razoável	498
Estado Insatisfatório	333
Estado Ruim	535
TOTAL	2568

Tabela 5.26 – Número Total de Amostras em porcentagens

Parâmetros		Qualidade Ecológica				
		Excelente	Bom	Razoável	Insatisfatório	Ruim
Oxigênio Dissolvido	Superfície	17%	0%	14%	9%	60%
	Fundo	13%	0%	11%	21%	55%
pH	Superfície	0%	92%	8%	0%	0%
	Fundo	0%	96%	4%	0%	0%
Turbidez	Superfície	2%	0%	26%	45%	27%
	Fundo	26%	0%	66%	7%	1%
Amônia	Superfície	3%	0%	10%	35%	52%
	Fundo	10%	0%	59%	26%	5%
Nitrito	Superfície	99%	0%	1%	0%	0%
	Fundo	100%	0%	0%	0%	0%
Nitrato	Superfície	100%	0%	0%	0%	0%
	Fundo	100%	0%	0%	0%	0%

Destacam-se as análises de Nitrito (fundo) e Nitrato (superfície e fundo), que obtiveram 100% das amostras classificadas como excelente, além da análise de Nitrito (superfície) com 99% das amostras também no estado excelente.

Dentre os resultados negativos, é possível destacar o Oxigênio Dissolvido com 60 % das amostras de superfície e 55% das amostras de fundo classificadas como no estado ruim.

A DQA realiza uma abordagem ecológica caracterizando os parâmetros físico-químicos da água, conforme apresentado. Entretanto a classificação dos parâmetros é apenas uma das ferramentas da DQA. A Tabela 5.27 apresenta essa

abordagem e indica as amostras que necessitam da aplicação de medidas mitigadoras, de acordo com a metodologia adotada.

Tabela 5.27 – Classificação das Medidas Mitigadoras

Parâmetros		Medidas	
		Estado Desejado	Necessita de Ações
Oxigênio Dissolvido	Superfície	17%	83%
	Fundo	13%	87%
pH	Superfície	92%	8%
	Fundo	96%	4%
Turbidez	Superfície	2%	98%
	Fundo	26%	74%
Amônia	Superfície	3%	97%
	Fundo	10%	90%
Nitrito	Superfície	99%	1%
	Fundo	100%	0%
Nitrato	Superfície	100%	0%
	Fundo	100%	0%

Durante as atividades de dragagem, as análises e classificações da DQA indicaram que, de maneira geral, as águas coletadas necessitam de ações de mitigação. Principalmente para os parâmetros de oxigênio dissolvido (83% para as amostras de superfície e 87% para as de fundo), turbidez (98% para as amostras de superfície e 74% para as de fundo) e amônia (93% para as amostras de superfície e 90% para as de fundo). A Diretiva-Quadro da Água apresenta um conceito global para proteção e uso sustentável dos corpos d'água, pois indica, a partir da caracterização e sua função no ecossistema, quais necessitam de medidas para melhoria.

Neste contexto, 53% do total de parâmetros analisados indicam necessidade de ações como pode ser observado no Gráfico 5.1.

Classificação do Parâmetros

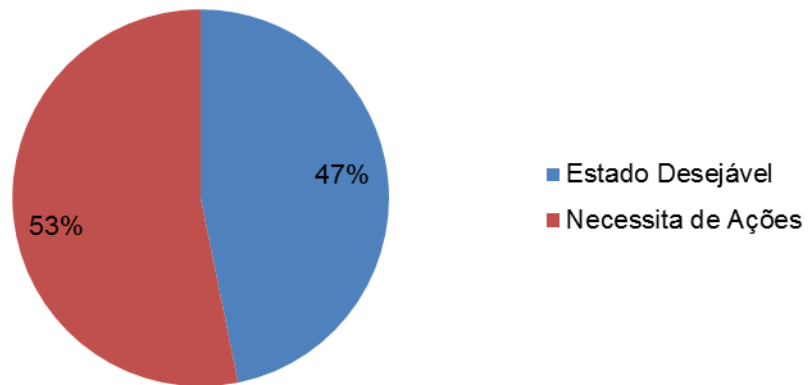


Gráfico 5.1 – Classificação dos Parâmetros

6 CONCLUSÃO

Na área de dragagem os parâmetros medidos foram característicos de ambientes estuarinos em processo de eutrofização e degradação ambiental. No que se refere à classificação dos corpos d'água estabelecida pela legislação brasileira, a Resolução Conama Nº 357/05 não incorporou conceitos novos de garantia da qualidade ecológica dos corpos de água, como foi estabelecido na União Europeia, a resolução indica os limites, mas não indica ações a serem tomadas. Assim, a aplicação da DQA poderia ser adotada em conjunto com a legislação já vigente atuando nessa indicação corpos hídricos que necessitam de ações ou medidas mitigadoras.

O OD e o pH variaram significativamente quando considerados os parâmetros de superfície e fundo, estando os parâmetros de fundo com a pior qualidade ambiental. Entretanto, o pH se manteve dentro da faixa considerada "Estado Bom", enquanto o OD esteve abaixo do limite indicado na Resolução CONAMA Nº 357/05, apresentado necessidades de ações. Devido ao assoreamento da área considerada, a circulação das águas fica mais restrita, o que diminui a diluição da poluição e, conseqüentemente, piora a qualidade das águas. O oxigênio dissolvido diminui e os nutrientes (amônia, nitrito, nitrato) tendem a aumentar as suas concentrações. Essas condições refletiram nos valores de oxigênio dissolvido. As concentrações mais altas de oxigênio dissolvido foram observadas, principalmente, nas estações PM3 e PM4, localizadas mais afastadas do canal do Cunha, onde tem maior renovação de água costeira devido a influência da maré.

A amônia variou significativamente entre a superfície e próximo ao fundo e apresentou valores que indicam necessidade de ações, enquanto o nitrato e nitrito não variaram significativamente tanto espacial quanto temporalmente. Podemos observar que quanto maior a quantidade de amônia, mais degradado é o corpo hídrico. Já quanto há menor quantidade de amônia e maior de nitrato menos degradado é o corpo hídrico, pois ocorreram as reações envolvidas no processo natural de depuração, o que significa taxas menores poluição e maior disponibilidade de OD. Assim, conforme já citado, a análise para amônia, indica a necessidade de ações.

Analisando a turbidez, as estações PM1 e PM2 tiveram os maiores valores de turbidez, enquanto que nas estações PM3 e PM4 foi o inverso. Este padrão também está relacionado com a entrada de água do canal central da baía de Guanabara. Como dito anteriormente, as coletas foram realizadas durante as marés enchentes, com a entrada de água mais salina próximo ao fundo e saída de água menos salina pela superfície (NOGUEIRA et al., 1989; MAYR et al., 1989; KJERFVE et al., 1997; VALENTIN, 1999a e b; PARANHOS & ANDRADE, 2012). A turbidez foi alta devido às características ambientais já comprometidas com processos de eutrofização e degradação ambiental na área, em especial na região do Caju próximo a influência do canal do Cunha, no entanto esse cenário é piorado durante as atividades de dragagem. Portanto, de acordo com a DQA, as águas analisadas necessitam de ações para esse parâmetro.

O gradiente observado para os parâmetros é coerente com a localização das estações de amostragem. A estação PM1 teve, de maneira geral, as maiores concentrações devido à proximidade com o cais onde a dragagem ocorre. A estação PM2, devido à maré determinada para todas as coletas de amostras (maré enchente), tem teores semelhantes aos observados na PM1. As estações PM3 e PM4 têm níveis mais baixos, pois se encontram mais afastadas do local de dragagem e devido à maré enchente podem receber menos influência da mesma.

Dessa forma, de acordo com a DQA, o corpo hídrico analisado de maneira geral, necessita de ações, principalmente na região mais próxima a atividade de dragagem.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACREEMAN, M.C. & FERGUSON, J.D. **Environmental flows and the European Water Framework Directive**. *Freshwater Biology*, v. 55, p 32–48, 2010.

AMARAL, L.C.P. **Degradação Ambiental e Perspectivas de Saúde: um olhar retrospectivo sobre a sub-bacia hidrográfica do canal do Cunha**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública), Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz.. Rio de Janeiro. 179 p. 2006

BÉRGAMO, A. L. **Características Hidrográficas, da Circulação e dos Transportes de Volume e Sal na Baía de Guanabara (RJ): Variações sazonais e Moduladas pela Maré**. Tese (Doutorado em Oceanografia Física), Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo. 200 p., 2006.

BONECKER, A. C. T.; BONECKER, S. L. C. & BASSANI, C. 2009. **Capítulo 9 Plâncton Marinho**. In: PEREIRA, R.C. & SOARES-GOMES, A. (Orgs.). *Biologia Marinha*. 2a Edição. Editora Interciência. Rio de Janeiro, p. 213-239.

BOSMAN, C. **The Hidden Dragon: Nitrate Pollution from Open-Pit Mines a Case Study from the Limpopo Province South Africa**. International Mine Water Conference. Pretoria South Africa, outubro, 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**, Brasília 169 p. 2017.

BRASIL. Agência Nacional Das Águas. **Portal da Qualidade das águas**. Disponível em <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 30 de abril de 2018,

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 375, de 17 de março de 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/>> Acesso: 01/08/2017

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/>> Acesso: 01/08/2017

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília**: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de Procedimentos de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

CAMPOS, T. de S. e ROHLFS, D. B. **Avaliação dos Valores de Nitrato em Águas Subterrâneas e sua Correlação com Atividades Antrópicas no Município de Águas Lindas de Goiás**. Disponível em <<http://www.cpgls.ucg.br>> acesso: 27/06/2017.

CAMPOS et al. **Toxicidade Aguda da Amônia, Nitrito e Nitrato sobre os Juvenis de Camarão Rosa (Farfantepenaeus Brasiliensis) (Latreire, 1817) (Crustacea: Decapoda)**. Atlântica, Rio Grande, 34(1) 75-81, 2012.

CARDOSO-SILVA, S.; FERREIRA, T.; POMPEO, M. L. M. **Diretiva Quadro d'água: Uma Revisão Crítica e a Possibilidade de Aplicação no Brasil**. Ambiente & Sociedade, v. XVI, n.1, p. 39 – 58. São Paulo. 2013.

CARVALHO, G. V. **Influência do vento na hidrodinâmica da Baía de Guanabara (RJ)**. Monografia (Oceanografia), Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 68 p., 2011.

CIS – Common Implementation Strategy For The Water Framework Directive (2000/60/EC). **Guidance Document N° 7. Monitoring under the Water Framework Directive**. 153p. 2003a.

CIS – Common Implementation Strategy For The Water Framework Directive (2000/60/EC). **Guidance Document N° 10. River and Lakes Guidance on Typology, Reference Conditions and Classification Systems**. 94p. 2003b.

CONCREMAT/BRICLOG. 2014. **Subprograma de Monitoramento da Qualidade da Água na Área de Dragagem. Obras de Regularização de Cais, Aterro e Dragagem, Localizada no Caju, Rio de Janeiro**. BRIC Brazilian Intermodal Complex - BRICLOG. Campanha de janeiro de 2014. Relatório Técnico - Revisão 00 - Volume único, março de 2014. 46p.

CORADI, P.C.; FIA, R.; PEREIRA- RAMIREZ, O. **Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS**. Ambi-Água, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009. Disponível em: <www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/.../331>. Acesso em: 12 abr. 2013.

CORREA, G. T. e SOUSA FILHO, E. E. **Avaliação dos Processos de Erosão Marginal no Arquipélago Floresta Japonesa (Alto Rio Paraná)**. Geografia (londrina) v. 18, n. 2, 2009

CUNHA, I. A. **Fronteiras da gestão: os conflitos ambientais das atividades portuárias**. Revista de Administração Pública – RAP, 2006.

DANTAS, T. N. P., 2008. **Avaliação da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Pirangi/RN**. Monografia (Curso de Tecnologia em Controle Ambiental) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Natal.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. **A importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos**. Química Nova na Escola. Nº 22 novembro de 2005.

FIGUEIREDO Jr., A.G. & FERNANDEZ, G.B. 2012. **Caracterização Geológica e Física** In: MENICONI, M.F.G.; SILVA, T.; FONSECA, M.L.; LIMA, S. de O.F.; LIMA, E.F. de A.; LAVRADO, H.P. & FIGUEIREDO JÚNIOR, A.G. (Eds.) Baía de Guanabara. Síntese do Conhecimento Ambiental. Ambiente e Influência Antrópica. Volume I. Petrobras. Rio de Janeiro, 22-40.

GOES FILHO, H. A. **Dragagem e Gestão dos Sedimentos**. Tese M.Sc., COPPE, Rio de Janeiro, 2004.

HATHERLY, M. M. F. **Alterações na estrutura da comunidade do microfiteoplâncton da Baía de Guanabara (RJ): 20 anos de amostragem**. Tese (Mestrado em Engenharia Ambiental), Escola Politécnica & Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 71 p., 2013

HENRIQUES, A G., WEST, A. C., PIO, S. **Directiva quadro da água, um instrumento integrador da política da água da União Europeia**. In 5º congresso da água: a Água e o Desenvolvimento Sustentável. Desafios para o novo século. Portugal. 2000.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. 2005. **Baía de Guanabara**. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/fma/baiadeguanabara.asp>>. Acesso realizado em: 01/08/2017.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente, 2015a. **Boletim de qualidade das águas da região hidrográfica V – Baía de Guanabara**. Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br>. > Acesso em 30/04/2018.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente, 2015b Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Regionais/BaiadeGuanabara/index.htm?lang=#/Destaques>> Acesso em 30/04/2018

JADOSKI et al. **Características da Lixiviação de Nitrato em Áreas de Agricultura Intensiva**. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia. v.3 n.1 jan.- abril-2010.

LAGEDO, B. F. **Imageamento Através da Utilização de Sonar de Varredura Lateral em Regiões de Bota-Fora na Baía de Guanabara.** Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

LIMA, E. C. DA R. **Qualidade da Água da Baía de Guanabara e Saneamento: Uma abordagem sistêmica.** Tese (Doutorado em Ciência em Planejamento Energético), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 183 p, 2006.

LOPES e MAGALHÃES. **Influência das Condições Naturais de pH sobre o Índice de Qualidade das Águas (IQA) na Bacia do Ribeirão de Carrancas.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH). Belo Horizonte 06(02)134-147, julho-dezembro de 2010.

MALHEIROS, C. H. et al. **Qualidade da Água de uma Represa Localizada em Área Agrícola (Campo Verde, MT, Brasil).** Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 7, n. 2, 2012.

MAYR, L. M.; TENENBAUM, R. D.; VILLAC, M. C. et al. **Em Coastlines of Brazil;** Neves, C.; Magoon, O. T. eda; American Society of Civil Engineers: New York. 1989.

MAYR, L.M., TENENBAUM, D.R., VILLAC, M.C., PARANHOS, R., NOGUEIRA, C.R., BONECKER, S.L.C. & BONECKER, A.C.T. 1989. **Hydrobiological Characterization of Guanabara Bay.** In: MAGOON, O. & NEVES, C. (Eds.) Coastlines of Brazil. New York, American Society of Civil Engineers, 124-138.

MENICONI, M. DE F. G. et al. **Baía de Guanabara: Síntese do Conhecimento Ambiental – Ambiente e Influência Antrópica.** Rio de Janeiro. Petrobras. 2012.

MENICONI, M. DE F. G. et al. **Baía de Guanabara: Síntese do Conhecimento Ambiental – Biodiversidade.** Rio de Janeiro. Petrobras. 2012.

OLIVEIRA, A. **Cronologia da Deposição de Metais Pesados Associados aos Sedimentos da Baía de Guanabara.** Tese (Mestrado em Química), Pontifícia Universidade Católica do Rio. Rio de Janeiro. 134 p., 2009.

PARANHOS, R. 1996. **Alguns Métodos para Análise da Água.** Cadernos Didáticos UFRJ. 200p.

PARANHOS, R. & ANDRADE, L. 2012. **Caracterização Físico-química da coluna d'água e a qualidade das águas.** In: MENICONI, M.F.G.; SILVA, T.; FONSECA, M.L.; LIMA, S. de O.F.; LIMA, E.F. de A.; LAVRADO, H.P. & FIGUEIREDO JÚNIOR, A.G. (Eds.) Baía de Guanabara. Síntese do Conhecimento Ambiental. Ambiente e Influência Antrópica. Volume I. Petrobras. Rio de Janeiro, 59-79.

PEIXOTO, João. **Análises Físico-Químicas: Cor, Turbidez, pH, Temperatura, Alcalinidade e Dureza.** Laboratórios de Tecnologias Ambientais, MIEB – 2007/2008.

PERPÉTUO, E. A. **Parâmetros de Caracterização da Qualidade das Águas e Efluentes Industriais.** Disponível em <<http://www.cepema.usp.br>> acesso: 27/06/2017.

PIVELI, R. P. **Qualidade da Água e Poluição: Aspectos Físico-Químicos.** Disponível em <www.leb.esalq.usp.br> Acesso: 27/06/2017

PORTER, M.; VAN DER LINDE, C. **Verde e competitivo. In: PORTER, M. Competição: estratégias competitivas essenciais.** 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

SANTOS, I. dos; FILL, H. D.; SUGAI, M.R.V.B; BUBA, H.; KISHI, R. T.; LAUTERT, L.F.,2001.Hidrometria Aplicada. LACTEC- Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba, PR. 372p.

SILVA, I. N. et al. **Qualidade da Água na Irrigação. ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido, v. 07, n 03, julho/setembro 2011.**

SIQUEIRA, H. E. et al. **Diagnóstico da Qualidade da Água em Área de Conflito de Uso do Solo na Microbacia Mangabeira, Uberaba – MG.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 8, N.14; p.1164, 2012.

SOBRAL, M.C.; GUNKEL, G.; BARROS, A. M. L.; PAES, R. & FIGUEIREDO, R. C. **Classificação de Corpos d'Água segundo a Diretiva Quadro da Água da União Europeia – 2000/60/CE.** Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v. 11, p.30-39, 2008.

VILLAC, M.C. 1990. **O fitoplâncton como um instrumento de diagnose e monitoramento ambiental: Um estudo de caso da Baía de Guanabara.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 193p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.**3.ed. Belo Horizonte: UFMG / Departamento de Engenharia Sanitária, 2005. v.1, 452p.